



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

DG Dirección General
de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala

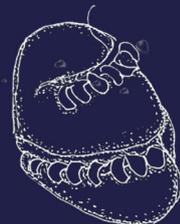


Descripción e ilustración

Catálogo de Dinoflagelados Planctónicos

Pacífico de Guatemala

Karla Evelyn Paz Cordon
Yuri Okolodkov
Fernando Cobo Gradín



Directorio

Universidad de San Carlos de Guatemala

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis

Rector

Lic. Luis Fernando Cordón Lucero

Secretario General

Centro de Estudios del Mar y Acuicultura

M.Sc. Erick Villagrán Colón

Director del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura

CEMA -USAC

Dr. Pedro Julio García Chacón

Coordinador del Instituto de Investigaciones Hidrobiológicas

IIH-CEMA

Dirección General de Investigación

Dra. Alice Burgos Paniagua

Directora General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar

Coordinador General de Programas

Unidad de Publicaciones y Divulgación

M.A. Marlene Pawlova Pérez Muñoz

Jefa Unidad de Publicaciones y Divulgación

Lic. Alexander Alegría Monterroso

Diseño y Diagramación



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

DG Dirección General
de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala



Descripción e ilustración

Catálogo de Dinoflagelados Planctónicos

Pacífico de Guatemala

Karla Evelyn Paz Cordón
Yuri Okolodkov
Fernando Cobo Gradín

Paz-Cordón K.E.¹, Okolodkov Y.B.², Cobo-Gradín F.³

1 Instituto de Investigaciones Hidrobiológicas del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura,
Universidad de San Carlos de Guatemala

2 Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz, México

3 Universidad de Santiago de Compostela, Galicia España

Nombre: Paz Cordon, Karla Evelyn, autor. | Okolodkov, Yuri, autor. | Cobo Gradín, Fernando, autor.

Título: Catálogo de dinoflagelados planctónicos Pacífico de Guatemala / autores Karla Evelyn Paz Cordon, Yuri Okolodkov y Fernando Cobo Gradín.

Descripción: Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala, Centros de Estudios del Mar y Acuicultura, Instituto de Investigaciones Hidrobiológicas, Unidad de Publicaciones y Divulgación, 2024. | 152 páginas : ilustraciones ; 18 x 25 cm.

Identificadores: ISBN 978-9929-620-51-3

Temas: LEMB: Biología marina. | Fauna marina. | Fitoplancton marino. | Morfología (biología). | Océano Pacífico.

Clasificación: CDD 579.87 P348

Índice

Introducción General.....	9
Florecimientos algales Nocivos (FAN)	10
Nociones Generales Sobre los Dinoflagelados.....	15
Generalidades.....	15
Morfología y terminología utilizada en la identificación	16
Orgánulos celulares.....	16
Orientación	17
Flagelos	19
Formación de cadenas	20
Nomenclatura de las placas.....	21
Ciclo vital	23
Diversidad de los dinoflagelados.....	25
<i>Dinophysiales</i>	25
<i>Gymnodiniales</i>	26
<i>Gonyaulacales</i>	26
<i>Noctilucales</i>	27
<i>Peridinales</i>	28
<i>Prorocentrales</i>	29
<i>Toxinas de dinoflagelados</i>	29
Objetivo General	33
Estructura del catálogo	35
Relación de especies.....	37
Género <i>Alexandrium</i> Halim 1960	37
Diagnosis	37
<i>Alexandrium catenella</i> (Whedon et Kofoid) Balech 1985 Bas.: <i>Gonyaulax catenella</i> Whedon & Kofoid 1936	38

Género *Gonyaulax* Diesing 1866.....41

- Gonyaulax polygramma* F. Stein 1883 42
Gonyaulax spinifera (Claparède et Lachmann) Diesing 1866
Bas.: *Peridinium spiniferum* Claparède & Lachmann 1859 44
Gonyaulax verior Sournia 1973 46

Género *Pyrodinium* Plate 1906.....49

- Pyrodinium bahamense* Plate 1906 50

Género *Pyrophacus* F. Stein 188353

- Diagnosis 53
Pyrophacus horologium F. Stein 1883 54
Pyrophacus steinii (J. Schiller) Wall & Dale 1971
Bas.: *Pyrophacus horologium* F. Stein var. *steinii* J. Schiller 1935. 56

Género *Tripes* Bory 1823 Tratamiento taxonómico más reciente adoptado el de Gómez (2021)..... 59

- Tripes azoricus* (Cleve) F. Gómez 2013
Bas.: *Ceratium azoricum* Cleve 1900. 60
Tripes brevis (Ostenfeld et Johannes Schmidt) F. Gómez 2021
Bas.: *Ceratium tripes* var. *breve* Ostenfeld & Johannes Schmidt 1901.
Sin.: *Cerarium breve* (Ostenfeld et Johannes Schmidt) Schröder 1906.....62
Tripes candelabrum (Ehrenberg 1860) F. Gómez 2013
Bas.: *Peridinium candelabrum* Ehrenberg 1860
Sin.: *Ceratium candelabrum* (Ehrenberg 1860) F. Stein 1883. 64
Tripes dens (Ostenfeld et Johannes Schmidt) F. Gómez 2013
Bas.: *Ceratium dens* (Ostenfeld & Johannes Schmidt, 1901) 66
Tripes gracilis (Pavillard) F. Gómez, 2013
Bas.: *Ceratium declinatum* G. Karsten 1907.
Sin.: *Ceratium declinatum* (G. Karsten) Jörgensen 1911;
Tripes declinatus (G. Karsten) F. Gómez, nom. inval. 2013. 68
Tripes furca (Ehrenberg) F. Gómez 2013
Bas.: *Peridinium furca* Ehrenberg 1834.
Sin.: *Ceratium furca* (Ehrenberg) Claparède & J. Lachmann 1859. 70
Tripes macroceros (Ehrenberg) Hallegraef & Huisman 2020

Bas.: <i>Peridinium macroceros</i> Ehrenberg 1841. Sin.: <i>Ceratium macroceros</i> (Ehrenberg) Cleve 1899.	72
<i>Tripes trichoceros</i> (Ehrenberg) F. Gómez 2013 Bas.: <i>Peridinium trichoceros</i> Ehrenberg 1860. Sin.: <i>Ceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Kent 1881	74
<i>Tripes vultur</i> (Cleve) F. Gómez 2013 Bas.: <i>Ceratium vultur</i> Cleve 1900.	76
<i>Tripes fusus</i> (Ehrenberg) F. Gómez 2013 Bas.: <i>Peridinium fusus</i> Ehrenberg 1834. Sin.: <i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Claparède & Lachmann 1859	78
<i>Tripes longirostrum</i> (Gourret) Hallegraeff & Huisman 2020 Bas.: <i>Ceratium longirostrum</i> Gourret 1883.	80
<i>Tripes muelleri</i> Bory 1826 Sin.: <i>Ceratium tripes</i> (O.F. Müller) Nitzsch 1817	82
<i>Tripes massiliensis</i> (Gourret) F. Gómez 2021 Bas.: <i>Ceratium tripes</i> var. <i>massiliense</i> Gourret 1883.	84

Orden Procoentrales Lemmermann 191087

Diagnosis	87
-----------------	----

Género *Prorocentrum* Ehrenberg 1833.....87

<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt 1895	88
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1933	90
<i>Tryblionella compressa</i> (Bailey) Poulin 1990 Bas.: <i>Pyxidicula compressa</i> Bailey 1851. Sin.: <i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) T.H. Abé & J.D. Dodge 1975.....	92
<i>Prorocentrum scutellum</i> B. Schröder 1900 Sin.: <i>Prorocentrum robustum</i> Osorio-Tafall 1942	94
<i>Prorocentrum rostratum</i> F. Stein 1883	96
<i>Prorocentrum mexicanum</i> Osorio-Tafall 1942	98

Orden *Dinophysiales* Lindermann 1928

Género *Dinophysis* Ehrenberg 1839.....101

Diagnosis	101
-----------------	-----

<i>Dinophysis acuminata</i> Claparède & Lachmann 1859	102
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881	104

Orden Noctilucales Haeckel 1894
Género *Noctiluca* Suriray 1836107

Diagnosis 107

Noctiluca scintillans (Macartney) Kofoid & Swezy 1921
Bas.: *Medusa scintillans* Macartney 1810. 108

Orden Peridinales Haeckel, 1894
Género *Protoperidinium* Bergh, 1881110

Diagnosis 110

Protoperidinium abei (Paulsen) Balech, 1974
Bas.: *Protoperidinium abei* Paulsen 1931 112

Protoperidinium oceanicum (Vanhöffen) Balech, 1974
Bas.: *Protoperidinium oceanicum* Vanhöffen 1897..... 114

Protoperidinium depressum (Bailey) Balech, 1974
Bas.: *Protoperidinium depressum* Bailey 1854..... 116

Protoperidinium conicum (Gran) Balech 1974
Bas.: *Peridinium divergens* (Ehrenberg) Balech var.
conicum Gran 1900. 118

Protoperidinium obtusum (G. Karsten) Parke J.& D. Dodge 1976
Bas.: *Peridinium divergens* (Ehrenberg) Balech var. *obtusum* G. Karsten 1907. 120

Protoperidinium divergens (Ehrenberg) Balech 1974
Bas.: *Protoperidinium divergens* Ehrenberg 1840..... 122

Protoperidinium grande (Kofoid) Balech 1974
Bas.: *Protoperidinium grande* Kofoid 1907 124

Género *Podolampas* F. Stein 1873127

Diagnosis 127

Podolampas bipes (F. Stein) Balech, 1963
Bas.: *Podolampas bipes* F. Stein 1883..... 128

Género *Scrippsiella* Balech ex Loeblich III 1965.....131

Diagnosis 131

Scrippsiella spinifera G. Honsell et M. Cabrini 1991 132

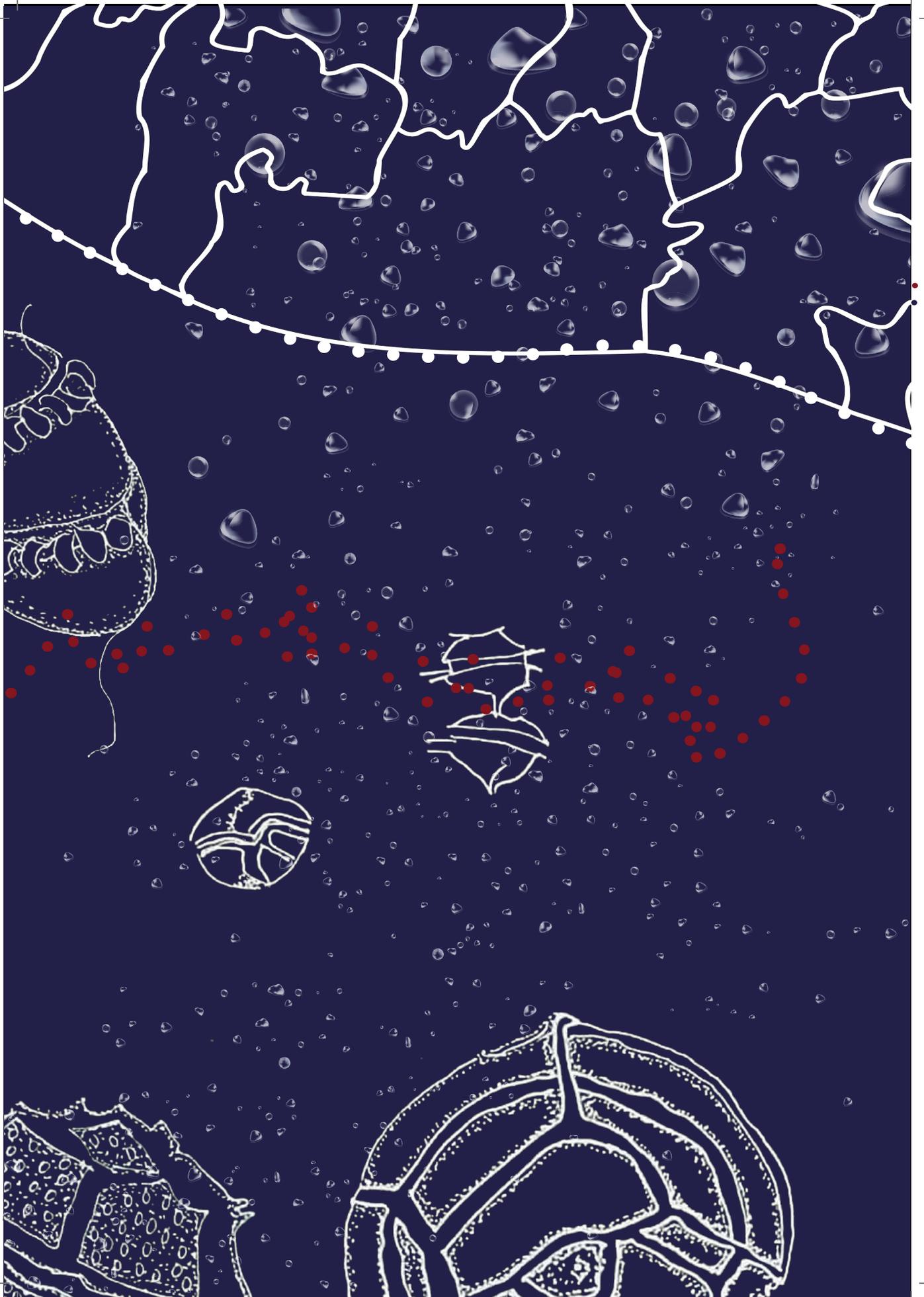
Orden Gymnodiniales 135

<i>Akashiwo sanguinea</i> (K. Hirasaka, 1922) Gert Hansen & Moestrup 2000 Bas.: <i>Gymnodinium sanguineum</i> K. Hirasaka 1922. Sin.: <i>Gymnodinium splendens</i> Lebour 1925; <i>Gymnodinium nelsonii</i> G.W.Martin 1929.	136
<i>Gymnodinium catenatum</i> H.W. Graham, 1943	138
<i>Margalefidinium polykrikoides</i> (Margalef) F. Gómez, Richlen & D.M. Anderson 2017 Bas.: <i>Cochlodinium polykrikoides</i> Margalef 1961.	140

Referencias 143

Sobre los autores 149

M. Sc. Karla Paz Cerdón	150
Dr. Est. Yuri Okolodkov	151
Dr. Fernando Cobo Gradín.....	152



Introducción General

El avance de los estudios genéticos ha revelado que el filo *Dinoflagellata* (*Dinophyta* o *Pyrrhophyta*), está constituido por células eucariotas que forman parte del grupo monofilético de los Alveolados en Protistas.

En la clasificación actual de los dinoflagelados se ha utilizado caracteres morfológicos considerados diagnósticos para cada grupo. No obstante, en la taxonomía clásica, que se basa exclusivamente en la morfología, la similitud en la tabulación entre dos especies no necesariamente indica que hayan evolucionado a partir de un ancestro común; podría ser, en cambio, el resultado de una convergencia evolutiva (Gómez, 2012).

El conocimiento sobre los dinoflagelados como parte importante del plancton; ha evolucionado en paralelo con el desarrollo tecnológico. Inicialmente, investigadores como Müller y Ehrenberg utilizaron microscopios rudimentarios, mientras que, en la década de 1880, el adelanto en la construcción de microscopios permitió avances significativos en los trabajos de Gourret, Pouchet y Stein. En 1885, se sugirió que los dinoflagelados contaban con una corona de cilios alrededor del cíngulo en lugar de tener un único flagelo ondulante. Este descubrimiento llevó a que los *Cilioflagellata* fueran reclasificados como *Dinoflagellata*. Más tarde, Kofoid unificó la nomenclatura de las placas tecales y su disposición, conocida como tabulación kofoidiana, lo que facilitó estudios detallados como los realizados por Balech (Gómez, 2012).

El fitoplancton puede ser definido como el conglomerado de microorganismos acuáticos fotosintéticos, con una capacidad de locomoción limitada y que se desplazan principalmente a través de las corrientes marinas. Desde una perspectiva ecológica, el fitoplancton cumple un papel importante en las redes tróficas marinas, pues son los productores primarios que inician el paso de la energía a niveles tróficos superiores y sustentan a otros grupos faunísticos como el zooplancton, el bentos y el necton. De forma paralela son los principales fijadores de dióxido de carbono en los océanos y los principales productores de oxígeno disuelto (Geider et al., 1997; Lee, 2008; Okolodkov & Blanco, 2011; Pal & Choudhury, 2014; Yasakova et al., 2020).

Algunos de los factores que regulan y determinan la variabilidad espacial y temporal de la comunidad fitoplanctónica son la disponibilidad de nutrientes, la estratificación térmica de la columna de agua, los patrones de corrientes, la depredación por parte del zooplancton y otros organismos y la competencia interespecífica (Pal & Choudhury, 2014). Estos factores incluyen las condiciones atmosféricas (meteorológicas) controladas por el clima, las estaciones del año y las condiciones diarias de luz, corrientes y mareas que explican los patrones de distribución de los organismos planctónicos en la columna de agua (Fukuyo et al., 1989). La diversidad y abun-

dancia de la comunidad fitoplanctónica puede ser expresada utilizando datos sobre el número de especies presentes, la biomasa de cada grupo y la composición de pigmentos u otros parámetros que miden las propiedades del plancton (Ordoñez-López, 2017).

Las algas plantónicas fotosintéticas son el alimento básico de los ecosistemas marinos, el desarrollo de los organismos en los diferentes niveles tróficos depende de la composición de especies y de su abundancia (Yasakova et al., 2020). La mayoría de dinoflagelados son de vida estuarina y marina, se encuentran entre 250 a 300 especies conocidas (Carty, 2003; Graham & Wilcox, 2000). Muchas de las especies se consideran beneficiosas y dentro de los productores primarios, son un grupo dominante en los océanos tropicales (Granéli y Turner, 2006).

Muchas de las especies se consideran beneficiosas y dentro de los productores primarios, son un grupo dominante en los océanos tropicales (Granéli & Turner, 2006).

En los ecosistemas marinos, el plancton emerge como un indicador destacado por diversas razones. El plancton es el pilar fundamental de las redes tróficas, jugando un papel esencial al conectar a los productores primarios con los depredadores en la cima de la cadena alimentaria. Su alta abundancia y facilidad de recolección lo hacen un recurso accesible para investigaciones científicas. Además, el mayor porcentaje de plancton tienen ciclos de vida relativamente cortos, que varían desde algunos meses hasta un año, facilitando la observación de cambios a corto plazo en su abundancia y composición.

Por último, dado que el plancton es escasamente explotado comercialmente, cualquier variación significativa en su población puede atribuirse principalmente a factores ambientales, convirtiéndolo así en un indicador sensible de la salud y el estado de los ecosistemas marinos (Balech, 1958).

Los indicadores ambientales acuáticos reflejan de manera clara y práctica un mensaje complejo de una forma simple (Kurtz et al., 2001). Por ello, las microalgas son importantes para caracterizar los ecosistemas marinos puesto que muestran variaciones y tendencias y predicen los cambios en estos ambientes (Lavaniegos, 2014).

Los monitoreos algales para identificar especies tóxicas tienen como objetivo principal implementar alertas tempranas de florecimientos, para evitar repercusiones en las poblaciones humanas locales ya que las toxinas son transferibles por medio de las redes tróficas e involucra directamente al ser humano en eventos tóxicos para la salud pública. Para minimizar el impacto negativo de estos eventos, se pueden aplicar dos estrategias de vigilancia: (a) Identificación de las especies de microalgas con potencial tóxico y (b) la determinación de toxinas de los moluscos bivalvos comercializados en el sector. Además, se utilizan especies indicadoras para detectar los movimientos del agua y los alcances geográficos de su influencia (Robledo & Freile- Pelegrin, 2014).

El diseño de un programa de monitoreo y seguimiento de los florecimientos algales nocivos se fundamenta en estudios hidrográficos y ecológicos de las microalgas de la zona costera en estudio. Si no se cuenta con estudios previos, es necesario iniciar un monitoreo constante en la zona afectada para cubrir la mayor parte del área y ajustar las áreas de muestreo a medida que se genere nueva información.

Florecimientos algales Nocivos (FAN)

Los florecimientos algales nocivos se caracterizan por la coexistencia de especies de fitoplancton con interacciones bióticas dinámicas y complejas (competencia, simbiosis, depredación,

parasitismo, alelopatía), que ocurren a escalas temporales y espaciales finas y son relevantes para comprender el papel que diferentes especies de fitoplancton juegan en la regulación de FAN (Band-Schmidt et al., 2020).

La densidad del agua es determinada por sus características termo-halinas y el gradiente de densidad, estas propiedades están relacionadas a la estabilidad estática de la columna de agua (Okolodkov & Blanco, 2011). Las mayores concentraciones de las especies presentes en florecimientos algales se reportan en asociación con densidades poblacionales altas en la columna de agua, estas microalgas se concentran en las capas donde se registran termoclinas, haloclinas o picnoclinas (Salcedo-Garduño et al., 2019).

Históricamente se ha pensado que las microalgas nocivas son estrictamente fototróficas y que el uso de la fototrofia y heterotrofia en combinación es un recurso que utilizan en hábitat pobres en nutrientes como un mecanismo para aumentar el suministro de nutrientes. Algunas investigaciones sobre diversos hábitats donde las microalgas nocivas crecen en hábitats eutróficos y son mixótrofas, responden a los aportes de nutrientes como también indirectamente a la abundancia de presas bacterianas y de la presencia de otras microalgas estimuladas por nutrientes. (Burkholder et al., 2008; Glibert et al., 2012; Glibert & Burkholder, 2018; Pitcher et al., 2010)..

Los afloramientos de microalgas son fenómenos naturales producidos como resultado de factores físicos, químicos y biológicos. Así como las interacciones de vientos, surgencias, frentes de diferentes densidades (frentes fríos, frentes cálidos, frente estacionario y frentes ocluidos), concentraciones de nutrientes o alteraciones antropogénicas (Alonso & Ochoa, 2004; Kudella et al., 2005; Ryan et al., 2009). La intensidad, frecuencia y distribución geográfica de los florecimientos algales causados por dinoflagelados, se han incrementado en los últimos años, los informes los asocian a cambios climáticos locales o globales (Wells et al., 2019, Klais et al., 2011; Hinder et al., 2012; Edwards et al., 2006; Reguera, 2003; Hallegraeff, 1993); Además, se ha observado un aumento en los reportes de casos de intoxicación humana y significativas pérdidas económicas en la industria pesquera (Anderson et al., 2003; Berdalet et al., 2016; Ferrante et al., 2013; Sanseverino et al., 2016; Scholz et al., 2016). A esto se suma, el estrés antropogénico que produce cambios que incrementan la densidad y diversidad de especies en las comunidades bacterianas marinas y su variabilidad temporal (Davidson et al., 2014; Anderson et al., 2008; Nogales et al., 2011).

Las variaciones de florecimientos algales resultan de las limitaciones físicas como temperatura y luz, en el crecimiento de dinoflagelados en la columna de agua como por ejemplo *Gymnodinium catenatum* que exhibe la capacidad de utilizar muchas formas de nitrógeno, (Hallegraeff et al., 2012; Pritcher et al., 1998).

Actualmente es difícil predecir los florecimientos algales, se necesita mucha más información de nuestras regiones que nos puedan aportar las condiciones ambientales, fisicoquímicas- biológicas e históricas de los eventos y de los aspectos que se evidencian previo, durante y después, para poder estimar probabilidades de florecimientos algales. También es necesario conocer los filtros abióticos (temperatura, salinidad e intensidad lumínica) que regulan en conjunto con las interacciones bióticas (mortalidad: depredación y parásitos) y la competencia, estos determinarán para cada especie la estructura de la comunidad y cómo estas van a ir cambiando a través del tiempo en la columna de agua. Las características fisiológicas, los ciclos de vida, la producción de toxinas y muchos más aspectos asociados a estas especies pueden estudiarse mucho más a fondo en cultivos (Choudhury & Pal, 2014; Cullen et al., 2002).

La mayoría de microalgas nocivas son mixotróficas por medio de fagocitar, estos organismos tienen actividad fototrófica y fagotrófica, las cuales varían de acuerdo con diferentes nutrientes

presentes en el ambiente y factores como: temperatura, luz, pH y condiciones de CO₂. Estos factores varían de forma acelerada en los entornos costeros y oceánicos debido a la eutrofización acelerada y el cambio climático permitiendo la proliferación de algas nocivas (Flynn et al., 2018).

Los ecosistemas marinos pueden verse afectados por la intensidad de los eventos extremos previstos como consecuencia del cambio climático global (Durán-Riveroll et al., 2019; Pech, 2010). El fenómeno del niño, estudiado desde los años 80, evidenció la frecuencia de los florecimientos algales nocivos. El aumento de las temperaturas marinas reportadas en 1987 en el Pacífico de Guatemala se consideró como una probable causa al aumento poblacional de *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* que produjo un florecimiento nocivo, provocando intoxicaciones y muertes (Paz-Cordón, 1997). En los documentos publicados por UNESCO en los años 90, se expone la problemática en salud pública relacionada con los florecimientos algales con presencia de organismos productores de toxinas, principalmente dinoflagelados (Ordoñez-López, 2017; Alonso-Rodríguez et al., 2015).

Entre el período del año 2000 al 2004 Hallegraeff de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO (COI), evidenció los diferentes fenómenos de florecimientos algales nocivos para las costas de México y Centroamérica, relacionándolos con el fenómeno del niño (Hallegraeff, 2003) el cual está incrementándose en repercusiones ecológicas por medio de los cambios de temperatura marina reportados durante los últimos meses (enero a junio 2019) por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), esto debido a la presencia del Fenómeno del Niño para el presente año.

Las proyecciones sobre el calentamiento indican que el incremento de la temperatura del mar llevará a una reducción del 6% en la biomasa del fitoplancton y del 11% en las de zooplancton. Esto indica una amplificación de la señal del cambio climático que se propagará a través de los niveles tróficos del ecosistema, resultando en una mayor disminución de la biomasa de zooplancton en comparación con el fitoplancton. Este fenómeno ocurrirá principalmente en los océanos tropicales, que representan el 47% de la superficie global de los océanos (Chust et al., 2014).

Esta disminución del zooplancton facilitará el incremento de microalgas al no ser consumidas por predadores directos, por lo que es de gran interés evaluar el comportamiento del microplancton y mesoplancton en relación con la diversidad de dinoflagelados presente en la dársena de Puerto Quetzal para conocer estas relaciones interespecíficas y relacionarlas a las condiciones ambientales y meteorológicas ahí existentes (Navarro-Vargas et al., 2014).

Los dinoflagelados *Gymnodinium catenatum*, *Pyrodinium bahamense* y varias especies de *Alexandrium* son productores de saxitoxina y han sido responsables de la intoxicación parálitica de mariscos en diferentes regiones de Centroamérica, causando intoxicaciones y pérdidas importantes en la pesca. La mayoría de las floraciones de algas nocivas de *G. catenatum* son de la región norte, sin embargo, esta especie también ha sido citada en las regiones central y sur de América (Band-Schmidt et al., 2019; Meave et al., 2020; Pizarro et al., 2011).

En Mesoamérica y Sudamérica, se han registrado más de 1410 personas intoxicadas (94 muertes) por Intoxicación Parálitica por Consumo de Mariscos (PSP) desde 1970 hasta 2016. *Pyrodinium bahamense* ha causado el mayor número de intoxicaciones (819 casos), seguido de *Alexandrium* spp. (350 casos) y *G. catenatum* (241 casos) (Band-Schmidt et al., 2019).

En Guatemala, las investigaciones sobre el fitoplancton marino son limitadas, siendo los dinoflagelados el grupo más investigado. Según Paz-Cordón (1997), se ha observado la presencia de especies como *Dinophysis caudata* Kent 1881, *Gonyaulax verior* Sournia 1973 y *Pyrodinium*

bahamense var. *compressum*, las cuales son las más abundantes y pueden provocar el fenómeno conocido como “marea roja”. Por otro lado, Leiva (2008) realizó una revisión de los florecimientos algales nocivos (FAN) causados por dinoflagelados en el Pacífico de Guatemala, reportando eventos de marea roja causados por *P. bahamense* var. *compressum* en años específicos, como 1985, 1987, 1989, 1990, 1995, 2001 y 2005, con muestreos realizados en la dársena de Puerto Quetzal.

En diciembre de 2018, García-Pérez y colaboradores informaron densidades de *P. bahamense* var. *compressum* de 3000 células por litro y detectaron la presencia de saxitoxina en bioensayos con ratones en el Caribe de Guatemala. En esta región, se ha investigado la presencia de dinoflagelados bentónicos potencialmente tóxicos en ecosistemas como arrecifes de coral y praderas marinas, encontrándose los géneros *Gambierdiscus*, *Prorocentrum*, *Coolia* y *Ostreopsis* (García-Pérez et al., 2018).

En agosto de 1987 se registraron 193 casos de intoxicaciones por consumo de mariscos en la costa del Pacífico, de los cuales 22 fueron mortales (Rosales et al., 1986). Se identificó a *P. bahamense* var. *compressum* como el organismo causante de estas intoxicaciones, al ser una microalga productora de toxina paralizante. Esta microalga fue nuevamente reportada en un florecimiento algal en noviembre de 2019 en las costas del Pacífico de Guatemala (García-Pérez et al., 2020; Paz-Cordón, 1997). La frecuencia de estos fenómenos naturales marinos está aumentando debido al impacto antropogénico y a los cambios climáticos en la zona tropical (Wells et al., 2019).

En abril del 2022 en la región del Pacífico-Oeste, en el municipio de Tiquisate, departamento de Escuintla se reportaron 11 casos de individuos presentando síntomas de intoxicación paralítica por consumo de moluscos bivalvos, se registró el deceso de un menor de 12 años, atribuido al consumo de almejas del género *Tagelus* sp., las personas afectadas fueron ingresadas al hospital de Tiquisate, presentando síntomas gastrointestinales por la ingesta de estos bivalvos (Paz-Cordón, 2022).

Obtenidos estos resultados, las instituciones que integran la Comisión Nacional de Marea Roja en Guatemala entre ellas la Dirección de Normatividad de la Pesca y Acuicultura (DIPESCA) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala (INSIVUMEH), MSPAS, Comando Naval del Pacífico (CONAPAC) y CEMA, dispusieron incrementar las acciones de vigilancia epidemiológica con el objetivo de identificar los posibles casos de intoxicación y se emitió una alerta roja por parte de la Comisión para alertar y resguardar a la población de este sector y zonas aledañas (Paz-Cordón, 2022).

El Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (CEMA) de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ha realizado monitoreo desde el año 1996 en la Dársena de Puerto Quetzal como una zona estratégica hasta la presente fecha (Acuerdo Gubernativo, 1991). Sin embargo, los cambios climáticos en las zonas oceánicas tropicales durante los últimos 10 años relacionadas a las tasas anuales de acumulación de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero ocasionan cambios perceptibles en los patrones climáticos globales, el aumento de la temperatura media tienen consecuencias en la frecuencia de aparición de enfermedades en organismos acuáticos y la frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos como las tormentas, tifones y huracanes (Dybas, 2018; Emanuel, 2005; Mallin & Corbett, 2006; Pech, 2010). Esto justificaría el comportamiento cambiante de los elevados valores de clorofila en las zonas del área Pacífico central-este de Guatemala (García-Pérez et al., 2020).

La limitada información disponible sobre eventos de Floraciones Algales Nocivas (FAN) en Guatemala, así como las investigaciones relacionadas con la taxonomía y las densidades poblacio-

nales de dinoflagelados, representa una barrera significativa para comprender las interrelaciones entre las FAN, las condiciones meteorológicas – oceanográficas y el clima. Es necesario evaluar las relaciones entre los efectos físico – químicos (temperatura, salinidad, estratificación, luz, intensidad cambiante de la tormenta, nutrientes, acidificación y otros) y la composición biológica (densidades de microalgas y riqueza de especies) (Wells et al., 2019).

Independientemente de cómo respondan los FAN al cambio climático, los científicos que los estudian y el público en general, están preocupados por el daño que causan a los ecosistemas acuáticos y sus habitantes, incluidos los humanos. Durante más de una década, los científicos también han expresado su creciente preocupación con respecto a los efectos negativos de los procesos de cambio climático en la vida acuática (Gobler, 2020).

Nociones Generales Sobre los Dinoflagelados

Generalidades

Desde una perspectiva genética, los dinoflagelados representan un grupo sumamente interesante. Dodge (1955) fue uno de los primeros en notar su potencial filogenético al estudiar detenidamente sus características cromosómicas y nucleares. Se propuso que estos organismos podrían actuar como intermediarios en la transición evolutiva de procariotas a eucariotas, al presentar características genéticas propias de ambos grupos celulares. Sin embargo, estudios posteriores realizados por Costas y Goyanes (1988) indican que los dinoflagelados podrían haberse originado de forma independiente al tronco común de los eucariotas, lo que explica las diferencias significativas en su biología celular respecto al resto de los eucariotas.

Los fósiles de dinoflagelados se remontan, como mínimo, al período Cámbrico y hay indicios de que podrían haber existido aún antes, hacia finales del período Proterozoico (Ojeda, 1998).

Debido a sus variaciones genéticas, han sido clasificados en el filo *Phyrrrophyta*, dividido en las clases *Dinophyceae* y *Syndinophyceae*. Su adaptabilidad a diversos ambientes se manifiesta en su amplia diversidad morfológica, tipos de alimentación y un rico registro fósil (Balech & Ferrando, 1964). Por lo general, en algún estadio de su ciclo de vida, los dinoflagelados presentan una célula móvil con dos flagelos desiguales que les permiten desplazarse en su hábitat (Taylor, 1987). Mayormente, son un grupo planctónico marino, que se encuentra en mayores cantidades en aguas cálidas, pero también pueden habitar en zonas frías (Taylor, 1976; Thomas et al., 1997; Trench y Winsor, 1987; Okolodkov, 1997).

Los dinoflagelados exhiben una gran diversidad morfológica, adaptándose de diversas formas al medio marino. Algunos viven solitarios, otros forman colonias y algunos mantienen relaciones simbióticas con otros organismos como corales, diatomeas o microzooplancton (Gómez, 2012). La mayoría de las especies son mixótrofas y algunos son heterótrofos obligados, lo que tiene un impacto significativo en la producción primaria y en la transferencia de biomasa en los ecosistemas planctónicos marinos (Shawn et al., 2003; Stoecker et al., 2017).

Además, numerosos dinoflagelados presentan cromatóforos diminutos y son capaces de llevar a cabo la fotosíntesis. Las especies fotosintéticas contienen clorofilas a y c2, así como los pigmentos peridina, diadinoxantina y dinoxantina, entre otros (Jeffrey et al., 1995). El grupo es ciertamente importante como productores primarios. Algunos de ellos están muy pigmentados y a veces son tan numerosos que el agua aparece claramente coloreada, diferentes especies que producen una coloración verde, roja o amarilla, tiñen las aguas cuando las poblaciones aumentan considerablemente (Jeffrey et al., 1995; Tait y Dipper, 1998). En condiciones favorables algunos géneros de dinoflagelados de vida libre se reproducen fácilmente dando origen a las conocidas “mareas rojas” por las toxinas que liberan al medio ((Balech & Ferrando, 1964). También son buenos indicadores biológicos gracias a su gran sensibilidad ante determinados parámetros físicos y químicos del medio en el cual habitan.

Los números de especies anteriores son “morfoespecies”, definidas en el sentido clásico Taylor (1987) y más recientemente, Lundholm y colaboradores (2006) han discutido extensamente los conceptos de especie que se aplican a los dinoflagelados u otras especies. Las morfoespecies de dinoflagelados pueden contener una diversidad genética considerable, cuantificable con técnicas moleculares, quizás incluyendo criptoespecies. Por otro lado, hay casos en los que las especies nombradas parecen ser variantes de un acervo genético único más grande, por ejemplo, el complejo de especies *Alexandrium tamarense* (Taylor, 1987; Trench y Winsor, 1987).

Durante muchos años, los dinoflagelados conocidos que vivían como “zooxantelas” (endosimbiontes autótrofos de animales y otros protistas) se limitaban a *Zooxanthella nutricula* de los radiolarios coloniales, a los que se hace referencia con un nombre más reciente, *Symbiodinium microadriaticum*, que se cree que es el único habitante intracelular de todos los arrecifes de corales y unas pocas especies de *Amphidinium sp.* en turbelarios (Trench & Winsor, 1987). En otros casos, los dinoflagelados han demostrado ser parásitos de numerosos huéspedes protistas, invertebrados y algunos peces. Es probable que el número de especies parasitarias se encuentre muy subestimado, Cachon (1987) enumeró 66 especies de parásitos, en su mayoría blastodinos y sindinianos, además de algunos taxones sin nombre.

Morfología y terminología utilizada en la identificación

Orgánulos celulares

Los dinoflagelados poseen orgánulos que, al ser estimulados por el contacto, el calor o productos químicos descargan una estructura como un hilo o un tubo desde la superficie de la célula. Estos organelos son utilizados para defensa o como un apoyo a la alimentación. Los más comunes son: Mucocistos, órganos especiales que descargan mucosidad. Tricocistos conocidos como eyectosomas, encargados de disparar filamentos, que son utilizados como medio de defensa y alimentación. El tipo más común es el extrusoma (figura 1), de ocurrencia casi universal en la fase móvil de estas las algas, son tricoquistes, es decir, cuerpos en forma de bastoncillos que, cuando maduran, suelen residir en el anfiema perpendicular a la membrana celular (Barsanti & Gualtieri, 2006; Thomas et al., 1997).

Como ya se ha dicho, los dinoflagelados tienen una morfología muy variada. La forma más común de las células de nado libre, son ovoides, redondeada o piriforme con el extremo anterior normalmente más agudo que el posterior, este último en ocasiones pueden presentar protuberancias irregulares (Ojeda, 1998).

El cíngulo divide a la célula en dos partes, una anterior denominada episoma o epicono y otra posterior el hiposoma o hipocono (Thomas et al., 1997). Si la célula está tecada ambos términos equivalen a epiteca e hipoteca respectivamente (Figura 2).

La superficie de la célula puede ser lisa o tener diferentes estructuras, como membranas, redes o relieves específicos. Morrill y Loeblich (1981) observaron la presencia de delicadas escamas orgánicas en la superficie de especies de los géneros *Oxyrrhis* y *Heterocapsa*, las cuales, sin embargo, no se encontraron en otros once géneros estudiados.

Orientación

En relación con la orientación de los dinoflagelados, el extremo apical o anterior, se indica por la dirección del desplazamiento de la célula. El área donde generalmente se encuentran los dos flagelos determina la cara ventral de la célula y el lado opuesto corresponde a la cara dorsal (figura 3), ambas con un lado izquierdo y otro derecho (Ojeda, 1998).

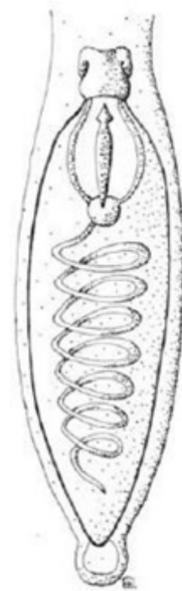


Figura 1. Extrusoma en dinoflagelados (Barsanti y Gualtieri, 2006).

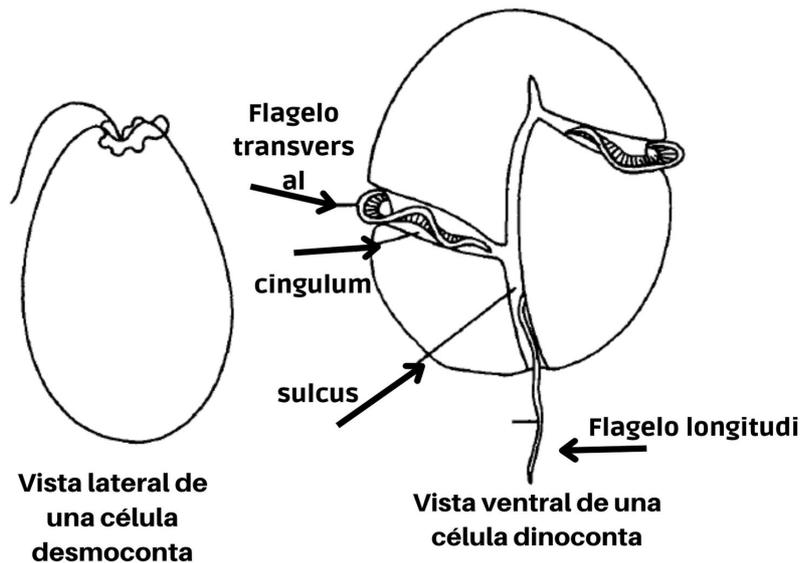


Figura 2. Tipos morfológicos en dinoflagelados (Thomas et al., 1997).

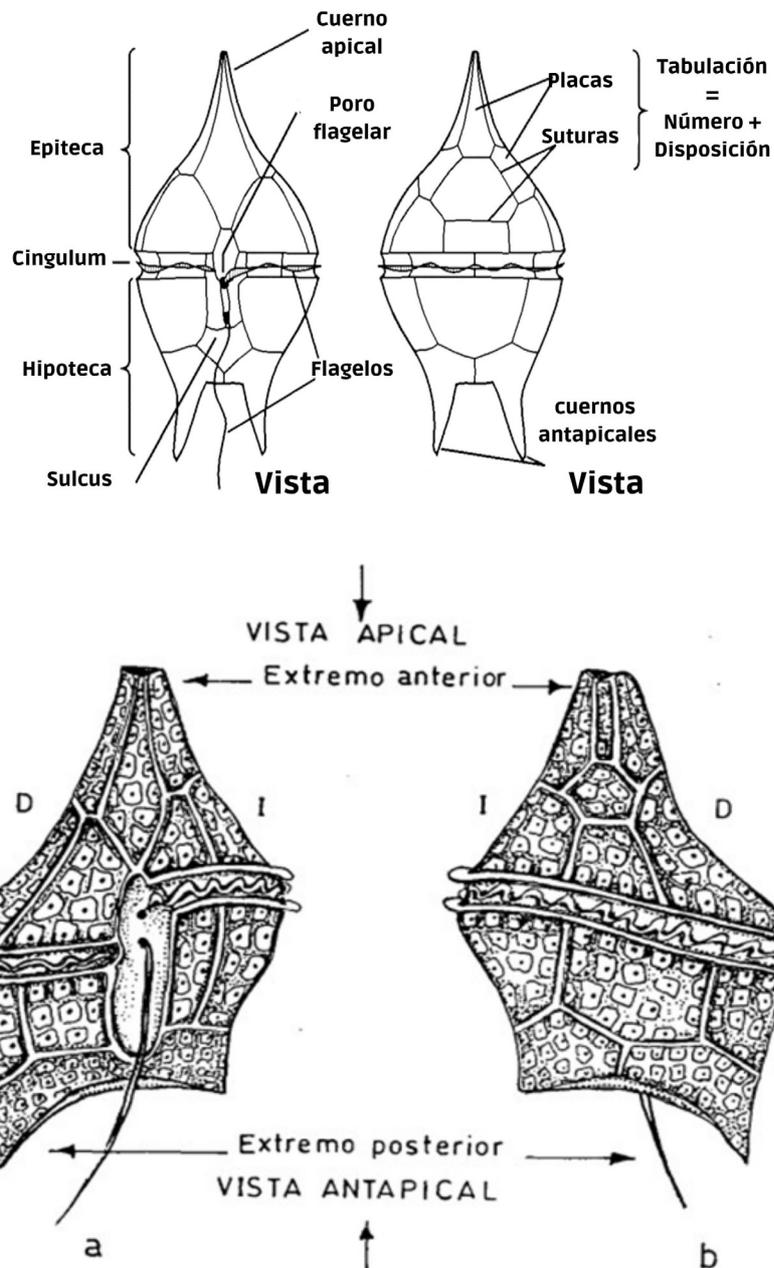


Figura 3. Orientación en los dinoflagelados (Ojeda, 1998); Estructura básica de dinoflagelados (Salgado, 2011).

Flagelos

Los dos flagelos generalmente emergen de forma lateral en la célula. Uno rodea en su totalidad a la célula, mientras que el otro se proyecta en posición dicoconta es decir hacia el extremo posterior. En algunos dinoflagelados, los dos flagelos emergen del extremo anterior, denominándose desmocontas (Gómez-Pérez, 2015; Ojeda, 1998; Thomas et al., 1997). En ciertos géneros, como *Oxyrrhis* y *Torodinium*, los flagelos emergen desde el extremo posterior, lo que los clasifica como opistocontos. En contraste, en los dicocontos, los flagelos están ubicados en surcos profundos en la superficie celular. El flagelo transversal se localiza en el cíngulo, una hendidura transversal o ecuatorial que se encuentra en la región ecuatorial de la célula o ligeramente hacia la parte anterior. Por su parte, el flagelo longitudinal se aloja en el sulcus, un surco longitudinal perpendicular al primero (figura 2) (Ojeda, 1998; Thomas et al., 1997).

Los flagelos presentan un patrón independiente de batido giratorio y están insertados de forma apical o emergen en una región cercana al punto medio del lado ventral de la célula (Barsanti & Gualtieri, 2006).

Los dos flagelos de los dinoflagelados difieren en estructura y orientación. El flagelo transversal, que se enrolla alrededor de la célula, tiene forma de cinta, con el borde interior contraído por una fibra contráctil y el axonema siguiendo una trayectoria en espiral a lo largo del borde exterior, una disposición exclusiva de los dinoflagelados (Barsanti & Gualtieri, 2006; Thomas et al., 1997).

Este flagelo rodea la célula en sentido latitudinal, generalmente enrollado en espiral dentro del cíngulo, formando ondas cortas (figura 4). El axonema se extiende a lo largo del flagelo en su margen externo (Ojeda, 1998; Salgado, 2011).

El flagelo longitudinal no se presenta igual de enrollado como el anterior. Es más simple, redondeado o acintado y no tan ancho, pudiendo realizar movimientos muy rápidos y complejos, apreciables en ciertas especies de *Tripes* observadas en vivo (Ojeda, 1998; Salgado, 2011). El flagelo transversal puede presentar finos pelos emergentes del borde del axonema. En algunas especies, donde ambos flagelos son del tipo longitudinal y muy pequeños, pueden encontrarse escamas ovoides sobre uno de los flagelos (Clarke y Pennick, 1972; Ojeda, 1998).

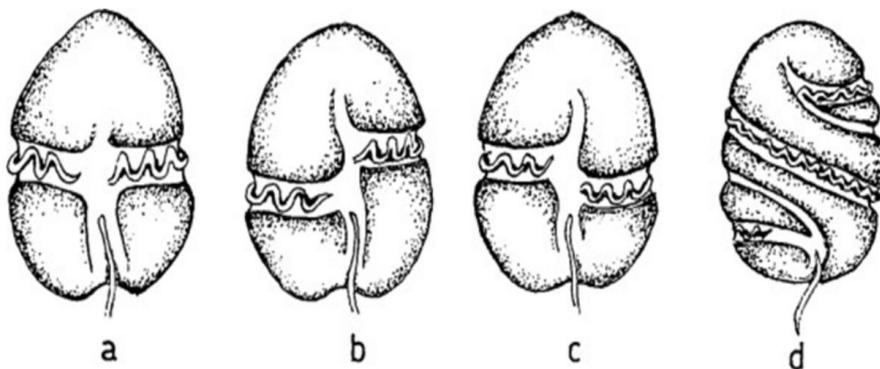


Figura 4. Desplazamiento del flagelo en dinoflagelados (Ojeda,1998).

En la mayoría de dinoflagelados la estructura celular se extiende en el interior de cuernos o la teca puede presentar diversas expansiones como aletas o membranas y también espinas. Las espinas son poco comunes en los dinoflagelados tecados, pero se observan con mayor frecuencia en los quistes. No obstante, hay géneros en los que estas estructuras están considerablemente desarrolladas, como en *Ceratocorys*, *Podolampas*, *Micracanthodinium* o *Cladopyxis*. El ejemplo clásico de la formación de cuernos en dinoflagelados es el género *Ceratium*, en donde existen un cuerno apical y dos antapicales (en las especies marinas) derecho e izquierdo (Figura 5). Los cuernos están formados generalmente por una sola placa tecal (Happach-Kasan, 1982).

La función de los cuernos y las espinas no está completamente comprendida. Es evidente que estas extensiones aumentan la relación área/volumen de la superficie celular. Sin embargo, también incrementan la resistencia al movimiento, especialmente en una dirección específica. Se han observado estructuras similares en quistes. Esto sugiere que el alargamiento de los cuernos puede ser una adaptación para evitar el hundimiento en aguas poco viscosas, como es el caso del género *Ceratium* (Happach-Kasan, 1982; Ojeda, 1998).

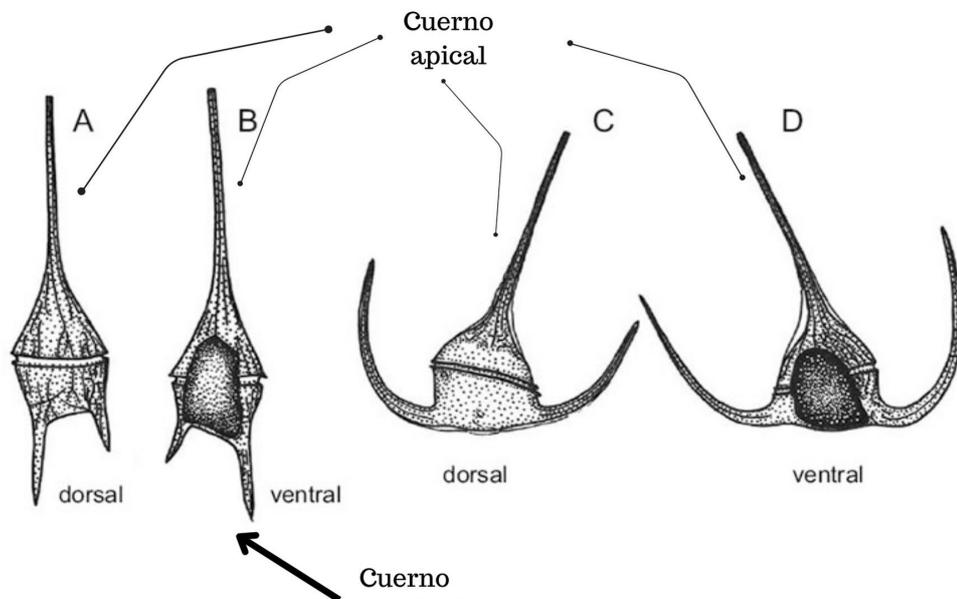


Figura 5. Morfología general del género *Ceratium* (Okolodkov, 2010).

Formación de cadenas

Muchas especies de dinoflagelados suelen formar cadenas, como por ejemplo el orden *Peridinales* en las especies de *Ceratium*, *Pyrodinium bahamense*, *Peridiniella catenata*, *Protogonyaulax catenella*. Las cadenas pueden estar formadas hasta por veinte células. En *Alexandrium catenella* pueden ser de hasta 64 células, aunque lo más común es encontrar dos, cuatro u ocho individuos formando cadenas (Steidinger & Williams, 1970).

En el orden Dinophysales, las células hijas se pegan lateralmente a la célula madre por ello las encontramos unidas, esto ha sido observado en *Dinophysis caudata*. En *Ceratium*, la formación de cadenas requiere un alineamiento extremadamente preciso del cuerno apical en los

individuos situados en las posiciones más posteriores de la cadena. En la mayoría de las especies de *Ceratium* formadores de cadenas, los cuernos antapicales son similares en todos los miembros que la forman (Ojeda, 1998; Okolodkov et al., 2007).

Nomenclatura de las placas

El término “teca” se ha utilizado tradicionalmente para referirse a la cubierta de celulosa de las células móviles (Taylor, 1987). Algunos dinoflagelados no tienen membrana en su anfiema y son conocidos como atecados. En estos organismos, las células están prácticamente contenidas por el periplasto, lo que provoca que se deformen fácilmente al fijar las muestras, haciéndolas menos reconocibles o difíciles de comparar con los especímenes vivos (Figura 6).

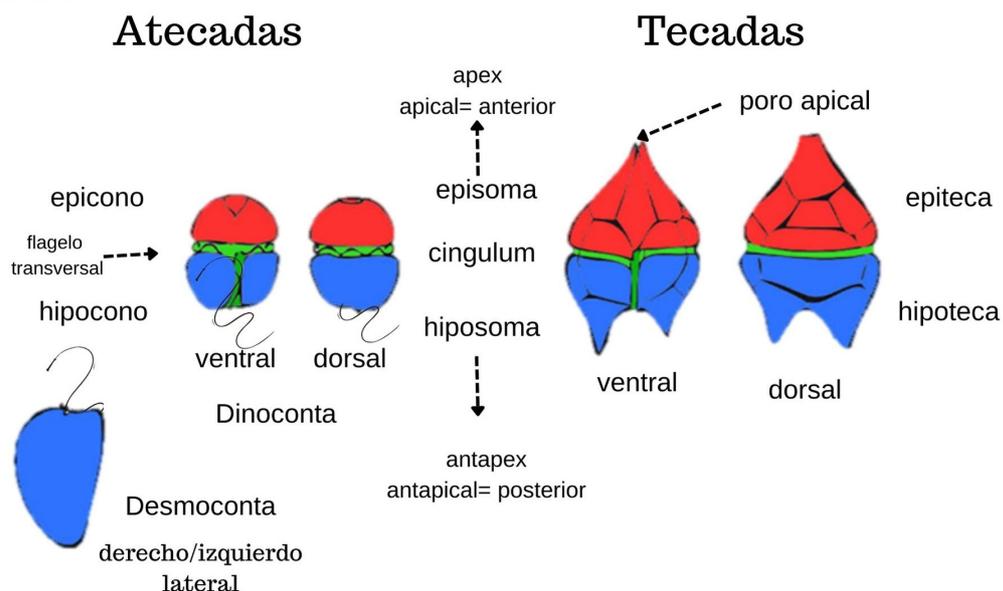


Figura 6. Diferencias morfológicas en células tecadas y atecadas. (Hoppenrath, 2017).

Los patrones formados por los alvéolos (sin o con placas tecales), llamada tabulación (figura 7) se han utilizado para describir y distinguir taxones de dinoflagelados durante mucho tiempo. Los dinoflagelados pueden ser atecados (sin placas: con material amorfo con vesículas anfismáticas) o tecadas (con placas de celulosa, conocidas como células blindadas) o peliculadas (esto se refiere a una dino -película como principal capa de refuerzo del anfiema) (Hoppenrath, 2017, 2022).

En la mayoría de los dinoflagelados tecados, la teca está compuesta por un conjunto de placas que varían en cantidad, morfología, tamaño y ornamentación, esto incluye los poros, espinas, crestas, reticulaciones, aletas y membranas. Las placas están estrechamente unidas, formando un delgado esqueleto periférico ubicado por debajo del periplasto o plasmalema. La unión entre cada placa se denomina sutura (Happach-Kasan, 1982; Ojeda, 1998).

Muchas tecas presentan reticulaciones, que son áreas poligonales entrelazadas. Los poroides no poseen más ornamentación que los poros o perforaciones pequeñas, como se observa en *Or-*

El “Sistema Kofoide” es una nomenclatura de tabulación (nomenclatura de placas) es actualmente de uso universal (ver figura 7). Las placas en cada serie latitudinal están numeradas de izquierda a derecha de la celda, comenzando con la placa más cercana a la posición ventral media. También utiliza una notación para designar la serie, usando números primos para indicar las placas apicales (‘), precingulares (‘’), poscingulares (‘‘’) y antapicales (‘’’). Los cingulares (C), los sulcales (S), los intercalares anteriores (a) y los intercalares posteriores (p) se designan con letras. La placa (t) es una pequeña placa de transición entre los cingulares y los sulcales en el extremo proximal de la faja en peridinoideos y en el extremo distal en gonyaulacales (Hoppenrath et al., 2009).

Gómez (2012) en su artículo sobre el avance del estudio de los Dinoflagelados realiza una descripción detallada sobre los dinoflagelados de la siguiente manera:

Los dinoflagelados poseen características morfológicas y ultraestructurales únicas como su núcleo. El dinocarión tiene un enorme genoma desprovisto de las típicas histonas eucariotas, no pierde la membrana nuclear durante la división mitótica y los filamentos de cromatina están permanentemente condensados. Las células móviles presentan dos flagelos bien diferenciados, un flagelo transversal y ondulado que se aloja en el cíngulo y el otro flagelo más convencional, que se dirige posteriormente alojado en el sulco. Estos dos flagelos desiguales proporcionan a los dinoflagelados un característico movimiento rotacional que da nombre al grupo. Muchos dinoflagelados presentan vesículas que contienen placas de celulosa que les dan un aspecto rígido. En estos dinoflagelados tecados, el número, forma y ornamentación de las placas se utiliza para la determinación de las especies. En otros casos la cubierta celular es más fina y no permite distinguir fácilmente las placas, son los llamados dinoflagelados atecados o desnudos ().

Las características intracelulares en los dinoflagelados son principalmente la presencia de vacuolas en forma de saco en la periferia y las vesículas anfiesmáticas o alvéolos (Granéli & Turner, 2006).

Ciclo vital

En los dinoflagelados no se observan las fases convencionales de la mitosis. La cromatina está siempre condensada, formando cromosomas cuyo número puede variar considerablemente (las especies marinas están entre 20 y 114). A lo largo de todo su ciclo vital, estos cromosomas son muy evidentes y se tiñen de manera brillante, contribuyendo a la bioluminiscencia (Ojeda, 1998). Durante el ciclo de vida de los dinoflagelados el principal modo reproductivo es la división asexual, no obstante, la reproducción sexual también ha sido observada en muchas especies (Joyce, 2004).

En general, el ciclo de vida de los dinoflagelados ha sido registrado y descrito de acuerdo a experimentos de laboratorio en fases haploides y diploides (Blackburn et al., 1989; Hoppenrath et al., 2014; Tillmann y Hoppenrath, 2013; Walker, 1984). Por lo general, la fase haploide incluye la división de células y la formación de gametos y la fase diploide incluye la formación de planocigotos e hipnocigotos, así como la germinación a partir de etapas de reposo (figura 8). Bajo determinadas condiciones, como la limitación de nutrientes, el estrés causado por una turbulencia excesiva y el incremento en la abundancia celular, se generan gametos de ambos sexos que, al fusionarse, forman un cigoto diploide (2n) o planocigoto. El planocigoto es móvil y puede transformarse en un hipnocigoto o quiste de resistencia, que posee sustancias de reserva y con frecuencia presenta una mancha rojiza (Graham & Wilcox, 2000; Peña, 2008).

Dada estas características se ha determinado que la sexualidad de los dinoflagelados generalmente ocurre en condiciones desfavorables en la columna de agua y puede ser un fenómeno de corta duración (Figuroa et al., 2015; Kremp & Parrow 2006; Kremp & Heiskanen, 1999). La fase asexual del ciclo de vida termina cuando las condiciones ambientales cambian desfavorablemente (Anderson et al., 1984; Turpin & Harrison, 1978), donde se induce la sexualidad y la formación de gametos (Person et al., 2008).

Sin embargo, estudios recientes revelaron que los dinoflagelados tienen ciclos de vida más complejos que involucran la división directa de planocigotos y la formación de quistes en reposo sin reproducción sexual (Evit, 1985; Figuroa et al., 2015; Kremp & Parrow 2006).

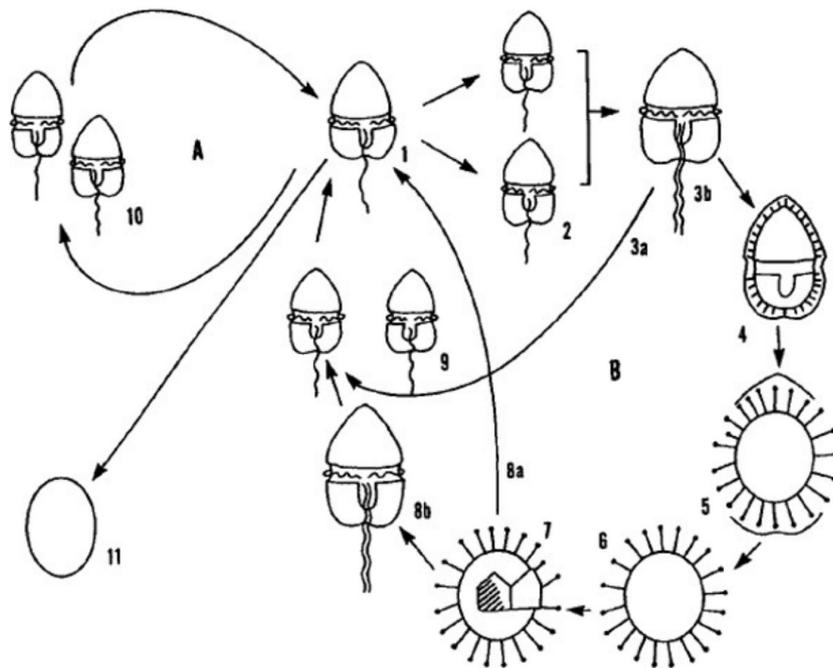


Figura 8. Ciclo de vida general de un dinoflagelado productor de hipnociquitos. (A) Fase asexual con célula vegetativa planctónica móvil (1) que se divide por fisión binaria (10) y a veces forma quistes temporales inmóviles (11); (B) Fase sexual con célula vegetativa planctónica móvil (1) que produce pares de gametos (2) que se fusionan para formar un planocigoto (3). El planocigoto puede producir células vegetativas planctónicas móviles (9) por meiosis (3a) o formación de quistes (4) pueden ocurrir y continuar (5) por expansión del quiste para formar un quiste en reposo (hipnociquitos) (6). El desenquistamiento (7) puede producir un planocigoto (Sb) que continúa dividiéndose para producir una célula vegetativa móvil (1) o división puede tener lugar completamente durante el desenquistamiento (8a) para producir directamente una célula vegetativa móvil (1). (Tomas, 1997).

Diversidad de los dinoflagelados

En la actualidad el número de especies vivas se estima aproximadamente en unas 2000 y alrededor de 2500 especies fósiles. Una revisión reciente de Gómez (2015) reconoció 1555 especies marinas de vida libre. Se estima que existen aproximadamente 160 especies bentónicas marinas. Se han registrado varios dinoflagelados en la nieve y en el hielo marino. Desde 2004 hasta finales de 2006, se han descrito una nueva familia, 12 nuevos géneros y 27 nuevas especies de dinoflagelados. Y estos claro, son números que siguen en constante aumento y modificación.

La morfología celular permite clasificar a los dinoflagelados mediante la observación de su forma y las características de sus apéndices, como membranas, aletas y espinas, así como la posición del cíngulo y el número y disposición de las placas que conforman la teca. Las características biológicas, como el modo de vida y la movilidad de la célula, intervienen de manera secundaria en esta clasificación (Guiry & Guiry, 2024; Ojeda, 1998; Thomas, 1997).

Dinophysiales

Este orden tiene dos flagelos heterocontos situados en el sulcus y el cíngulo. Su teca bivalva presenta dos crestas finas que emergen de los surcos, reforzadas con nervios. Este orden comprende 17 géneros divididos en tres familias: *Amphisoleniaceae*, *Dinophysaceae* y *Oxyphysiaceae* (figura 9) Guiry & Guiry, 2024; Okolodkov & Blanco, 2011; Okolodkov, 2014).

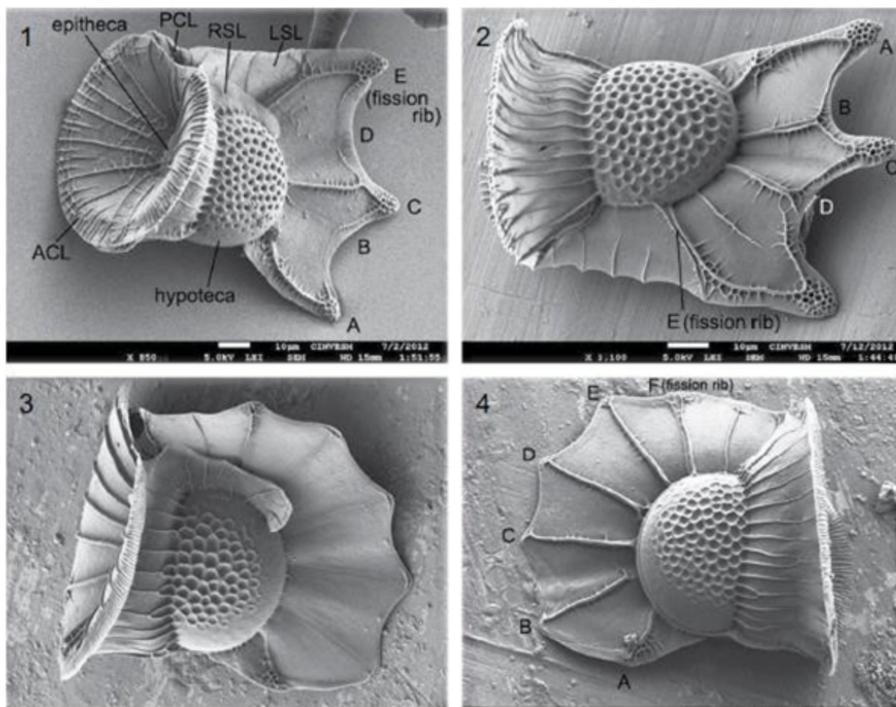


Figura 9. Micrografías electrónicas de barrido de algunas especies de Dinophysiales. Figuras 1 y 2. *Ornithocercus magnificus* (1 - vista apical del lado derecho; 2 - vista del lado izquierdo). Figuras 3 y 4. *Ornithocercus steinii* (3- vista del lado derecho; 4 - vista del lado izquierdo). (Okolodkov, 2014).

Gymnodiniales

Las especies de este orden poseen dos flagelos heterocontos en el sulcus y el cingulo, comúnmente con formas atecadas, aunque algunas especies poseen placas tecales (figura 10). Cuenta 48 géneros divididos entre 8 familias (Guiry, 2013).

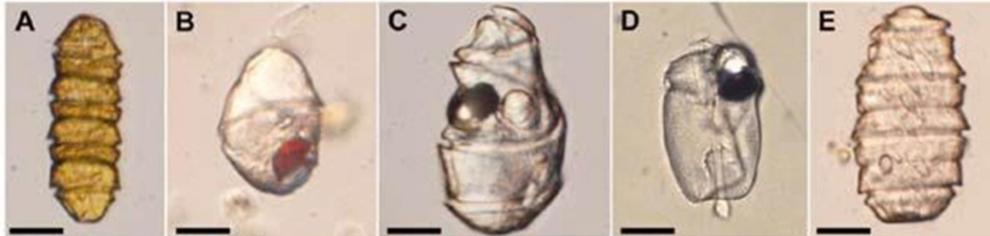


Figura 10. Ejemplos de dinoflagelados desnudos o atecados. Orden Gymnodiniales (A) *Gymnodinium impudicum* (Fraga et Bravo) G. Hansen et Moestrup. (B-C) *Warnowia* spp. La región pigmentada corresponde al ocelo. (D) *Erythrospidinium*, véase el pistón (flecha). (E) *Polykrikos* (Gómez et al., 2011).

Gonyaulacales

Son peridinioides, blindados, principalmente marinos, algunas de las especies producen toxinas. Se pueden clasificar principalmente por la posición y el número de placas (figura 11). Este orden cuenta con 25 géneros divididos en 8 familias (Guiry, 2013).

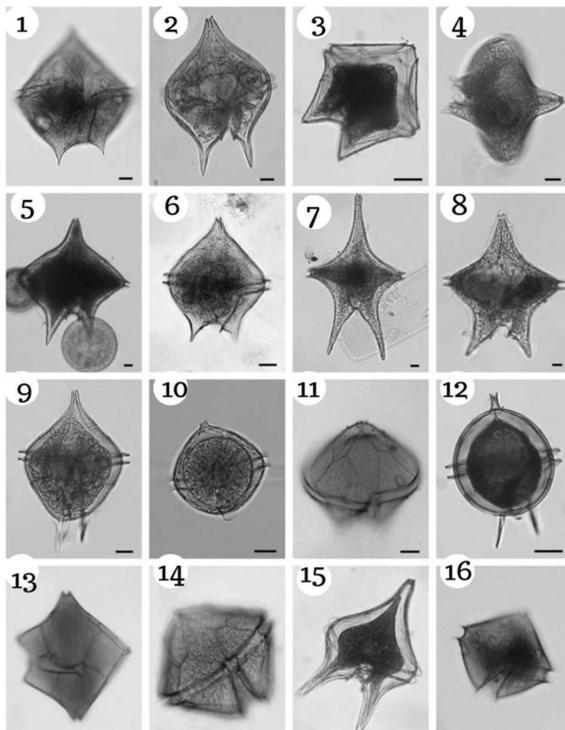


Figura 11. Colonias de especies de *Tripos* (Gonyaulacales). (1) *T. candelabro* (2) *T. furca* var. *furca* (3) *T. furca* var. *hircus* (4) *T. hexacanthum* (5y 6) *T. guaridas*. (7) *T. vultur* f. *buitre* (8) *T. tripos* (9) *T. massiliense* var. *armatum* (Okolodkov, 2010).

Noctilucales

Este orden se asemeja más a los dinoflagelados típicos sin teca y tienen un núcleo dinocarión, la especie más común es *Noctiluca scintillans* (figura 12). Consta de 11 géneros divididos en 4 familias (Guiry & Guiry, 2018; Cachon & Cachon, 1967).

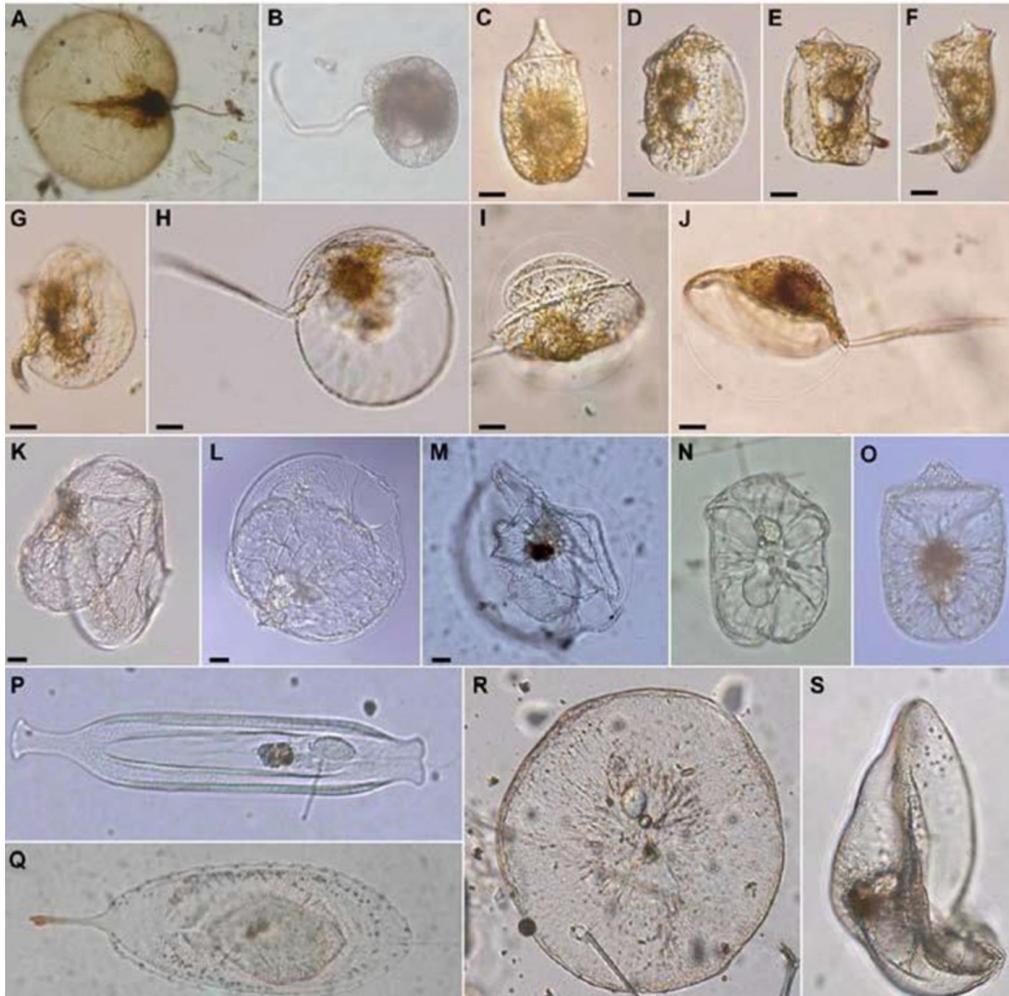


Figura 12. Ejemplos de Noctilucales. (A-B) *Noctiluca scintillans*. (C-J) *Spatulodinium pseudonoctiluca* (C) Estadio inmaduro *Gymnodinium lebouriae*. (D-G) Especimen con tentáculo. (H-J) Estadios maduros. (K-M) *Kofoidinium pavillardii* J. Cachon et M. Cachon. (N-O) Estadios inmaduros de *Kofoidinium*. (P) *Scaphodinium*. (Q) *Abedinium*. (R-S) *Leptodiscus*. Barra de escala = 20 μ m. (Gómez et al, 2011).

Peridinales

Poseen un par de flagelos heterocontos ubicados en el surco y el cíngulo. Durante la reproducción asexual, se caracterizan por una división celular oblicua, en la cual cada célula hija recibe la mitad de la teca de la célula madre (Figura 13). Este orden comprende 33 géneros distribuidos en 13 familias (Guiry & Guiry, 2018).

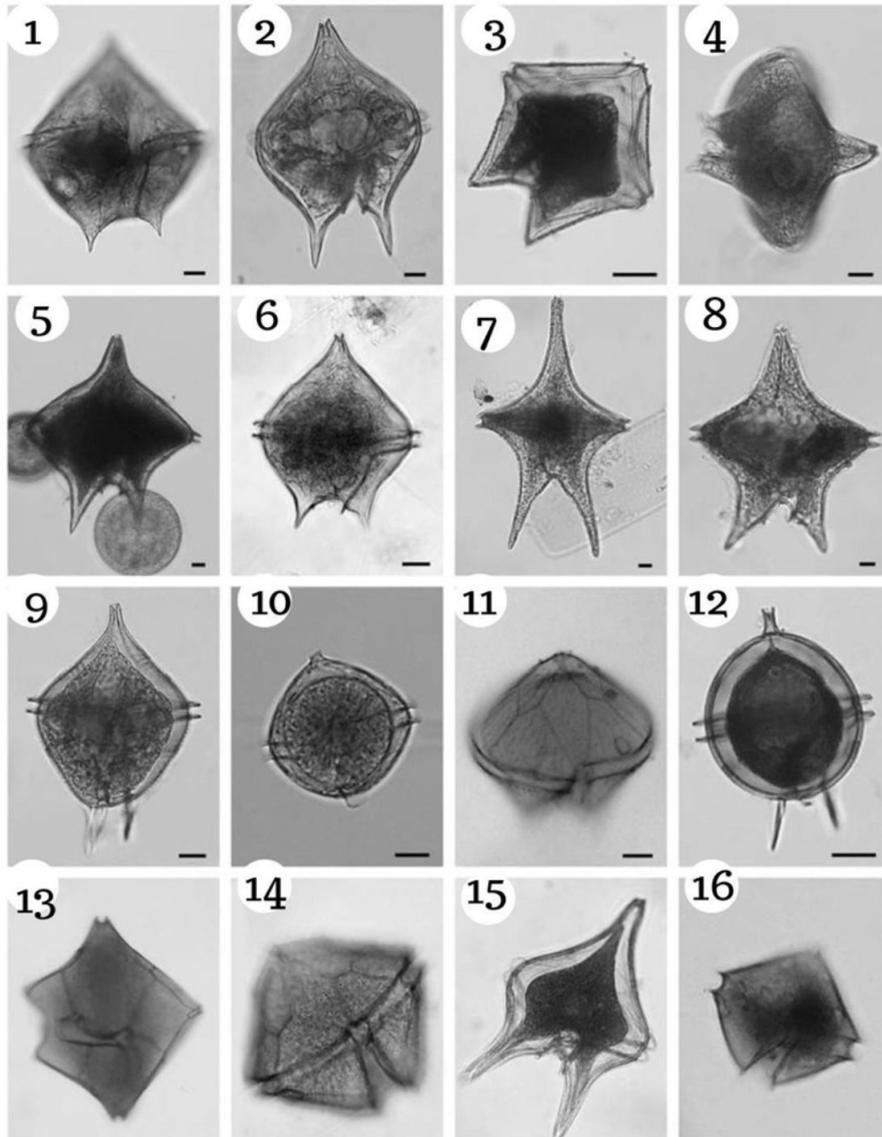


Figura 13. Micrografías de luz de algunas especies de Protoperidinium. (1) Protoperidinium brochii, (2) P. claudicans, (3) P. conicum, (4) P. crassipes, (5) P. depressum, (6) P. divergens, (7) P. elegans, (8) P. grande, (9) P. latispinum, (10) P. minutum, (11) P. obtusum, (12) P. oviforme, (13) P. pentagonum, (14) P. punctulatum, (15) P. venustum, (16) P. vulgare. Escala 10 μ m. (Okolodkov, 2005).

Prorocentrales

Poseen la característica de tener un par de flagelos insertados apicalmente, a diferencia de otros grupos donde los flagelos son insertados ventralmente. Uno de los flagelos se extiende hacia adelante mientras que el otro rodea su base y no presentan surcos flagelares. Poseen una teca compuesta por dos placas grandes unidas por una sutura sagital (Figura 14). Este grupo incluye cuatro géneros pertenecientes a una sola familia (Guiry y Guiry, 2018).

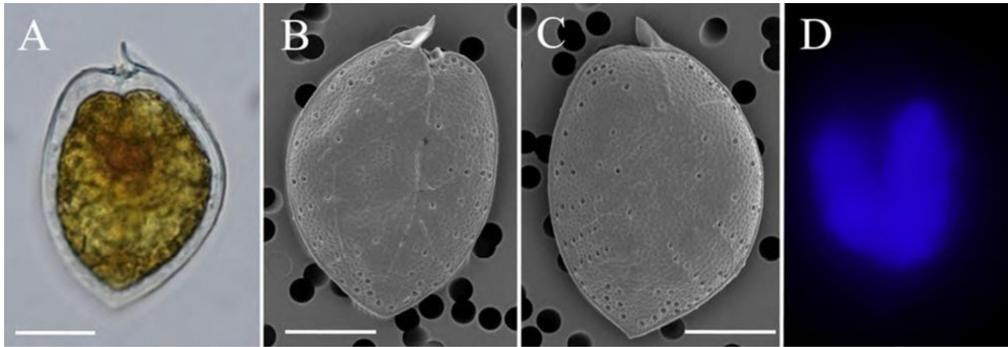


Figura 14. *Prorocentrum micans* especie del orden Prorocentrales. (A) Vista general. (B) Valva derecha. (C) valva izquierda. (D) Núcleo posterior en forma de corazón teñido con DAPI (azul). A: microscopía óptica; B– C: escaneo microscopio de electrones; D: microscopía de fluorescencia (Myung-Soo et al., 2016).

Toxinas de dinoflagelados

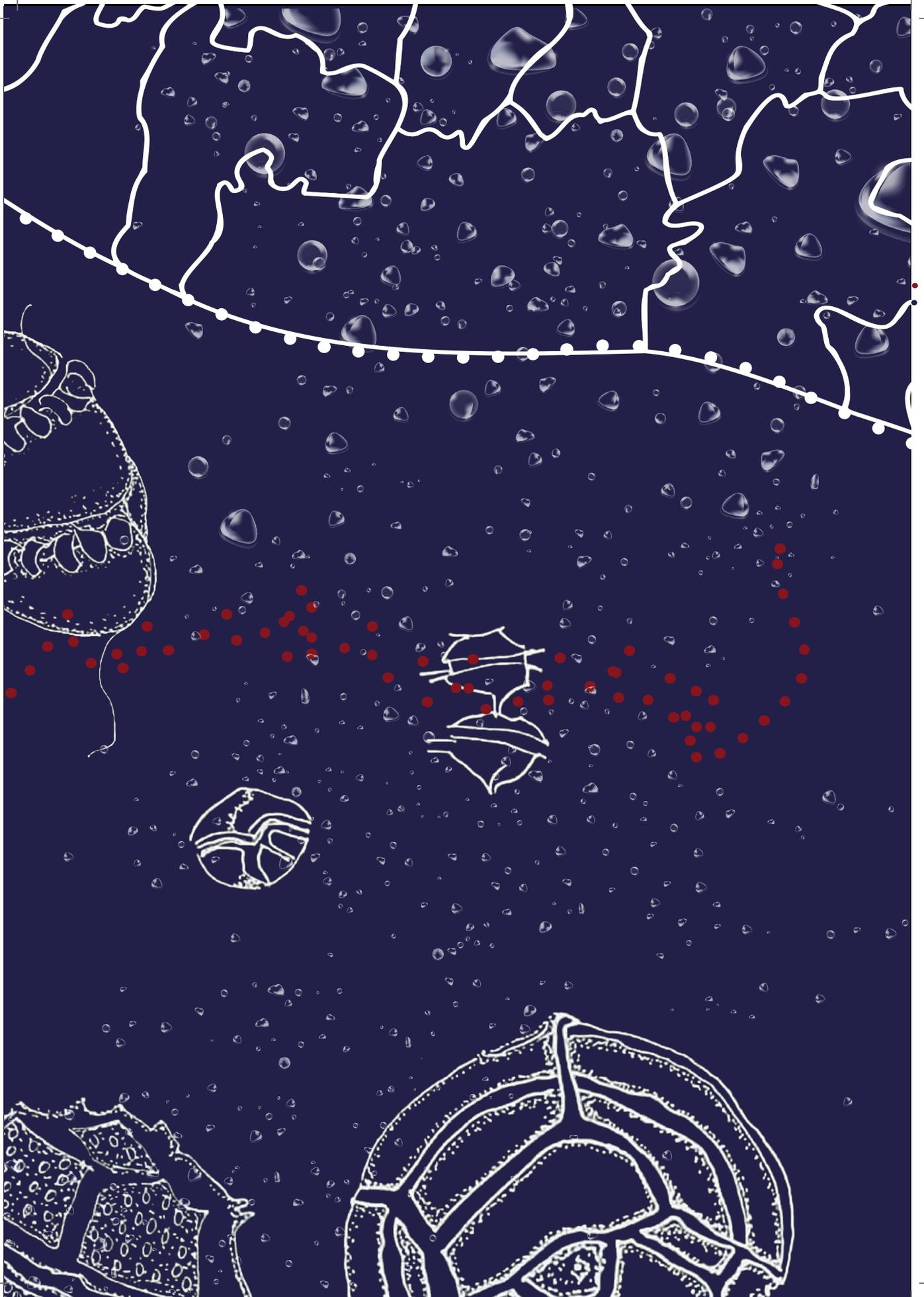
Las toxinas producidas por los dinoflagelados marinos se encuentran entre los materiales letales no proteicos más potentes que se conocen. Las más notorias de las toxinas de dinoflagelados son las neurotoxinas (Tait & Dipper, 1998) y constituyen un asunto de preocupación en salud pública ya que afectan a muchos productos de origen hidrobiológico a través de la cadena alimentaria, especialmente durante la formación de mareas rojas (Tabla 1).

Las principales toxinas que se liberan al ambiente producidas por dinoflagelados son: el ácido okadaico (producido por los géneros *Gambierdiscus* y *Prorocentrum*), ácido domoico (producido por los géneros *Pseudo-nitzschia* y *Nitzschia*) (Todd, 1993; Bates et al., 1988), brevetoxinas (producido por el género *Karenia*), saxitoxinas (producidas por miembros del género *Gonyaulax*) (Contreras et al., 2017); ciguatoxinas (producido por el género *Gambierdiscus*), dinofisistoxinas (producidas por el género *Dinophysis*) y otras neurotoxinas y biotoxinas (Band-Schmidt et al., 2019; Choudhury & Pal, 2014; García-Pérez et al., 2020; Reguera et al., 2011, 2012; Steidinger, 2009).

TABLA 1
PRINCIPALES FICOTOXINAS MARINAS

<i>Nombre del síndrome</i>	<i>Nombre De la toxina y abreviatura</i>	<i>Tipo de compuesto</i>	<i>Dinoflagelados identificados en Guatemala</i>
Intoxicación parálitica por mariscos (PSP)	Saxitoxina STX	Tetrahidropurina (alcaloide)	<i>Gymnodinium catenatum</i> , <i>Pyrodinium bahamense</i> , <i>Gonyaulax</i> spp. <i>Alexandrium</i>
Intoxicación neurotóxica por mariscos (NSP)	Brevetoxina BTX	Poliéteres	<i>Gymnodinium</i>
Intoxicación diarreica por mariscos (DSP)	ácido ocadaico AO	Policétidos	<i>Dinophysis</i> spp. <i>Prorocentrum</i> spp.
	Pectenotoxinas PTX	Policétidos	<i>Dinophysis</i> spp.
	Yesotoxinas YTX	Policétidos	<i>Dinophysis</i> spp. <i>Prorocentrum</i> spp. <i>Gonyaulax</i>
intoxicación azaspiracida por mariscos (AZP)	Azaspirácido AZP	Policétidos	<i>Protoperdinium</i> spp.

<i>Riesgo en seres vivos/ epidemiología</i>	<i>Acción en seres humanos</i>
<p>Los STX se acumulan en muchas especies marinas a través de la red trófica, (bivalvos) al alimentarse en suspensión de dinoflagelados tóxicos, pero también en crustáceos y gasterópodos. Las toxinas pueden transferirse a mamíferos marinos y aves que se alimentan mediante diversos mecanismos de zooplankton, moluscos, ictioplankton y peces ((Durán-Riveroll & Cembella, 2017).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hormigueo o entumecimiento • Pérdida temporal de visión • Debilidad muscular • Falta de coordinación motora • Dificultad para medir distancias (dismetría) • Mareos, náuseas y vómitos • Diarrea • Sensación de pinchazos en las extremidades (parestesia) • Habla incoherente • Problemas respiratorios
<p>No existen datos toxicológicos y existen dificultades analíticas relacionadas con la determinación de la exposición a la brevetoxina. La gestión de riesgo se basa al analizar valores de 5000 G. breve células/litro y determinación de la Tx en los mariscos es menor a 80 µg/100 g.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción del ritmo respiratorio • Disminución de la temperatura corporal • Escalofríos y sudoración • Hormigueo y cosquilleo en labios, cara y extremidades • Broncoconstricción • Arritmia
<p>En las experiencias con animales, los efectos genotóxicos y cancerígenos de las OA y de las DTXs se aprecian a dosis altas y con diarreas en seres humanos.</p>	<p>Diarrea, náuseas, vómitos y dolores abdominales. Los síntomas aparecen a los 30 min</p>
<p>Se encontraron -seco-pectenotoxina-2 (PTX2SA) y su epímero: ácido 7-epi-seco-pectenotoxina-2 (7-epi-PTX-2SA)- en mejillones relacionados a Dinophysis (Suzuki y Mitsuya, 2001).</p>	<p>No se dispone de datos para seres humanos de PTXs. El nivel de seguridad para los seres humanos se base en datos toxicológicos de animales.</p>
<p>El origen YTX en microalgas se ha demostrado recientemente. Gonyaulax grindleyi (Satake et al., 1997); Gonyaulax polyedra) en Italia.</p>	<p>No hay información disponible en seres humanos para las YTXs. El nivel de seguridad está, por tanto, basado en datos de animales. Esta estimación está basada en ratones en efectos cardíacos, se ha calculado el nivel de seguridad para humanos de 10ug/kg.</p>
<p>Se ha sugerido un nivel de 16 µg/100 g para permitir la detección por el bioensayo en ratón. Sin embargo, con consumos de mariscos de 300 g por comida, un individuo ya ingeriría una cantidad de AZAs equivalente al nivel más bajo con efecto adverso observado para seres humanos (Alonso-Rodríguez, 2020).</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Nauseas •Diarrea grave •Vómitos •Calambres de estómago



Objetivo General

El propósito principal del catálogo de especies de dinoflagelados del Pacífico de Guatemala es proporcionar el listado de las especies identificadas en esta región. Aunque existe abundante información sobre la biodiversidad de dinoflagelados en la región, esta se encuentra dispersa en una variedad de publicaciones e informes procedentes de países vecinos, como El Salvador y México. Esta dispersión dificulta la tarea de identificación específica para la franja costera del Pacífico de Guatemala y la aplicación de metodologías estandarizadas para su estudio, lo cual aún no se ha sistematizado en nuestro país.

El que se presenta en esta memoria incluye información fenológica, un aspecto que no ha sido abordado en ninguno de los catálogos de la región neotropical del Pacífico, la consideración de la ecología y la toxicología de las especies y presenta información sobre su distribución, lo que contribuye a una mejor comprensión de su alcance geográfico.

El material recopilado para este catálogo proviene del Pacífico de Guatemala y abarca 10 zonas de muestreo a lo largo de la costa, donde se han identificado un total de 42 especies de dinoflagelados, distribuidas en 14 géneros y seis órdenes. Este esfuerzo no solo llena un vacío significativo en el conocimiento de la biodiversidad marina de Guatemala en este tema, sino que también proporciona una herramienta esencial para monitorear y gestionar los florecimientos algales perjudiciales, contribuyendo así a la protección de los ecosistemas marinos y a la seguridad alimentaria en la región.

En la región neotropical del Pacífico, carecemos de catálogos dedicados a las microalgas asociadas a florecimientos algales perjudiciales. No obstante, algunas publicaciones relativas a otras zonas oceánicas presentan información de áreas cercanas a las costas guatemaltecas. Entre ellas podemos citar el “Catálogo de microalgas de la Bahía de Todos Santos” (Almazán-Becerril et al., 2016). Esta guía fotográfica exhaustiva de diatomeas y dinoflagelados detalla los diversos ambientes de esta bahía que tiene una extensión de 180 km². La dinámica hidrológica está íntimamente ligada al comportamiento estacional de la Corriente de California. Esta guía es ampliamente utilizada en nuestra región gracias a los datos específicos del Pacífico y de las corrientes del norte; sin embargo, su principal limitación radica en la falta de datos diagnósticos y fenológicos que facilitarían la identificación precisa en nuestra zona.

El “Catálogo de fitoplancton del Pacífico central mexicano” (Hernández-Becerril, Cruceros “Marear”, 2009-2019) abarca una amplia gama de especies pertenecientes a grupos taxonómicos como dinoflagelados, diatomeas, cocolitofóridos, silicoflagelados y otros grupos algales y protistas (Hernández-Becerril et al., 2021).

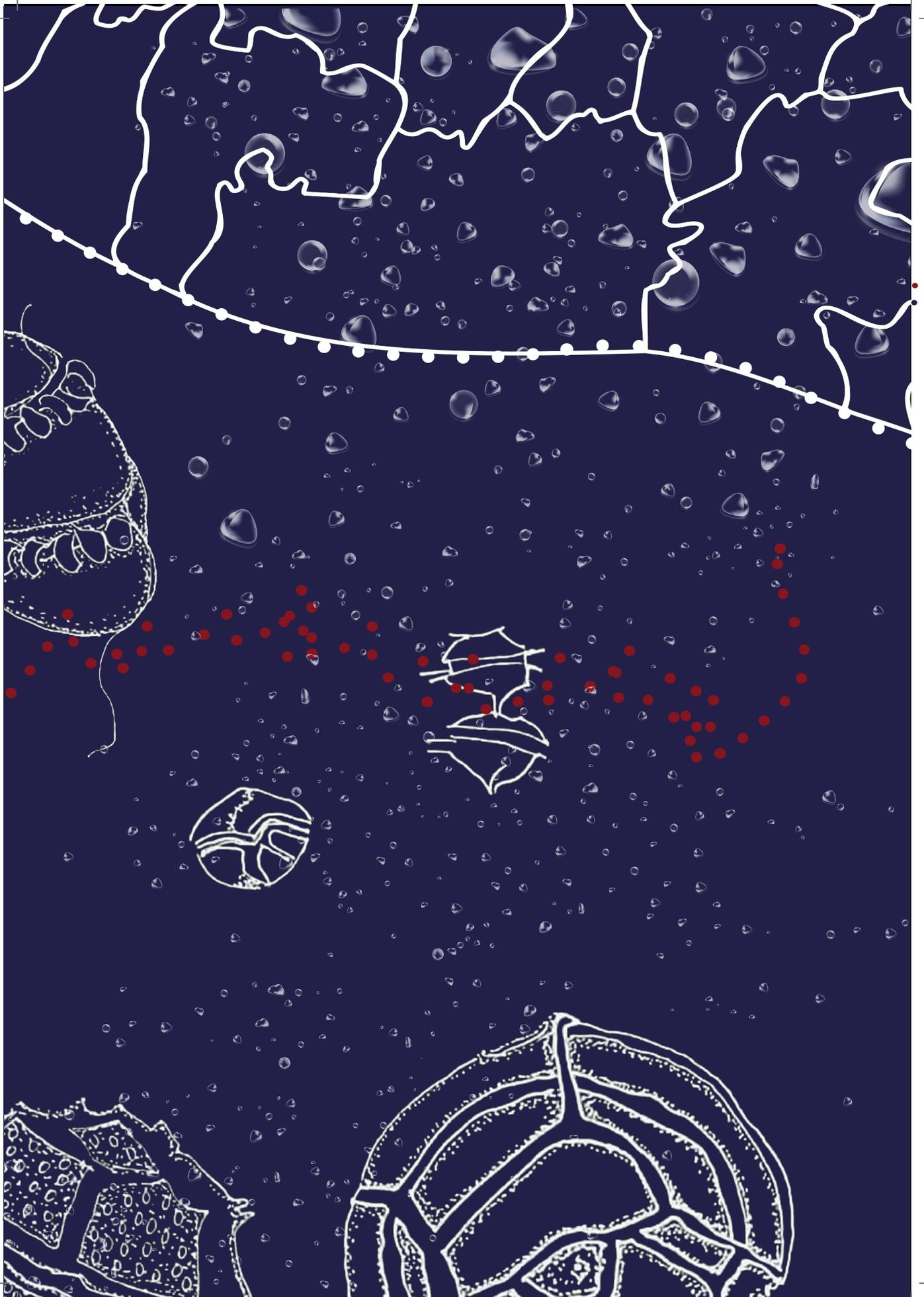
En el “Atlas de dinoflagelados marinos del Pacífico Mexicano” (Meave del Castillo & Zamudio-Resendiz, 2009) se presenta una descripción exhaustiva de la geografía de cada especie, así como comentarios taxonómicos, aspectos ecológicos y fotografías ilustrativas. Este documento representa una herramienta excelente para el estudio y la comprensión de la diversidad de dinoflagelados en la región.

Otra obra, el “Atlas de fitoplancton marino de El Salvador” ofrece descripciones detalladas, información sobre la toxicidad asociada y la distribución geográfica de las especies identificadas en tres zonas del Pacífico de El Salvador. Este recurso incluye fotografías y referencias para 44 especies de dinoflagelados identificados. Dada la proximidad de nuestras aguas y la ocurrencia de eventos tóxicos compartidos, esta guía ha adquirido una gran relevancia para nuestras costas (Espinoza et al., 2013).

Finalmente, en el “Catálogo de dinoflagelados microplanctónicos marinos del Pacífico central de México” (Esqueda-Lara & Hernández-Becerril, 2010) se realiza la caracterización de los taxones (especies, variedades y formas) de dinoflagelados planctónicos del Pacífico central mexicano, procedentes de 112 muestras de red obtenidas en costas de Jalisco, Colima e Isla Isabel (Nayarit). Es una obra muy completa, pero existen pocas coincidencias con especies colectadas en nuestras costas.

Estructura del catálogo

El catálogo de especies de dinoflagelados del Pacífico de Guatemala es una recopilación de los datos de identificación de las muestras colectadas durante los años 2019 a 2022, que aborda diversos aspectos taxonómicos, diagnósticos y fenológicos inherentes a estas especies en nuestra región. Este compendio proporciona una descripción de cada especie incluyendo su morfología general y características distintivas para su identificación. Además, se presenta información detallada sobre la localización geográfica de la colecta del material identificado, permitiendo así una mejor comprensión de su distribución espacial en aguas guatemaltecas. La inclusión de una exhaustiva revisión bibliográfica de cada especie contextualiza su presencia en nuestro ecosistema marino, facilitando la investigación futura. Asimismo, se analizan los aspectos ecológicos y toxicológicos de cada especie. Cada descripción está acompañada por un esquema o fotografía, contribuyendo así a la visualización y comprensión de los hallazgos presentados en esta investigación.



Relación de especies

Dinoflagellata (Bütschli) Fensome, Taylor, Norris, Sarjeant, Wharton & Williams 1993

Dinokaryota Fensome, Taylor, Norris, Sarjeant, Wharton & Williams 1993

Dinophyceae Pascher 1914

Orden Gonyaulacales Taylor 1980

Género *Alexandrium* Halim 1960

Diagnosis

Células esféricas o semiesféricas, ovadas. la teca delgada y rugosa, sin cuernos o espinas. El cíngulo mediano, no tiene contorsión. Cloroplastos presentes.

En este género las especies se diferencian por los siguientes caracteres: forma y posición de la placa del poro apical (Po), forma y posición de los poros (agujeros) en las placas Po y sp (sulcal posterior), la forma de sa (sulcal anterior), la presencia y el tamaño del poro ventral, desplazamiento de placa de 1', forma y tamaño de la ssa (accesoria sulcal izquierda), formación de colonia en forma de cadena, forma y tamaño de 6'' (Steidinger & Jangen, 1997; Sournia, 1986).

El género *Alexandrium* es uno de los más estudiados a nivel mundial, con más de 30 especies identificadas según AlgaeBase (Guiry & Guiry, 2024), que enumera 33 nombres de especies aceptados y 3 de posición taxonómica incierta de las cuales más de la mitad son tóxicas o tienen efectos nocivos (Anderson et al., 2012).

***Alexandrium catenella* (Whedon et Kofoid) Balech 1985** **Bas.: *Gonyaulax catenella* Whedon & Kofoid 1936**

Diagnosis

La célula es de tamaño pequeño a mediano, aplanada en sentido anteroposterior. Forma cadenas largas y curvadas. La epiteca tiene hombros más o menos notorios y una región apical bastante elevada. El cingulo es muy excavado. Generalmente tiene una membrana superpuesta o aleta que se extiende desde el reborde saliente de la epiteca hasta el reborde correspondiente de la hipoteca. El sulco es bastante profundo y se ensancha abruptamente en la parte posterior. Las membranas sulcales son moderadas, pero a veces se proyectan ligeramente hacia la región posterior y parecen una o dos pequeñas espinas. En algunas ocasiones el lóbulo izquierdo antapical es un poco más largo y redondo que el derecho.

Las características que permiten la identificación de esta especie es su (Balech, 1995): morfología de placas tecales y la forma celular. La estructura de las cadenas. Las células están comprimidas anteroposteriormente. La placa Po está conectada directamente con la primera placa apical (1'). No se observa un poro ventral en la placa 1'. El poro de conexión celular en la placa Po está localizado en el lado derecho de la célula.

Material

Límite perimetral de la dársena Puerto Quetzal en Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W), El Semillero (14° 2' 40.139'' N, 91° 32' 4.934'' O)

Fenología

Enero y febrero

Distribución

Los movimientos de grandes masas de agua y la biología del organismo, especialmente su ciclo de vida, juegan roles fundamentales en el desarrollo de floraciones de marea roja a gran escala (Anderson et al. 2008). Es importante destacar que el área de origen de estas floraciones puede estar ubicada a cierta distancia de las áreas afectadas (Tester et al., 1991). A medida que progresa la floración, las condiciones cambiantes pueden tanto estimular como inhibir su desarrollo. La floración puede verse restringida cuando la tasa de crecimiento está por debajo de un umbral crítico o cuando la población se ve compelida a entrar en otras etapas, como la producción de gametos o quistes. Además, la salinidad emerge como el parámetro ambiental primordial que incide en la fisiología de los organismos y regula su distribución en los estuarios (Uribe et al., 2010).

En el Pacífico mexicano se han identificado 16 especies de *Alexandrium* (Okolodkov & Gárate-Lizárraga, 2006). En Costa Rica, Vargas-Montero y colaboradores (2008) lo reporta en el Golfo de Nicoya.

Ecología y toxicología

Los florecimientos algales nocivos (FAN) causados por *Alexandrium* spp. son principalmente reportados en América del Sur, con las principales especies identificadas como *A. catenella* en Chile y *A. tamarense* (Lebour) Balech en Uruguay y Argentina. Desde 1990 se observó un incremento en la intensidad y frecuencia de estos FAN, lo que ha generado graves consecuencias económicas. En El Salvador en septiembre de 2014, se registró un FAN intenso de *Margalefidinium* cf. *polykrikoides*, coincidiendo con la presencia de *Alexandrium* cf. *globosum* Nguyen-Ngoc & J. Larsen, lo que resultó en muertes de peces atribuidas a *M. polykrikoides* (Amaya et al., 2018).

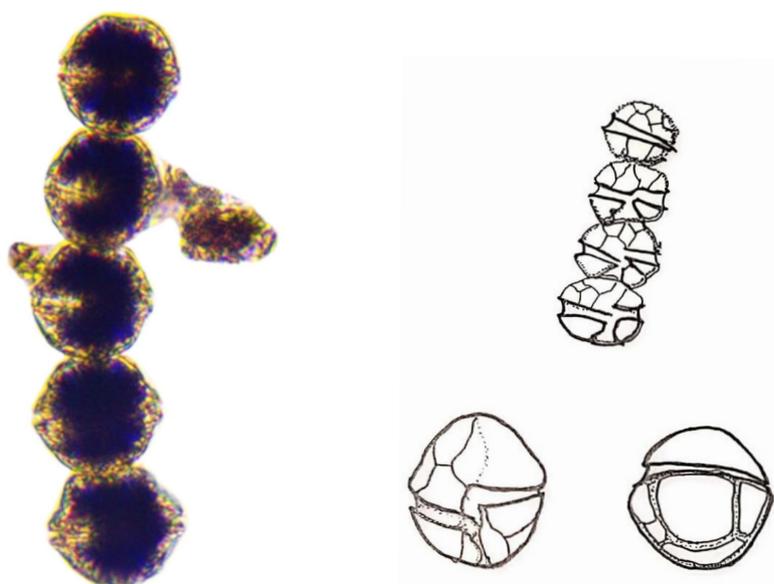
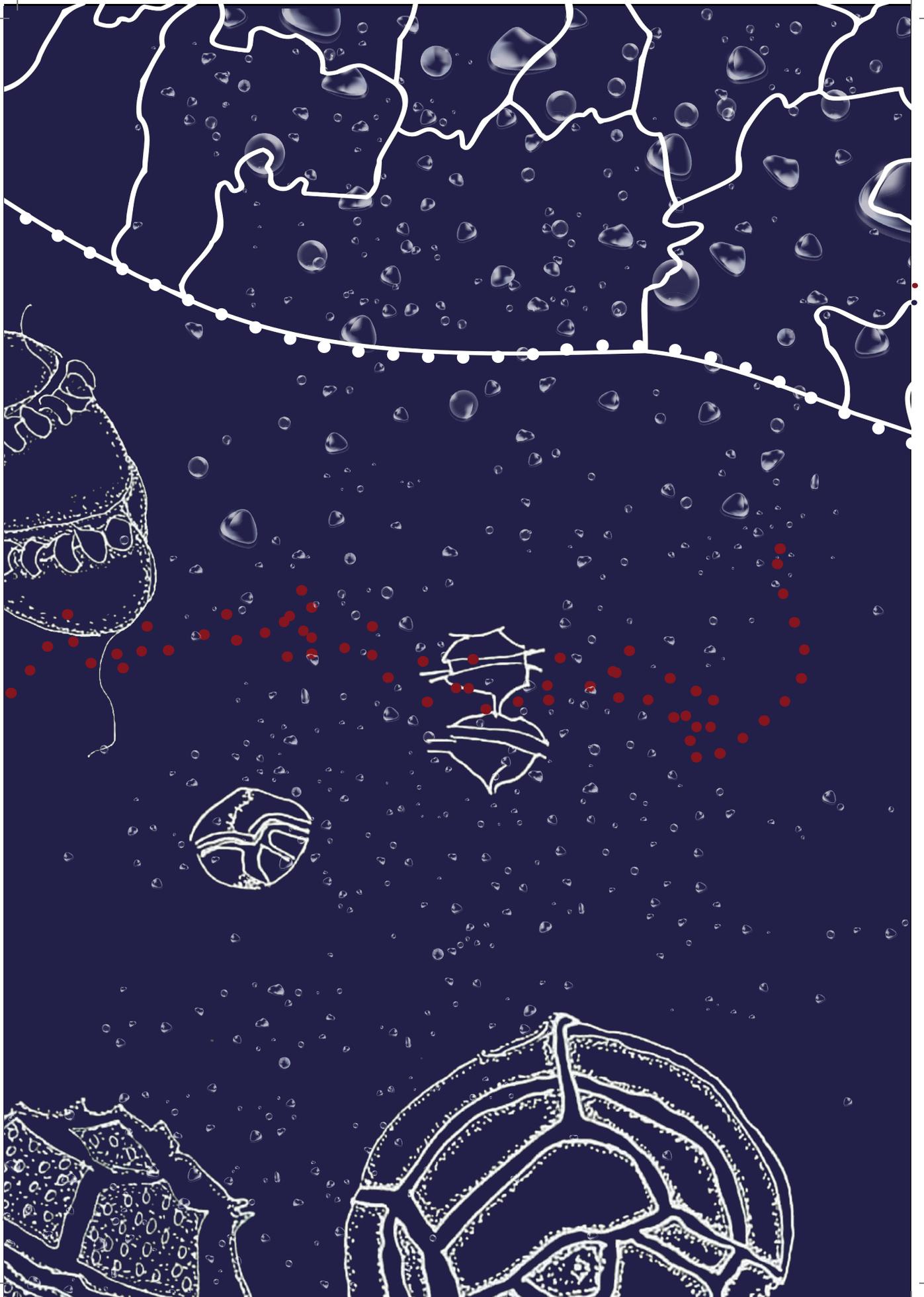
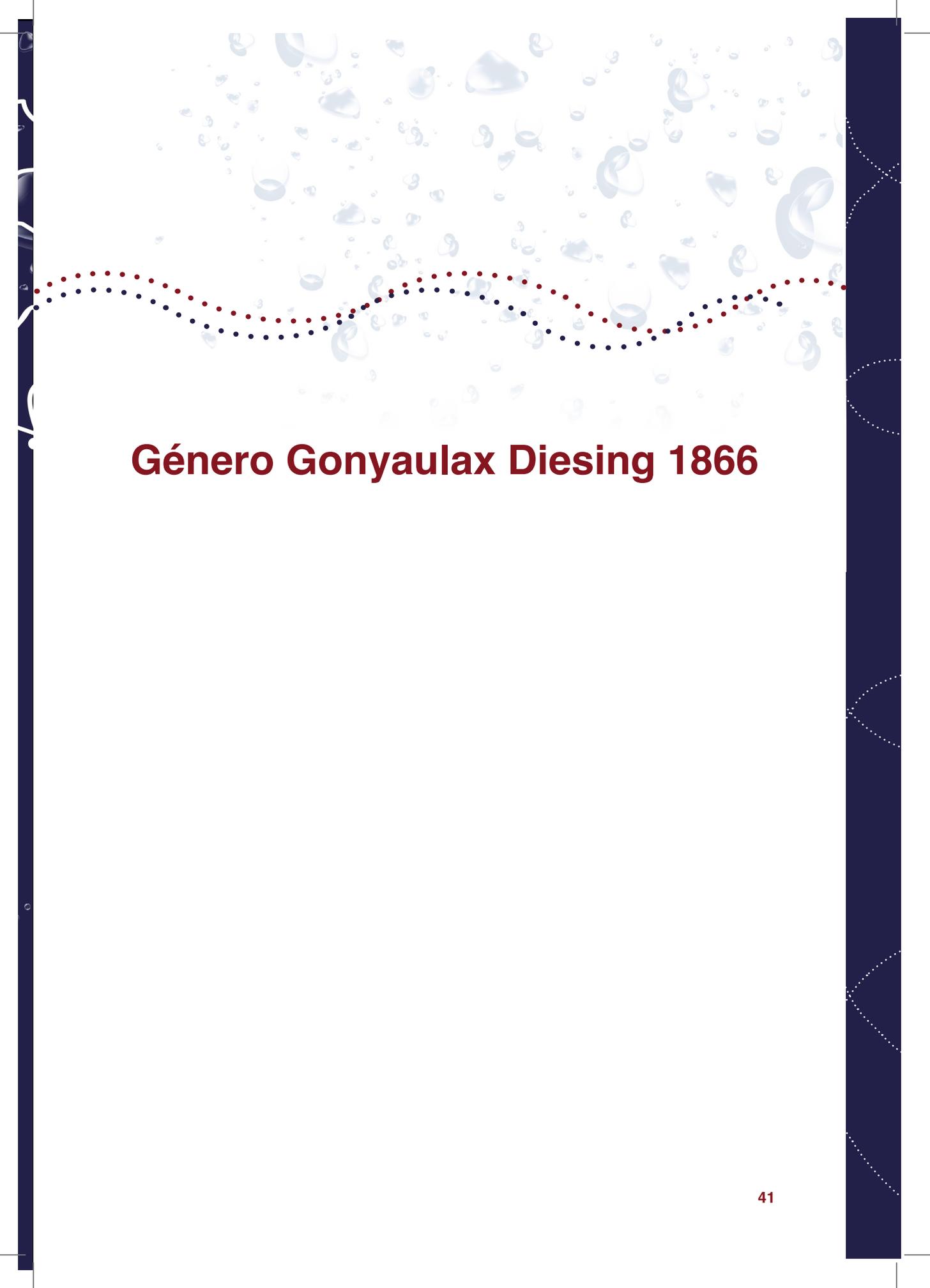


Figura 15. *Alexandrium catenella*



The background features a white field with numerous light blue, semi-transparent water droplets of various sizes scattered across it. A decorative horizontal line composed of small dots in red and dark blue colors runs across the middle of the page, following a wavy path. The page is framed by dark blue vertical bars on the left and right sides, which contain faint white decorative patterns.

Género Gonyaulax Diesing 1866

***Gonyaulax polygramma* F. Stein 1883**

Diagnosis

La epitoca es cónica, alargada, con un cuerno apical moderado. La hipoteca es con forma truncada a redondeada, un tanto estrecha. El poro apical es elíptico. La teca reticulosa con estrías. Las estrías son una característica distintiva en la morfología de la especie, los poros tecales (= poros de tricocistos), que son pequeñas aberturas en la superficie de la célula, forman estrías lineales y espinas antapicales, que son proyecciones alargadas y estructuras punzantes respectivamente. Los poros y las espinas se organizan en retículos, una red compleja de estructuras que conforman la pared celular completa y que facilitan diversas funciones biológicas (Guiry & Guiry, 2024).

Material

Boya Entre Morros ubicada en el rompeolas de Puerto Quetzal (13° 55' 7.53'' N y 90° 47' 15.835'' W).

Fenología

Identificada de enero a diciembre en la dársena de Puerto Quetzal.

Distribución

Los florecimientos de esta especie han sido registrados en varios países, incluyendo Australia, Belice, Corea, Estados Unidos, Hong Kong e India, así como en las costas del Pacífico y el Golfo de México (Gárate-Lizárraga et al., 2006). Además, Cuéllar-Martínez (2007) así como Orantes Ramos y Vieytes Basagoitia (2007) en sus respectivas tesis de grado, proporcionan datos sobre la frecuencia de *Gonyaulax polygramma* en el Pacífico de El Salvador. En Guatemala, el primer registro fue realizado por Paz Cerdón (1997) en Puerto Quetzal.

Ecología y toxicología

Se han registrado florecimientos algales en aguas costeras de muchos países como Corea, Japón, China, Hong Kong, Estados Unidos, México, Belice, Sudáfrica y Argelia (Jeong et al., 2005; Gárate-Lizárraga et al., 2006). Los FAN por *G. polygramma* ha causado la mortalidad masiva de peces y moluscos por anoxia (Gárate-Lizárraga et al., 2000; Grindley & Taylor, 1962).

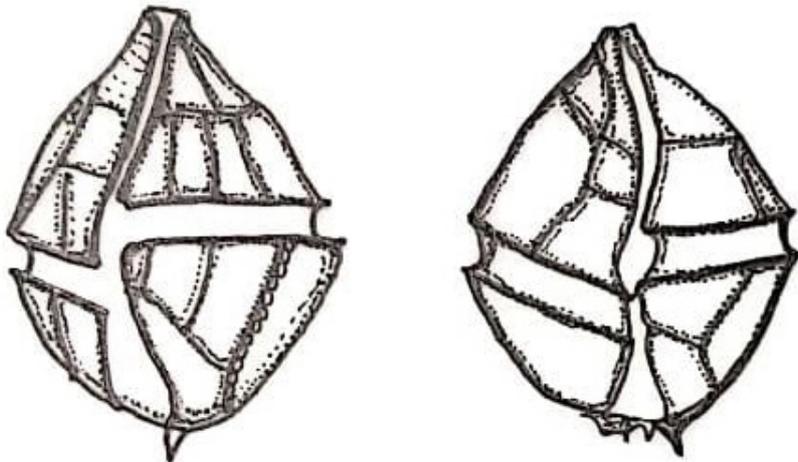
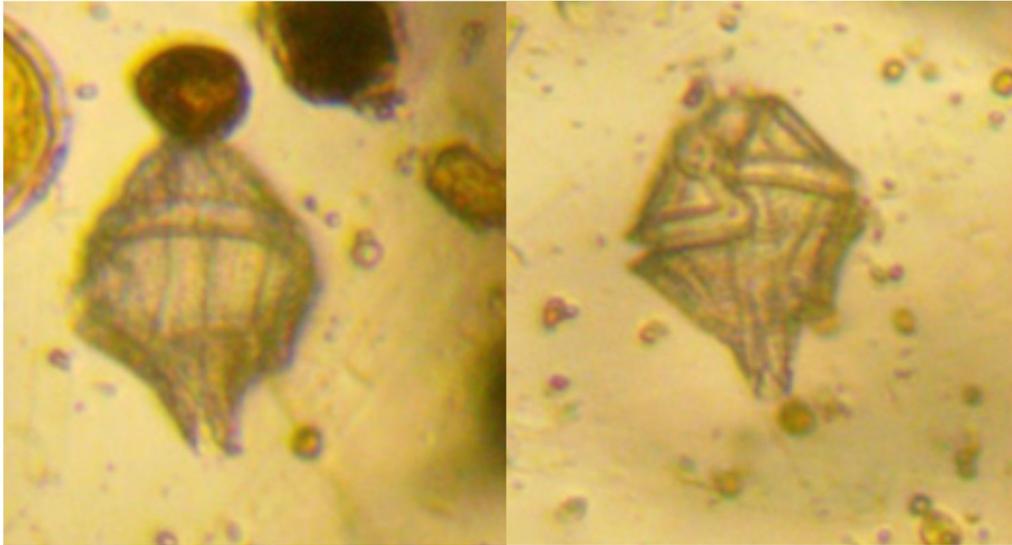


Figura 16. *Gonyaulax polygramma*

***Gonyaulax spinifera* (Claparède et Lachmann) Diesing 1866** **Bas.: *Peridinium spiniferum* Claparède & Lachmann 1859**

Diagnosis

Esta especie se caracteriza por tener un cingulo fuertemente excavado y descendente, con un saliente muy pronunciado. En la parte superior (epiteca), se observan claramente el cuello y los hombros bien definidos. En la región antapical, se destacan dos espinas bien desarrolladas. A pesar de su pequeño aplanamiento dorsoventral, la epiteca muestra una forma truncada cónica e irregular. El cingulo, profundamente excavado y sin aletas, se estrecha gradualmente a medida que se extiende, con una medida promedio de 2.5 a 3 unidades, ligeramente superior a 2.5 en la mayoría de los casos. Las seis placas que lo componen presentan una escultura característica, con dos hileras de poros de tricocistos, aunque en ocasiones se pueden observar tres hileras, siendo las marginales las que contienen elementos más pequeños.

El voladizo (desplazamiento de las terminaciones del cingulo) que equivale a entre 2 y 2.5 veces la altura del cingulo, destaca en la estructura. El surco, amplio desde el borde posterior derecho del cingulo, está conformado por siete placas. La sección antapical muestra una altura considerable y una relativa estrechez en comparación con otras especies similares (Guiry & Guiry, 2024).

Material

Boya Entre Morros ubicada en el rompeolas de Puerto Quetzal (13° 55' 7.53" N y 90° 47' 15.835" W).

Distribución

Maciel-Baltazar (2015) reportó *G. spinifera* en el Golfo de Tehuantepec, Pacífico centro oriental de México a 200 km de la frontera con Guatemala.

Fenología

Enero.

Ecología y toxicología

Gonyaulax spinifera se parece morfológicamente a *G. digitale* y *G. diegensis*. Los morfotipos de quistes, según la literatura, se derivan de la forma móvil de *G. spinifera*. Sin embargo, es difícil concebir que una o incluso tres especies de dinoflagelados puedan dar lugar a 16 especies de quistes con morfologías tan diferentes (Rochon et al., 2009).

Las floraciones de *G. spinifera* son responsables de una mortandad masiva en la biota marina y causan graves daños a las pesquerías ya que generan altas concentraciones de yesotoxinas. En el año 2011 se registró un florecimiento de *G. spinifera* al norte de San Francisco, el cual se extendió a lo largo de la costa en una distancia de 80 km resultando en una extinción masiva de invertebrados marinos silvestres (Gárate-Lizárraga et al., 2014).

Los espirolidos son toxinas emergentes presentes en el plancton y en moluscos. Estas toxinas son compuestos macrocíclicos con actividad biológica significativa, caracterizados por un sistema tricíclico de anillos de éter fusionados. Los espirolidos son producidos por dinoflagelados marinos, como *Gymnodinium spinifera* (Freer & Vargas-Montero 2003).

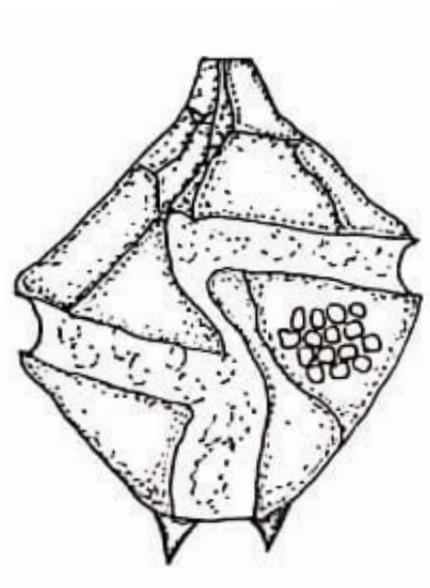
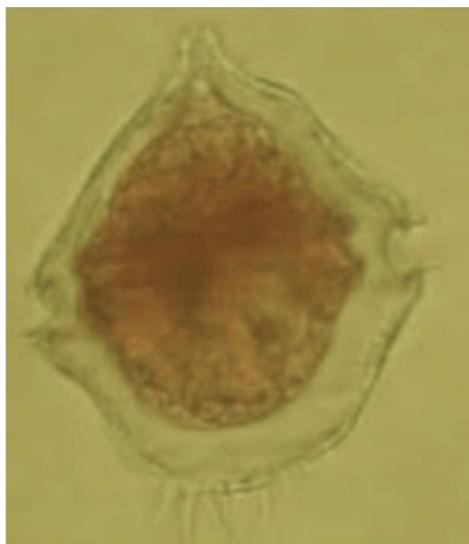


Figura 17. *Gonyaulax spinifera*

***Gonyaulax verior* Sournia 1973**

Diagnosis

Célula muy comprimida dorsoventralmente con dos espinas antapicales prominentes. La epiteca tiene una forma de huso gradual con un cuerno apical corto, el poro apical es en forma de lágrima.

Material

Puerto Quetzal: Boya Entre Morros (13° 55' 7.53" N y 90° 47' 15.835" W) y Boya Recalada (13° 54' 25.409" N y 90° 45' 51.811" W). Puerto San José.

Fenología

Febrero (Boya Entre Morros), junio (Boya Entre Morros), agosto (Boya Recalada y Puerto de San José, Escuintla), septiembre (Boya Recalada) y octubre (Boya Recalada).

Distribución

Reportada en el Caribe mexicano por Merino-Virgilio y colaboradores (2013) y en el Pacífico mexicano por Okolodkov y Gárate-Lizárraga (2006). Vargas y colaboradores (2014) reportaron esta especie en el Golfo de Nicoya, Pacífico de Costa Rica.

Ecología y toxicología

El género *Gonyaulax* está asociado con la intoxicación paralítica por consumo de mariscos. La salinidad parece ser un factor ecológico más importante que la temperatura para controlar la abundancia estival de este dinoflagelado en la naturaleza. La producción de toxinas en los cultivos unialgales de este género es, en gran medida, una función de la densidad celular. El principio tóxico sintetizado permanece dentro de la célula y puede recuperarse en cantidades sustanciales mediante la lisis de las células.

Comparado con otras especies, *G. tamarensis* es potencialmente la más tóxica dentro de las especies tóxicas conocidas de *Gonyaulax*. Aunque las bacterias no desempeñan un papel directo en la producción de toxinas, pueden influir indirectamente en la toxigénesis al promover el crecimiento de dinoflagelados ((Prakash, 1967)

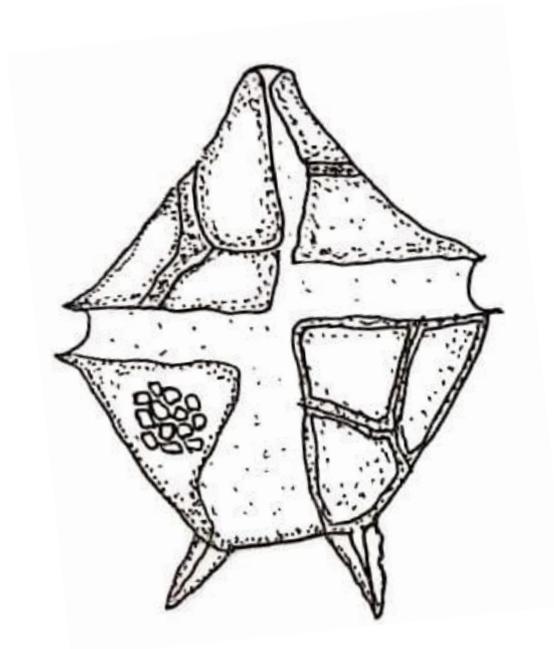
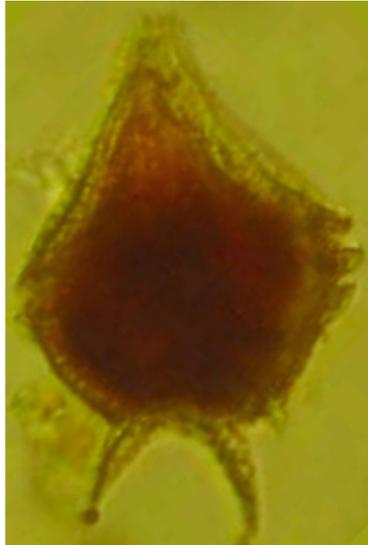
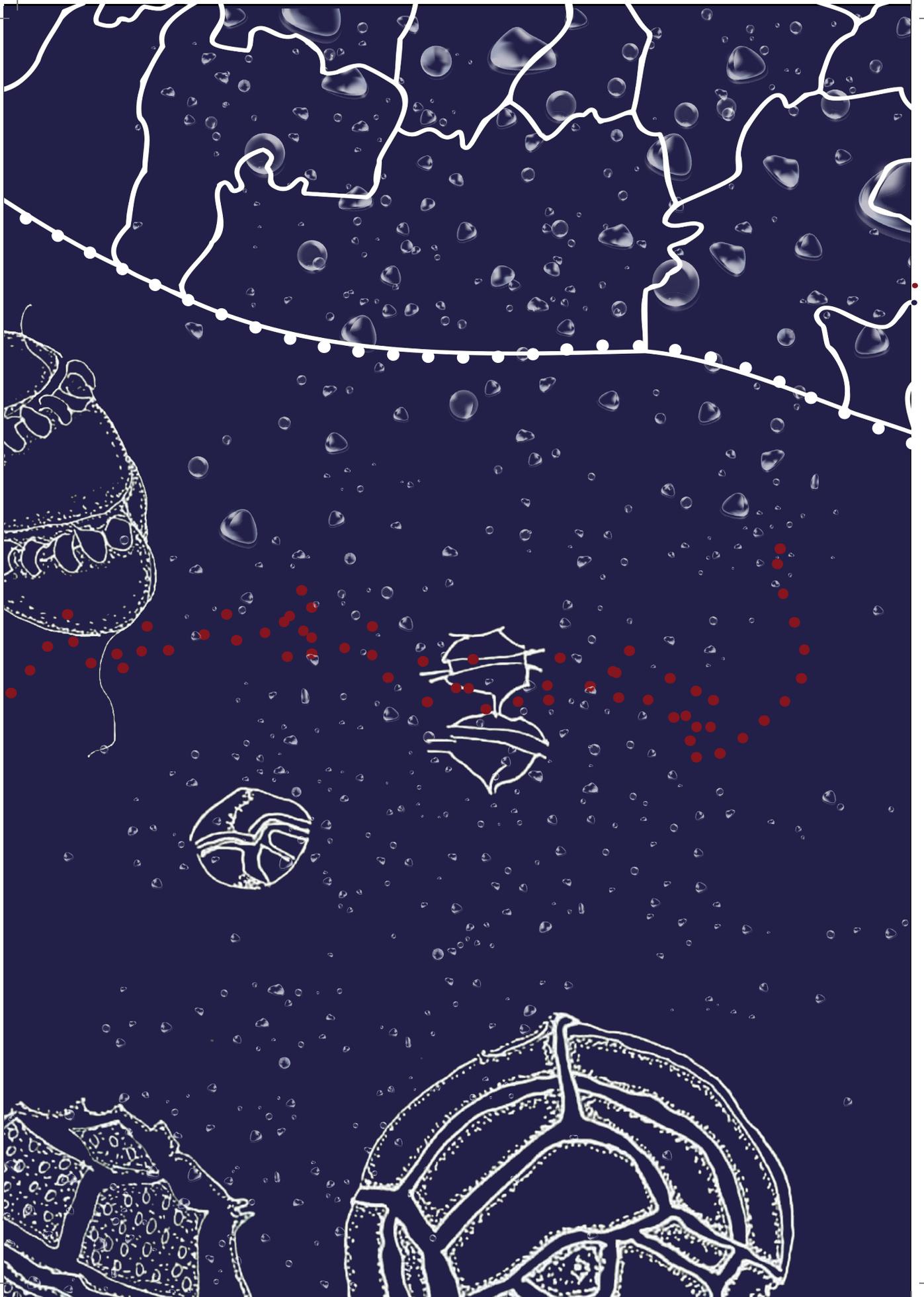
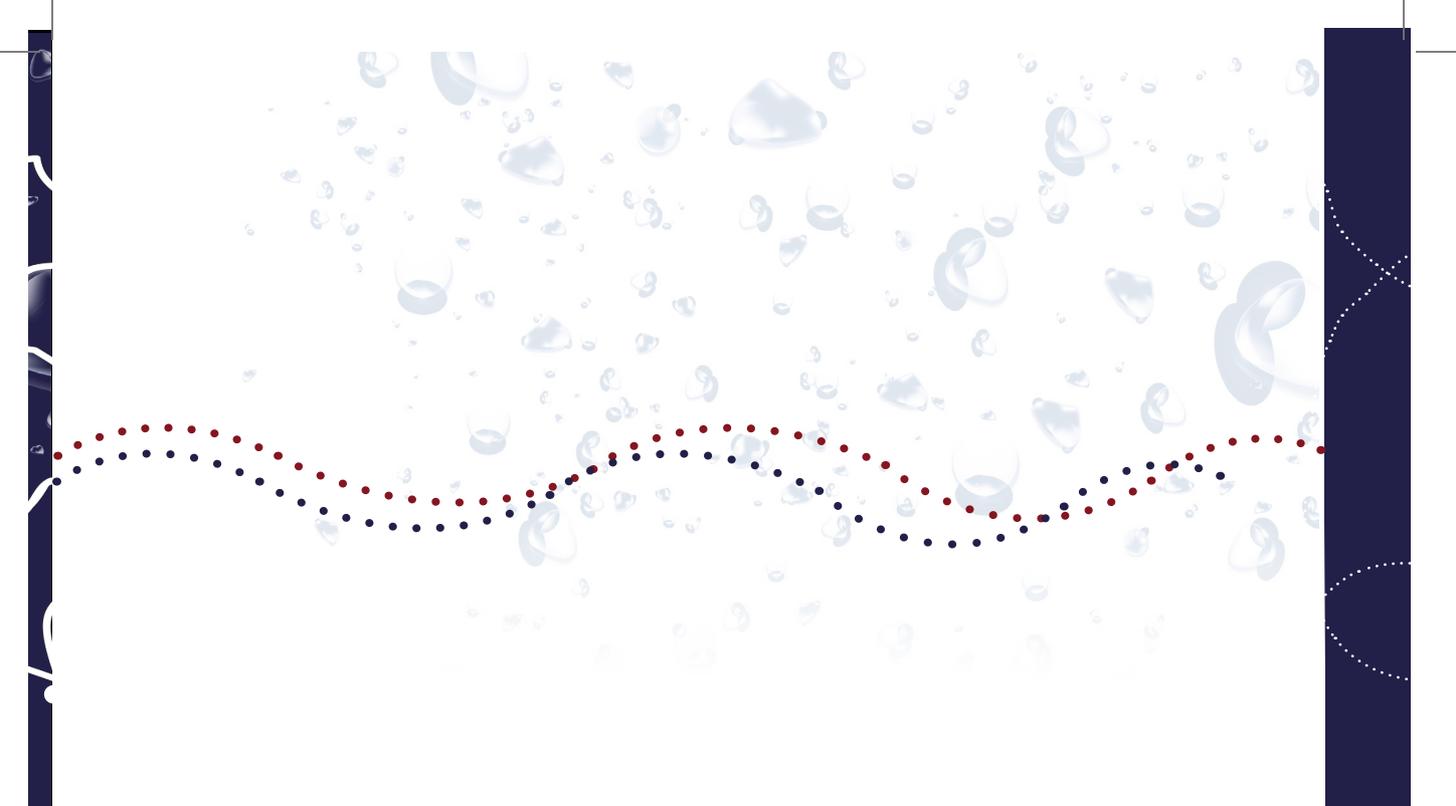


Figura 18. *Gonyaulax verior*





Género *Pyrodinium* Plate 1906

Pyrodinium bahamense Plate 1906

Diagnosis

Célula comprimida anteroposteriormente, teca con poros grandes. Tiene la capacidad de formar cadenas de más de treinta células. Forma quistes. La fórmula de la placa kofoidiana de *P. bahamense* es Po, cp, 4-5', 0a, 6", 6c, 6s, 6", 2"". Las células suelen ser subesféricas a lateralmente elipsoidales, cubiertas con placas tecaes y ornamentadas con una proyección apical o un nódulo y una proyección anterior. Las placas tecaes principales son gruesas y tienen muchas protuberancias pequeñas distribuidas uniformemente en las placas. Los poros de los tricocitos también son numerosos y claramente visibles y en ocasiones, están distribuidos a lo largo de las suturas. Las listas cingulares están bien desarrolladas sin nervaduras. Las aletas sulcaes son prominentes a ambos lados de la región del surco y a veces cubren la mayor parte del surco (Guiry & Guiry, 2024; Balech, 1985).

Material

Límite perimetral de dársena Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N, 90° 45' 51.811'' W). Boya Texaco (13° 53' 43.292'' N, 90° 49' 55.685'' W).

Canal de acceso Puerto Quetzal "Entre Morros" (13° 55' 7.53'' N, 90° 47' 15.835'' W).

Puerto San José, Escuintla (13° 54' 55.693'' N, 90° 49' 8.598'' O)

La Isla, Retalhuleu (14° 29' 56.749'' N, 92° 10' 59.509'' O)

Champerico, Retalhuleu (14° 17' 31.788'' N, 91° 54' 58.832'' O)

Buena Vista, Iztapa (13° 55' 48.487'' N, 90° 42' 43.198'' O)

Iztapa, Escuintla (13° 55' 42.042'' N, 90° 43' 4.332'' O)

Madre Vieja (14° 0' 12.812'' N, 91° 26' 5.917'' O)

El Semillero (14° 2' 40.139'' N, 91° 32' 4.934'' O)

Ocós, San Marcos (14° 30' 26.341'' N, 92° 11' 41.82'' O)

Fenología

Enero (Puerto Quetzal: Boya Recalada y Boya Entre Morros); mayo (Puerto Quetzal: Boya Entre Morros, Madre Vieja, El Semillero, Buena Vista, Iztapa, La Isla, Ocós y Champerico); junio (Puerto Quetzal: Boya Entre Morros, Madre Vieja, El Semillero, Buena Vista, Iztapa, La Isla, Ocós y Champerico); julio (Madre Vieja, El Semillero, Buena Vista, Iztapa, La Isla, Ocós, Champerico y Puerto San José); agosto (Ocós); diciembre (Puerto Quetzal: Boya Texaco, Boya Entre Morros y Boya Recalada).

Distribución

P. bahamense es una especie de aguas cálidas. Fue reportada en la costa del Pacífico de América tropical desde el sur de México hasta Ecuador y en el Mar Caribe y en el Sudeste Asiático. Sus quistes se han registrado en otras zonas tropicales (Guiry & Guiry, 2024). Se ha registrado un episodio de florecimiento algal nocivo histórico de este género durante los años 2001-2002, el cual se observó en las costas de El Salvador, Guatemala y México. Durante este período, se dio seguimiento a decoloración marina desde agosto de 2001 hasta agosto de 2002. En El Salvador, se reportaron 41 personas intoxicadas por IPM (Barraza et al., 2004), mientras que en México se registró la muerte de 15 personas y más de 100 intoxicadas (Cortés-Altamirano et al., 1993).

Ecología y toxicología

En Guatemala, el primer registro de intoxicación por dinoflagelados ocurrió en julio de 1987, tras la ingesta de bivalvos de la especie *Amphichaena kindermanni*, conocida comúnmente como “almeja” o “almeja frijol”, contaminados con *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, afectó a 187 personas y causó la muerte de 26 debido a la acumulación de saxitoxina (Rosales-Loessener, 1989; Rosales-Loessener, 1986). Desde entonces, se han registrado múltiples florecimientos de *P. bahamense* var. *compressum* en 1989, 1990, 1995, 2001, 2005, 2007 y 2009 en Guatemala, aunque no se reportaron pérdidas humanas durante estos eventos (García-Pérez et al., 2020).

En diciembre de 2018, se detectaron manchas irregulares de decoloración en la superficie del mar frente a Puerto Quetzal, Pacífico de Guatemala. Se decidió realizar un monitoreo y toma de muestras de agua para análisis, lo que resultó en la identificación nuevamente de la presencia de *P. bahamense*, junto con otras especies como *Prorocentrum sigmoide* y *Dinophysis caudata* (García-Pérez et al., 2020). Estos dinoflagelados formaron parches paralelos a la costa, con un ancho de aproximadamente 50 m.

En el contexto de Guatemala, *P. bahamense* es la especie de dinoflagelado con más registros en las costas del Pacífico y ha sido responsable de pérdidas de vidas humanas por intoxicación paralítica debido al consumo de moluscos contaminados. Por lo tanto, se considera una de las especies más importantes en cuanto a salud pública en la región.

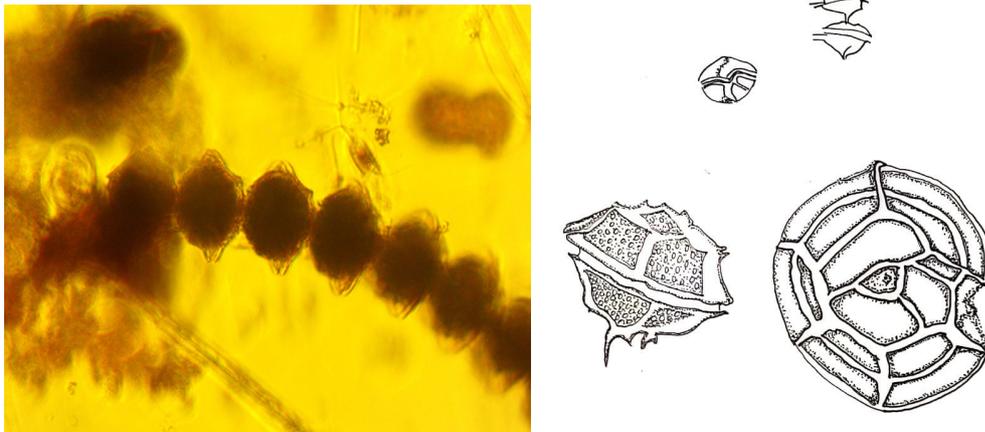
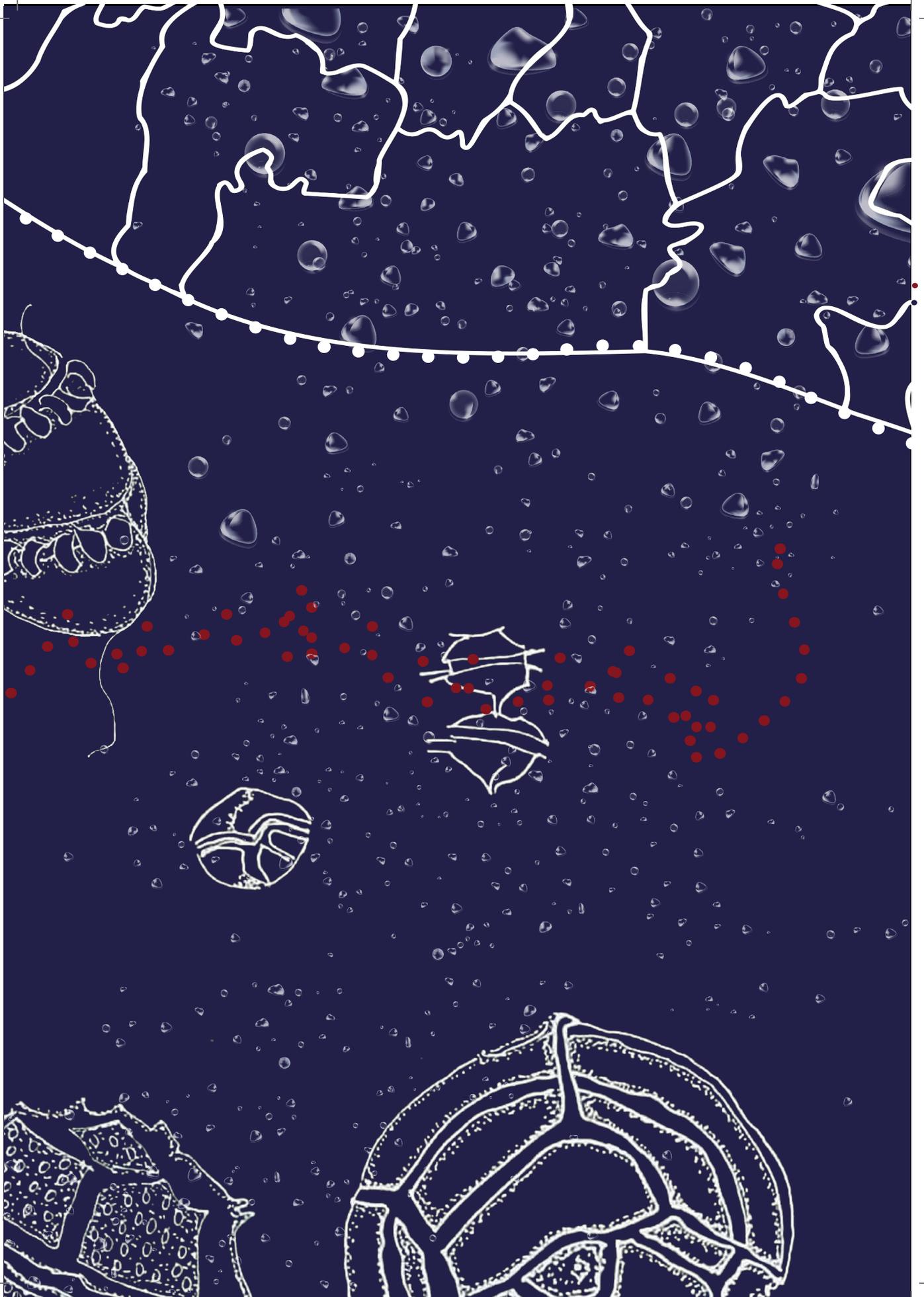
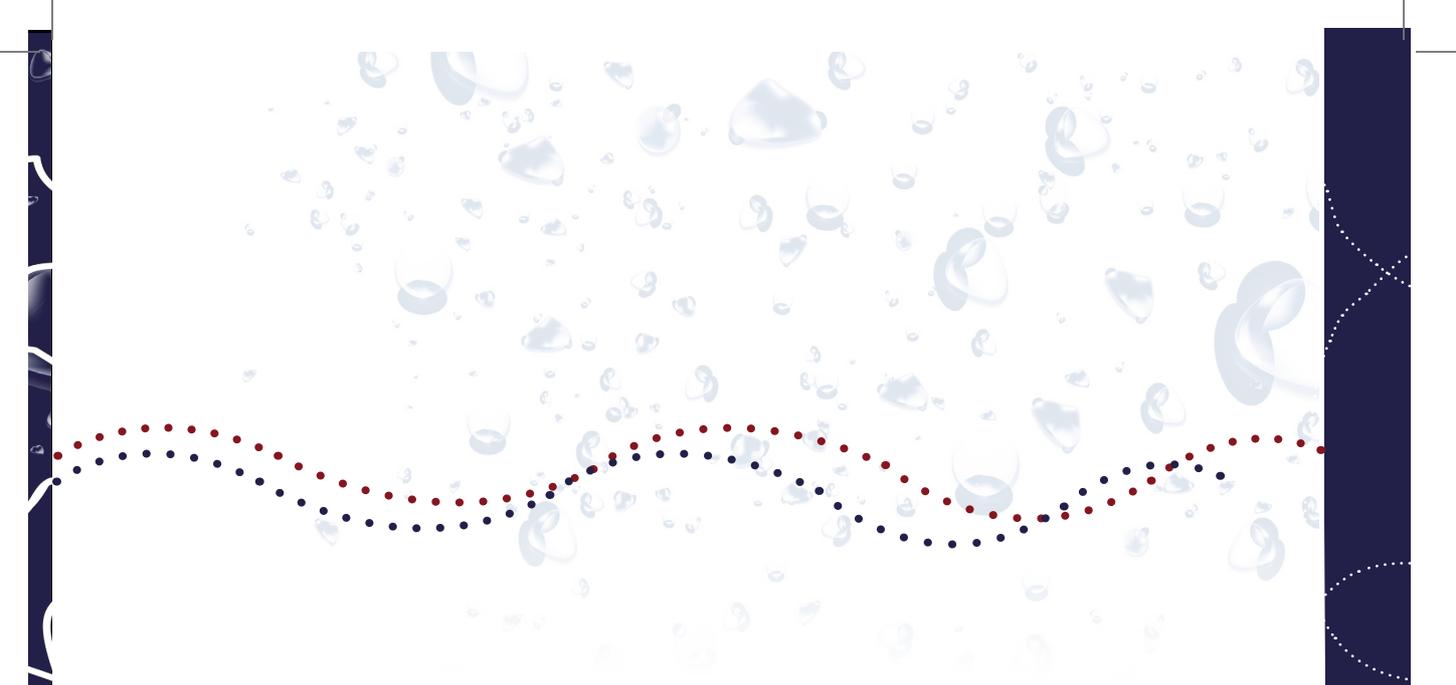


Figura 19. *Pyrodinium bahamense*





Género *Pyrophacus* F. Stein 1883

Diagnosis

Célula lenticular, muy comprimida anteroposteriormente. El cíngulo es angosto, ecuatorial y descendente. Cloroplastos presentes. Fórmula de la teca: Po,?cp, 5-9', 0-8a, 7-15", 9-16c, 8s, 8-17"', 3"', 0-15p.

***Pyrophacus horologium* F. Stein 1883**

Diagnosis

Célula lenticular, muy comprimida anteroposteriormente. El cíngulo es angosto, ecuatorial y descendente. Cloroplastos presentes. Fórmula de la teca: Po, 5', 9", 9c, 8s, 9"', 3''', 1p (Balech, 1988, 1979).

Material

Límite perimetral de la dársena Puerto Quetzal en Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W), Boya Texaco (13° 53' 43.292'' N, 90° 49' 55.685'' W) y canal de acceso Puerto Quetzal "Entre Morros" (13° 55' 7.53'' N, 90° 47' 15.835'' W).

Fenología

Abril (Boyas: Texaco y Recalada), mayo (Boya Entre Morros), junio (Boyas: Texaco y Entre Morros), agosto (Boyas: Recalada y Entre Morros), septiembre (Boya Texaco), octubre (Boyas: Texaco, Recalada y Entre Morros), noviembre (Boyas: Recalada y Entre Morros) y diciembre (Boyas: Recalada y Entre Morros).

Distribución

Carrillo-Ovalle y colaboradores (2003) lo reportan en la zona del Caribe guatemalteco. Moreira- González y colaboradores, lo identifican como una especie dominante en la Laguna Guanaroca, ubicada en la provincia de Cienfuegos, Cuba. Además, el Instituto Meteorológico e Hidrológico Sueco lo registra como una especie de distribución mundial, según se puede consultar en su sitio web

(https://www.smhi.se/oceanografi/oce_info_data/plankton_checklist/dinoflagellates/pyrophacus_horologium.htm).

Ecología y toxicología

Esta especie se distribuye en todo el mundo y se observan con frecuencia en zonas oceánicas, neríticas y aguas estuarinas. Sin embargo, no hay registros de formación de florecimientos y efectos nocivos asociados sobre ecosistemas marinos en el océano mundial.

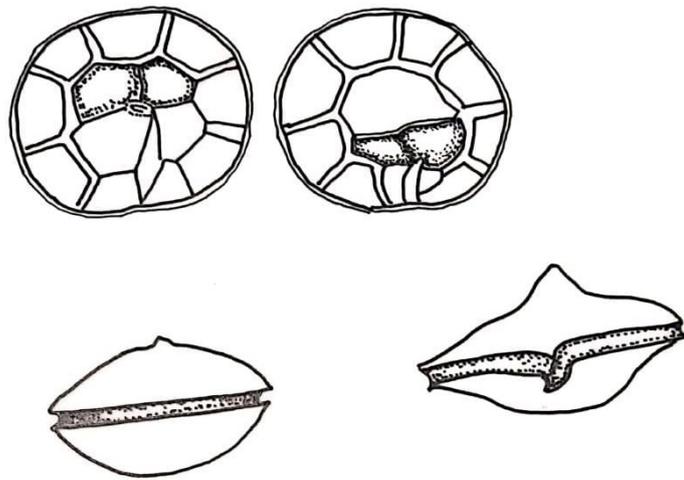
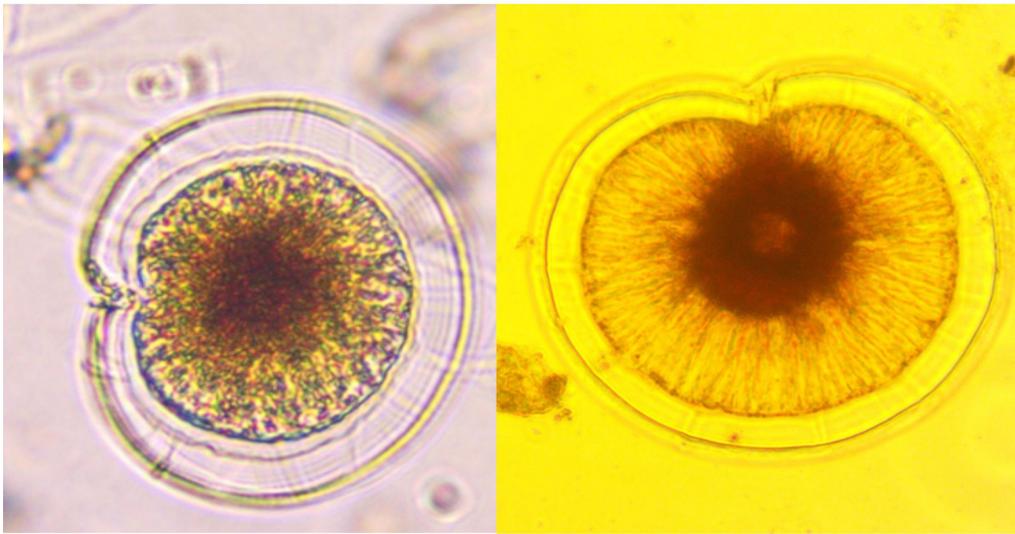


Figura 20. *Pyrophacus horologium*

***Pyrophacus steinii* (J. Schiller) Wall & Dale 1971**
Bas.: *Pyrophacus horologium* F. Stein var. *steinii* J. Schiller 1935.

Diagnosis

Célula lenticular aplanada con epiteca atenuada. Fórmula de la teca: Po, 7', 12", 12c, 12"', 3''', 3p (Balech, 1988).

Material

Límite perimetral de la dársena Puerto Quetzal en Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W), Boya Texaco (13° 53' 43.292'' N, 90° 49' 55.685'' W) y canal de acceso Puerto Quetzal "Entre Morros" (13° 55' 7.53'' N, 90° 47' 15.835'' W).

Fenología

Febrero (Boyas: Texaco, Recalada y Entre Morros), marzo (Boyas: Recalada y Entre Morros), abril, mayo y junio (Boyas: Recalada y Entre Morros), septiembre (Boyas Recalada y Entre Morros), octubre (Boya: Texaco), noviembre (Boya: Recalada) y diciembre (Boyas: Texaco y Entre Morros).

Distribución

Especie marina, nerítica, estuarina y oceánica, su distribución es frecuente en aguas templadas y tropicales (Alonso-Rodríguez et al., 2008).

Ecología y toxicología:

Esta especie está distribuida por todo el mundo y es comúnmente avistada en océanos abiertos, áreas costeras y aguas estuarinas. A pesar de su amplia distribución, aún no se ha registrado su formación de florecimientos y los efectos nocivos que podría tener en los ecosistemas marinos a nivel global.

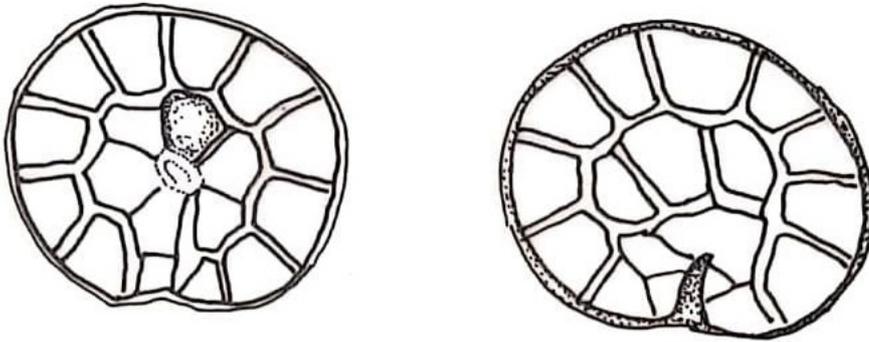
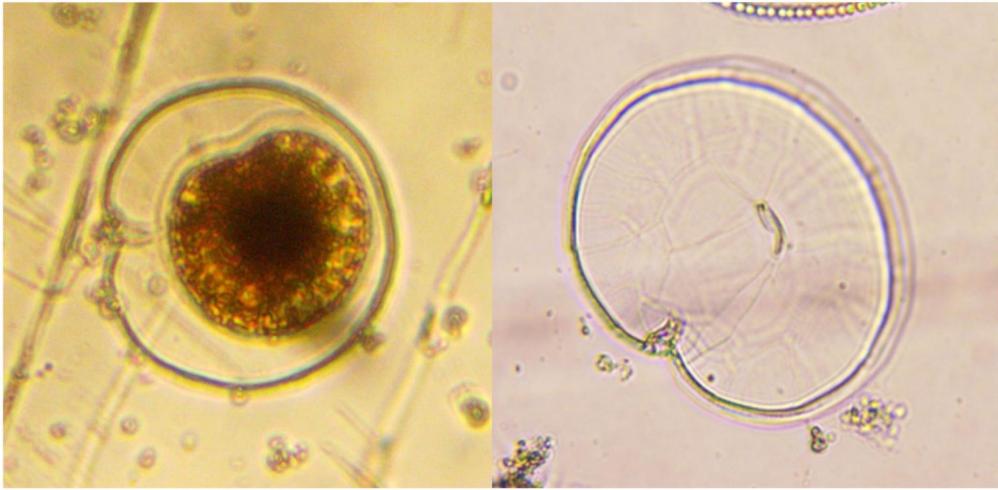
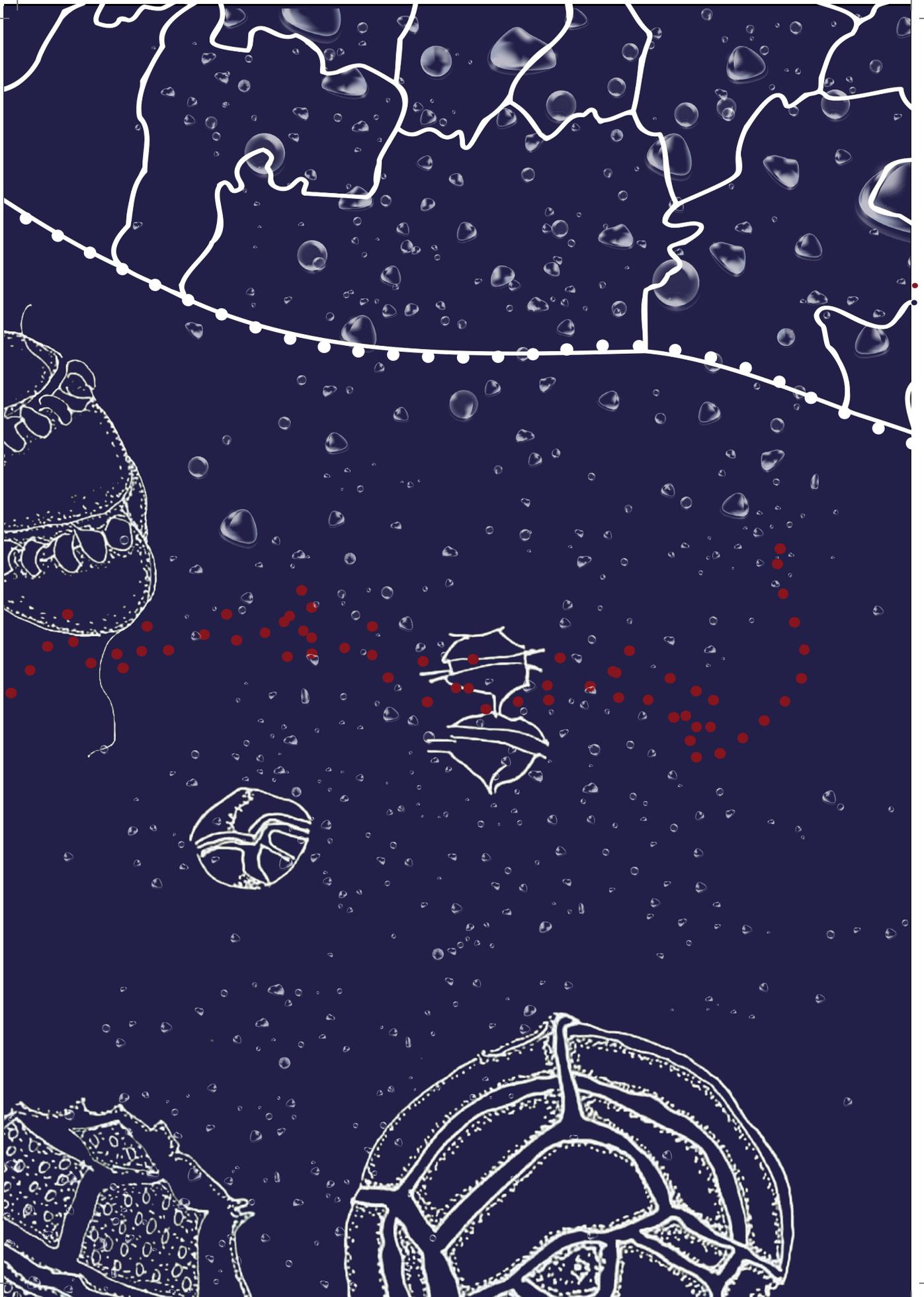
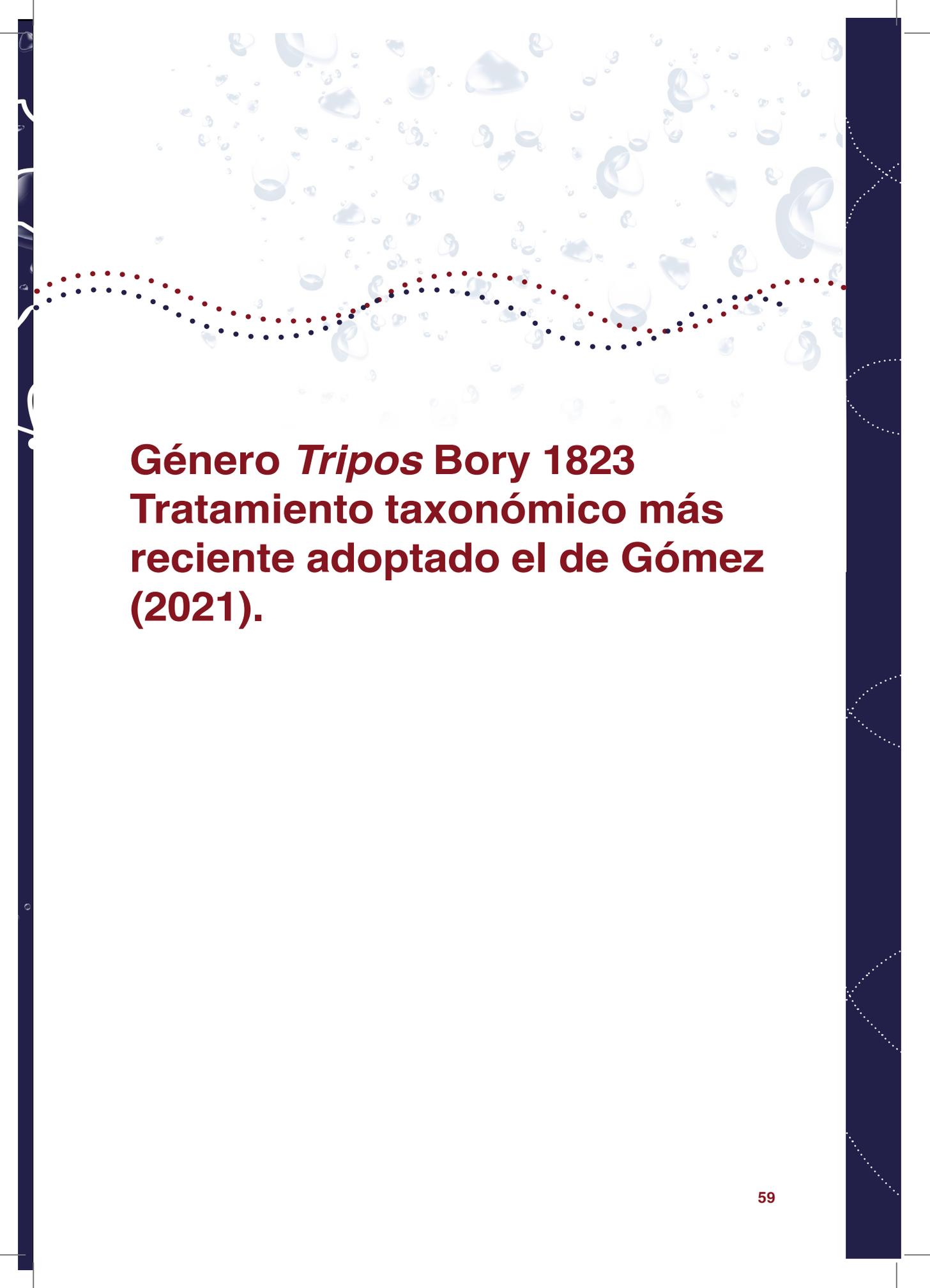


Figura 21. *Pyrophacus steinii*



The background features a light blue and white pattern of water droplets of various sizes. A decorative dotted line, composed of red and dark blue dots, curves across the upper portion of the page. The page is framed by dark blue vertical bars on the left and right sides, with white dotted lines on the right bar.

Género *Triplos* Bory 1823
Tratamiento taxonómico más reciente adoptado el de Gómez (2021).

***Triplos azoricus* (Cleve) F. Gómez 2013**
Bas.: *Ceratium azoricum* Cleve 1900.

Diagnosis

Especie pequeña, con cuernos cortos, los antapicales muy curvados, los tres cuernos tienden a ser paralelos. El segmento apical tiene una longitud menor con respecto al cuerpo, el borde antapical es convexo. Cíngulo poco marcado.

Material

Límite perimetral de la dársena Puerto Quetzal en Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W), Boya Texaco (13° 53' 43.292'' N, 90° 49' 55.685'' W) y canal de acceso Puerto Quetzal "Entre Morros" (13° 55' 7.53'' N, 90° 47' 15.835'' W).

Fenología

Marzo (Puerto Quetzal: Boya Texaco y Boya Recalada), abril y mayo (Puerto Quetzal: Boya Recalada), junio (Puerto Quetzal: Boya Texaco y Boya Recalada), septiembre, noviembre y diciembre (Puerto Quetzal: Boya Recalada).

Distribución

De acuerdo con Vidal y Lozano-Duque (2011) la distribución de esta especie es mundial. Graham (1942) la considera una especie tropical muy tolerante.

Ecología y toxicología

Los florecimientos causados por los dinoflagelados del género *Triplos* son comunes en algunas partes del mundo, como se ha documentado en México (Cortés-Altamirano y Nuñez-Pasten, 2000). No se ha confirmado su toxicidad (Vargas-Montero & Freer, 2004).

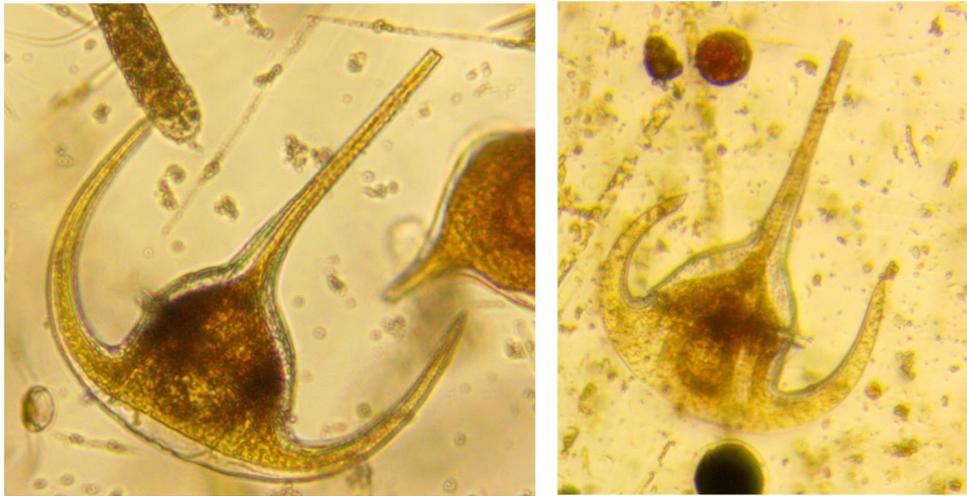


Figura 22. *Tripes azoricus*

***Triplos brevis* (Ostenfeld et Johannes Schmidt)**

F. Gómez 2021

Bas.: *Ceratium triplos* var. *breve* Ostenfeld & Johannes Schmidt 1901. Sin.: *Cerarium breve* (Ostenfeld et Johannes Schmidt) Schröder 1906.

Diagnosis

Esta especie se distingue por su cuerpo ancho, con un borde antapical aplanado e inclinado. Tiene un apical reducido y antapicales notablemente reducidos.

Material

Boya de Recalada (13° 54'25.409'' N y 90° 45'51.811'' W), Boya Texaco (13° 53'43.292'' N, 90° 49'55.685'' W).

Fenología

Enero, junio y agosto.

Distribución

Según Graham (1942), esta especie se clasifica como tropical y se encuentra comúnmente tanto en la zona del Atlántico como en la del Pacífico. En el Atlántico, se registró en todas las estaciones de muestreo dentro de la región cálida con una temperatura superficial del agua de 21.2°C. Las condiciones ambientales observadas *in situ* fueron: temperatura entre 12.5°C y 29.4°C, salinidad de 29.7 a 36.8, pH de 7.68 a 8.47 y concentraciones de fosfato que variaban de 2 a 189 mg P₀/m³.

Ecología y toxicología

Stemann-Nielsen (1934) señaló que las observaciones de Jorgensen (1920) indicaban la fototropía de esta especie. Durante el invierno, cuando la intensidad lumínica es baja, las especies de sombra emergen a la superficie para mantener una posición óptima con respecto a la luz. Aunque los autores coinciden en que las observaciones de Jorgensen apuntan a una respuesta fototrópica por parte del "*Ceratium* de invierno", no consideran que la migración vertical sea simplemente una reacción a la luz.

La migración vertical de *Ceratium* puede ser resultado de la inversión de la respuesta fototrópica, dependiendo de la condición fisiológica del organismo, como la asimilación de nutrientes inorgánicos u otras sustancias asociadas. Se postula que el organismo se vuelve positivamente fototrópico con la asimilación de estas sustancias, permaneciendo cerca de la superficie en invierno. Sin embargo, con la disminución de esta asimilación, el organismo se vuelve fototrópico negativo y desciende a niveles más profundos con mayor contenido de nutrientes.

Además, Steemann-Nielsen (1934) observó que todas las especies de sombra son oceánicas cálidas, no se encuentran en condiciones neríticas ni en aguas frías.

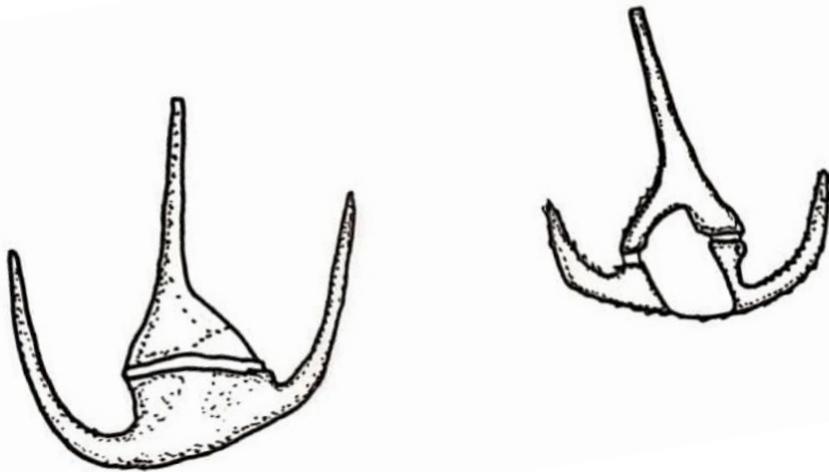


Figura 23. *Tripes brevis*

***Tripos candelabrum* (Ehrenberg 1860) F. Gómez 2013**
Bas.: *Peridinium candelabrum* Ehrenberg 1860
Sin.: *Ceratium candelabrum* (Ehrenberg 1860) F. Stein 1883.

Diagnosis

Cuerpo ancho, bajo, lado derecho hipoteca corto, longitud variable, forma cadenas. Material
Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W).

Fenología

Septiembre

Distribución

De acuerdo con Graham (1942), *C. candelabrum* se encontró en todas las regiones de aguas cálidas, independientemente del contenido de nutrientes del agua.

Ecología y toxicología

Se trata de una especie tropical común y poco tolerante, que no se limita únicamente a aguas tibias. Sus límites de distribución son paralelos a la isoterma superficial de 15°C extendiéndose en el Pacífico sudoriental frente a Japón y a lo largo de la costa occidental de América (Graham, 1942).

C. candelabrum es una especie común en aguas más cálidas, aunque su límite norte coincide con la isoterma superficial de 20°C en lugar de los 15°C como en el Pacífico. Es importante señalar que, en el Pacífico sudoccidental, así como en otras áreas del Pacífico, las latitudes alrededor de 40° están estrechamente alineadas con las isotermas superficiales de 15°C (Graham, 1942).

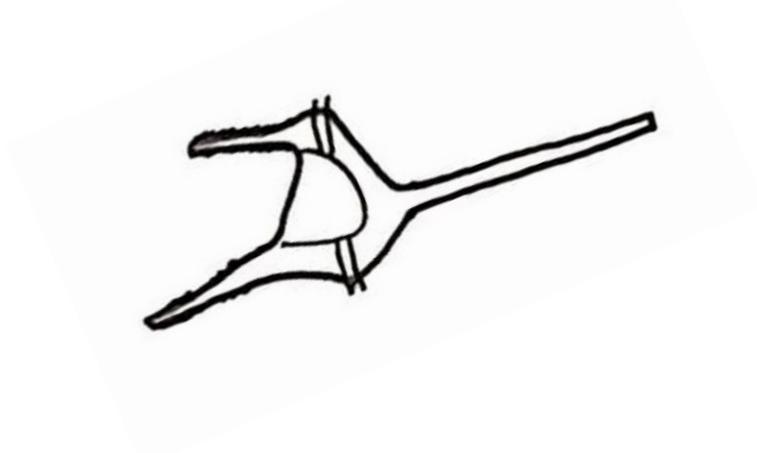


Figura 24. *Tripes candelabrum*

***Tripos dens* (Ostenfeld et Johannes Schmidt) F. Gómez 2013**

Bas.: *Ceratium dens* (Ostenfeld & Johannes Schmidt, 1901)

Diagnosis

El cuerpo es robusto y tiene forma triangular, con una epiteca ligeramente convexa. El cuerno apical es corto y recto. Los cuernos antapicales presentan una clara distinción: el izquierdo, más corto, es un rasgo distintivo de la especie, mientras que el derecho es más delgado, moderadamente alargado y de mayor tamaño, adelgazándose hacia la punta. Presenta un cingulo que está inclinado y puede encontrarse tanto en células solitarias como en cadenas de dos células. Una característica destacada de esta especie son sus cuernos antapicales que apuntan hacia afuera (Portillo-Cogollo et al., 2021).

Material

Límite perimetral de la dársena Puerto Quetzal en Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W), Boya Texaco (13° 53' 43.292'' N, 90° 49' 55.685'' W) y canal de acceso Puerto Quetzal "Entre Morros" (13° 55' 7.53'' N, 90° 47' 15.835'' W).

Fenología

Febrero (Boya Recalada); mayo (Boya Texaco) y noviembre (Boya Recalada y Boya Entre Morros).

Distribución

Tripos dens es una especie predominante en las aguas del Pacífico mexicano. También se ha localizado en la bahía de Valparaíso, Chile y en toda la región del Pacífico cálido (Cortés-Altamirano & Nuñez-Pasten, 2000). Se ha identificado en aguas cálidas y estuarinas, validando lo argumentado por Gómez (2021), también en sitios costeros y oceánicos. Por el contrario, Taylor (1976) la considera endémica en aguas templadas del océano Índico (Quintana-Manotas et al., 2021).

Ecología y toxicología

Esta especie ha sido recientemente señalada como responsable de mareas rojas (Cortés-Altamirano & Nuñez-Pasten, 2000). Estos episodios de florecimientos nocivos fueron predominantemente dominados o subdominados por esta especie, la cual ha sido asociada con la mortalidad de postlarvas de camarón (Alonso-Rodríguez et al. 2004).

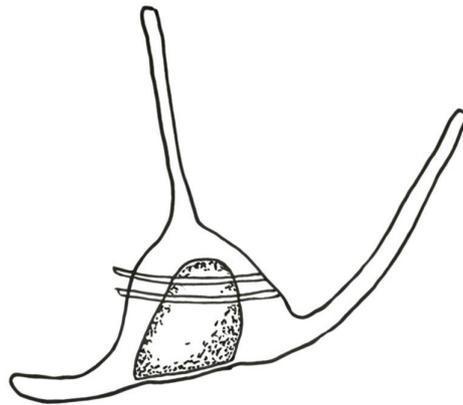
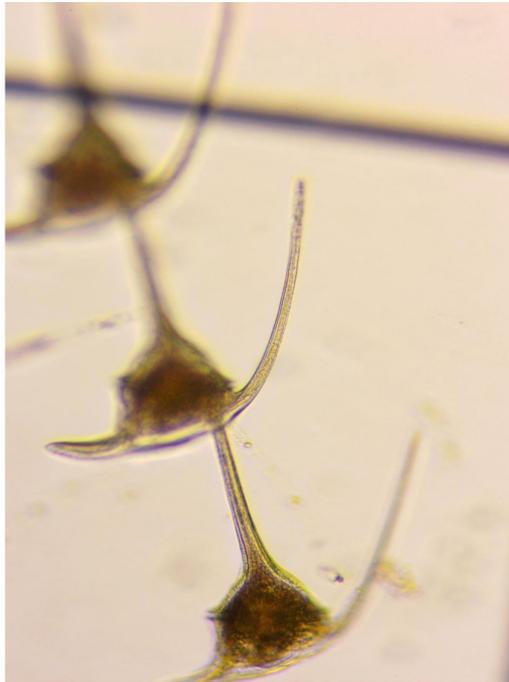


Figura 25. *Triplos dens*

***Tripos gracilis* (Pavillard) F. Gómez, 2013**

Bas.: *Ceratium declinatum* G. Karsten 1907.

Sin.: *Ceratium declinatum* (G. Karsten) Jörgensen 1911;
Tripos declinatus (G. Karsten) F. Gómez, nom. inval. 2013.

Diagnosis

La epiteca es muy asimétrica, con el lado izquierdo alineado con el cuerno apical, que generalmente es largo. Los cuernos antapicales tienen longitudes variables, pero el derecho nunca es más corto. El cíngulo es poco marcado.

Material

Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W) y canal de acceso Puerto Quetzal "Entre Morros" (13° 55' 7.53'' N, 90° 47' 15.835'' W).

Fenología

Marzo

Distribución

Especie tropical muy variable y poco tolerante, común en las regiones cálidas del Atlántico, el Pacífico cálido y el Pacífico sureste (Graham, 1942).

Ecología y toxicología

Es una especie muy pequeña, no muestra preferencia por el agua oligotrófica, se reportó en ambientes con registros que contenían menos de 10 mg P₀₄/m³. Steemann-Nielsen (1934) afirmó que *T. declinatum* es definitivamente una forma de superficie. Los registros de Carnegie muestran una disminución en la frecuencia con el aumento de la profundidad, pero de ninguna manera indican que la especie sea exclusivamente una forma de superficie, se reportó en el 25 por ciento de las muestras de superficie, pero también en el 21% de las muestras de 100 m (Graham, 1942).

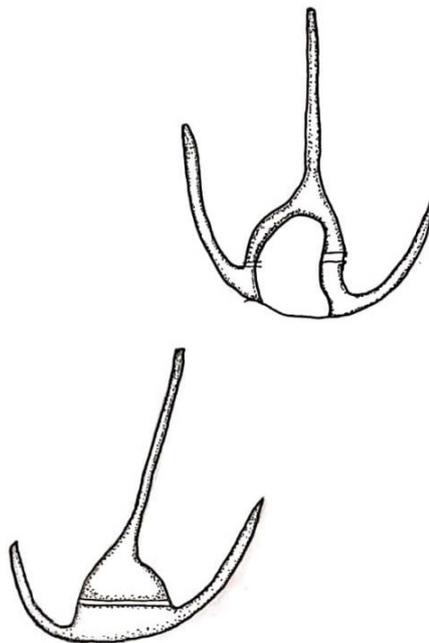
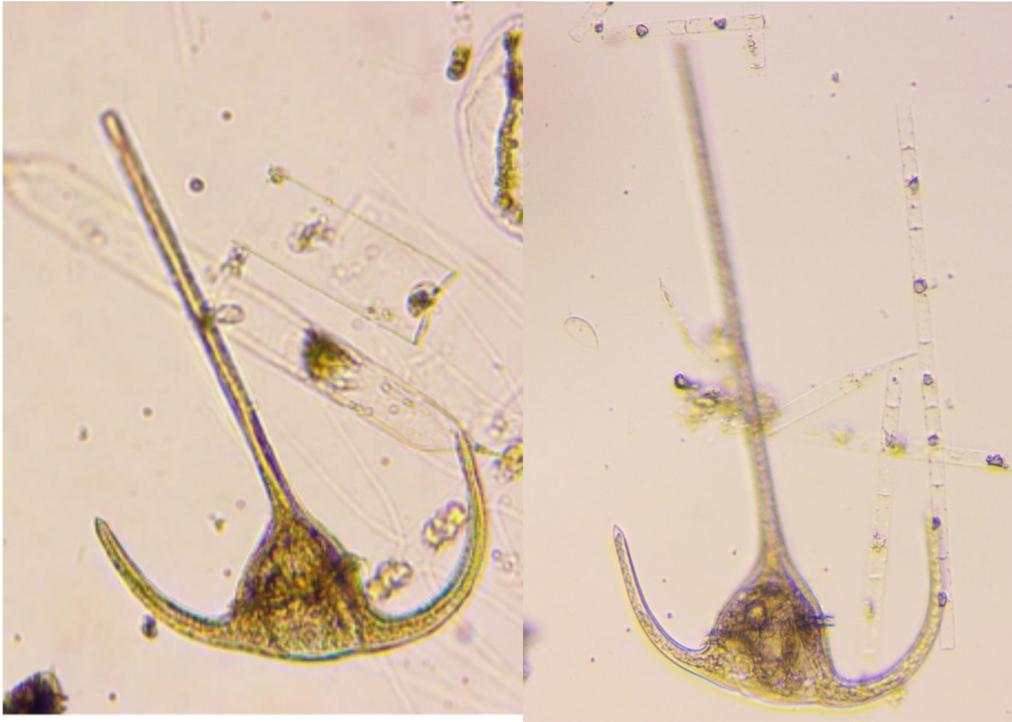


Figura 26. *Tripus gracilis*

***Tripos furca* (Ehrenberg) F. Gómez 2013**

Bas.: *Peridinium furca* Ehrenberg 1834.

Sin.: *Ceratium furca* (Ehrenberg) Claparède & J. Lachmann 1859.

Diagnosis

Cuerpo angosto y alargado, lados poco convexos, paredes robustas. Cíngulo bien marcado. Cuernos antapicales de longitud variable, el izquierdo poco desarrollado.

Material

Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W), Boya Texaco (13° 53' 43.292'' N, 90° 49' 55.685'' W) y canal de acceso Puerto Quetzal "Entre Morros" (13° 55' 7.53'' N, 90° 47' 15.835'' W).

Fenología

Presente durante todo el año de muestreo (enero a diciembre).

Distribución

Cosmopolita, se ha identificado alrededor del mundo (Hoppenrath et al., 2009).

Ecología y toxicología

En áreas con vegetación de manglar y sedimentos finos ricos en materia orgánica, así como en aguas someras, turbias y cálidas, se ha registrado la presencia de *T. furca* var. *furca*, conocida por desencadenar episodios de marea roja. Estos hábitats, caracterizados por una escasa circulación del agua que facilita la acumulación de materia orgánica, son propicios para el florecimiento de esta especie. Además, varios estudios han demostrado que condiciones como el aumento de la salinidad, la temperatura y la transparencia del agua favorecen el desarrollo de *T. furca* (Guerra-Martínez & Lara-Villa, 1996).

En el hemisferio norte, diversas especies de *Tripos*, como *T. hexacanthus* y *T. furca*, han sido identificadas para monitorear cambios regionales en la temperatura superficial del mar (Anderson et al., 2022).

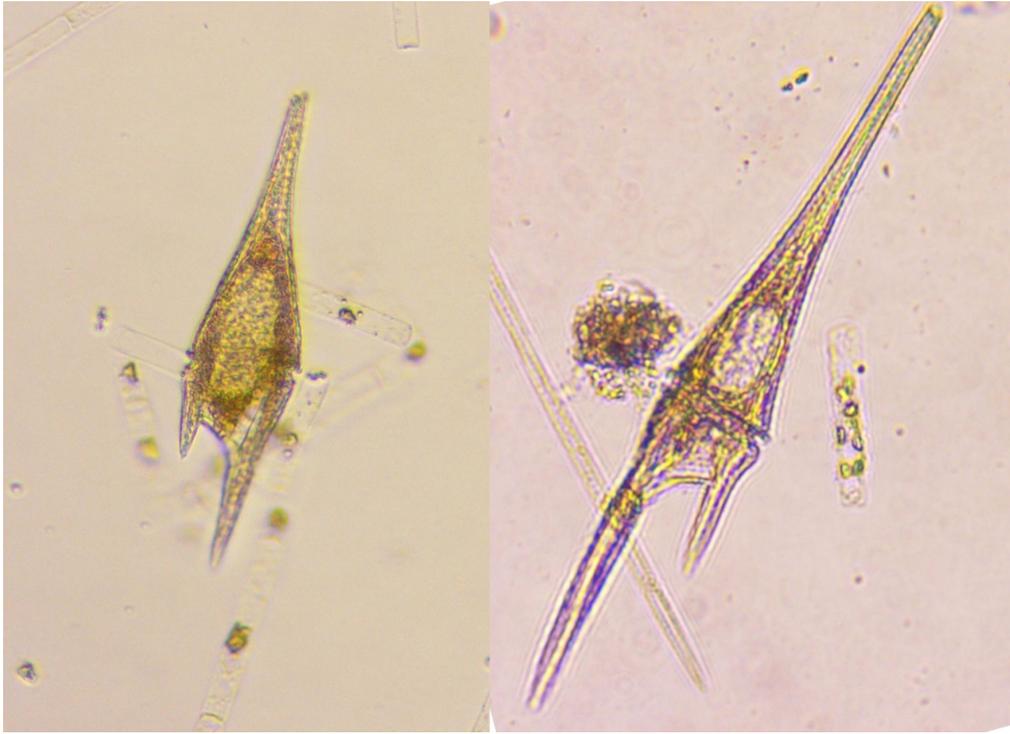


Figura 27. *Tripos furca*

***Triplos macroceros* (Ehrenberg) Hallegraef & Huisman 2020**

Bas.: *Peridinium macroceros* Ehrenberg 1841.

Sin.: *Ceratium macroceros* (Ehrenberg) Cleve 1899.

Diagnosis

El cuerpo de esta especie es de tamaño mediano y presenta un ángulo pronunciado hacia la izquierda en la unión entre la hipoteca y la epiteca. Los cuernos son delgados y de longitud moderada. Se distingue por la proyección de sus cuernos hacia atrás.

Material

Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W), Boya Texaco (13° 53' 43.292'' N, 90° 49' 55.685'' W) y canal de acceso Puerto Quetzal "Entre Morros" (13° 55' 7.53'' N, 90° 47' 15.835'' W).

Fenología

Enero, febrero, marzo.

Distribución

La especie en su conjunto es cosmopolita, una de las más comunes del género. Ha sido reportada en todas las estaciones de la cálida región del Pacífico, frente a California, el límite norte era igualmente abrupto, pero allí estaba por encima de los 40° de latitud norte, con una estación en la fría región del Pacífico Norte. En el Pacífico Sur en esta especie encontramos evidencia de la continuidad de las aguas más frías de todos los océanos australes (Graham, 1942).

Ecología y toxicología

T. macroceros se encuentra de manera bastante uniforme hasta los 100 m de profundidad, sin embargo, varios autores lo han reportado por encima de los 50 m (Graham, 1942).

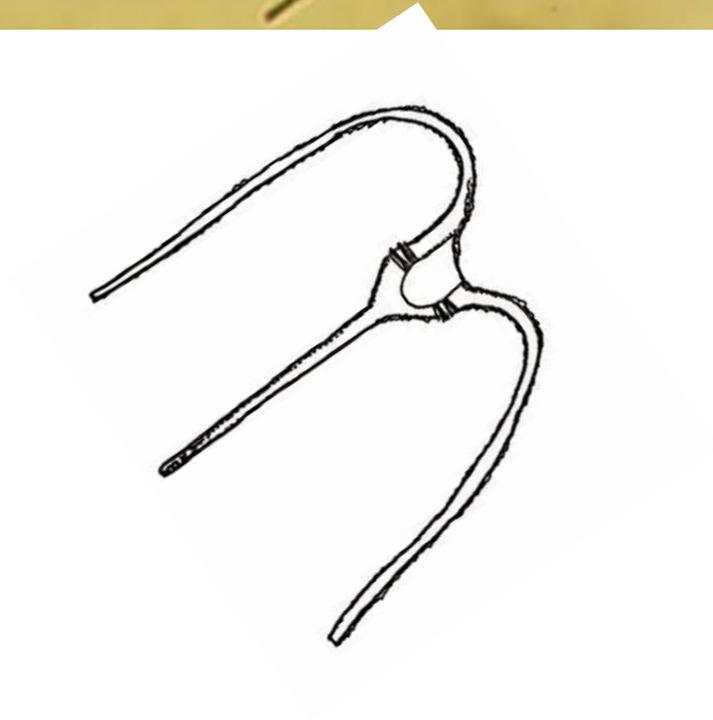


Figura 28. *Tripos macroceros*

***Tripos trichoceros* (Ehrenberg) F. Gómez 2013**

Bas.: *Peridinium trichoceros* Ehrenberg 1860. **Sin.:** *Ceratium trichoceros* (Ehrenberg) Kent 1881

Diagnosis

Esta especie tiene un cuerpo pequeño, más alto que ancho, con una forma recta y oblicua y presenta en el ángulo izquierdo una membrana transparente. El cingulo no está excavado. Los cuernos son largos, finos y lisos. Los cuernos antapicales son muy característicos, formando una curva amplia y regular hacia atrás y alcanzando la misma altura, para luego doblarse hacia adelante, creando una forma paralela. El cuerno apical es largo y recto, con su máxima amplitud asociada a la porción proximal de los cuernos antapicales.

Material

Boya de Recalada (13° 54'25.409'' N y 90° 45'51.811'' W)

Fenología

Marzo

Distribución

Esta especie se considera tropical y muy extendida, con una característica distintiva de cuernos ampliamente expandidos que se disponen paralelamente en sus partes distales. Su forma tiende a ser bastante constante, aunque se ha observado una tendencia a incrementar su diámetro en aguas más frías o neríticas. Se ha documentado su amplia distribución en aguas cálidas del Pacífico, lo que confirma su naturaleza tropical (Graham, 1942).

Ecología y toxicología

T. trichoceros exhibe cuernos antapicales doblados y alineados a la misma altura, una característica que coincide con la descripción original de Ehrenberg (1860) de *Peridinium trichoceros*. Sin embargo, esta característica a veces conduce a confusiones con especies del subgénero *Biceratium* e incluso con miembros de la sección *Macroceros*, que han demostrado autotomía (Gómez, 2021). La variabilidad morfológica de esta especie ha resultado en errores en su identificación y se encuentra principalmente en aguas neríticas (Quintana-Manotas et al., 2021).

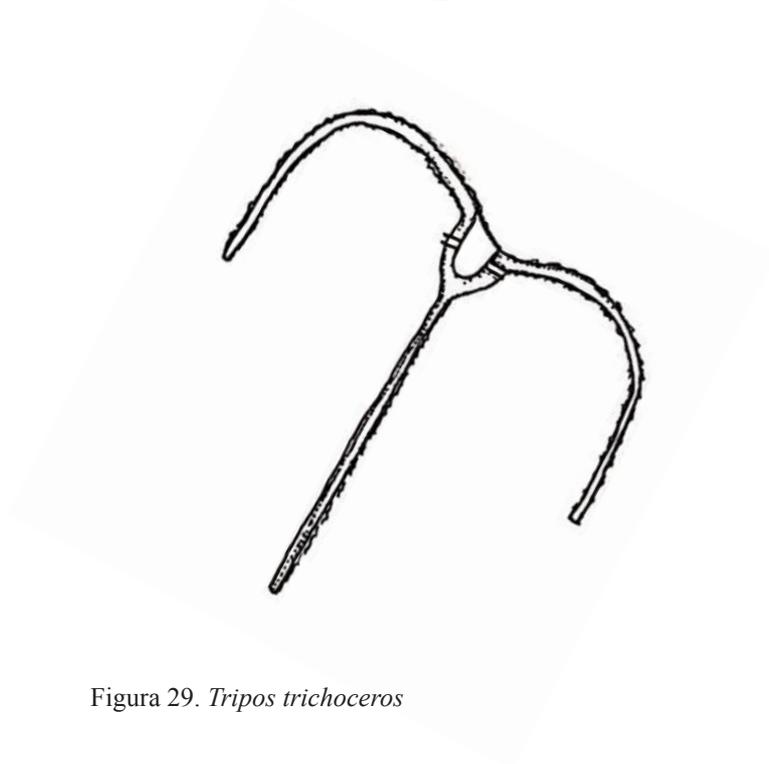


Figura 29. *Tripus trichoceros*

***Tripos vultur* (Cleve) F. Gómez 2013**
Bas.: *Ceratium vultur* Cleve 1900.

Diagnosis

Esta especie se caracteriza por tener cuernos gruesos. El cuerno antapical derecho dirigido hacia adelante, con leves ondulaciones a poca distancia del cuerno apical, mientras que el cuerno antapical izquierdo se extiende de recto hacia atrás. La longitud del cuerno apical es variable y depende de la posición en la cadena.

Material

Canal de acceso Puerto Quetzal “Entre Morros” (13° 55' 7.53" N, 90° 47' 15.835" W)

Fenología

Enero

Distribución

Caribe mexicano (Merino-Virgilio et al., 2013), Pacífico mexicano (Okolodkov & Gárate-Lizárraga, 2006; Torres-Ariño et al., 2019). Especie de distribución mundial (Gómez, 2012).

Ecología y toxicología

T. vultur es una especie que exhibe una marcada variabilidad en sus características, lo que puede ocasionar confusiones durante su proceso de identificación. Según los registros, esta especie tiene una distribución principalmente tropical y se halla restringida a áreas de aguas cálidas y oligotróficas, como lo documentó Graham en 1942.

De acuerdo con Hallegraeff y colaboradores (2020), *T. vultur* se desenvuelve en un rango de temperatura que oscila entre 15 y 30 °C; se caracteriza por su intolerancia al frío y su distribución se considera generalizada.

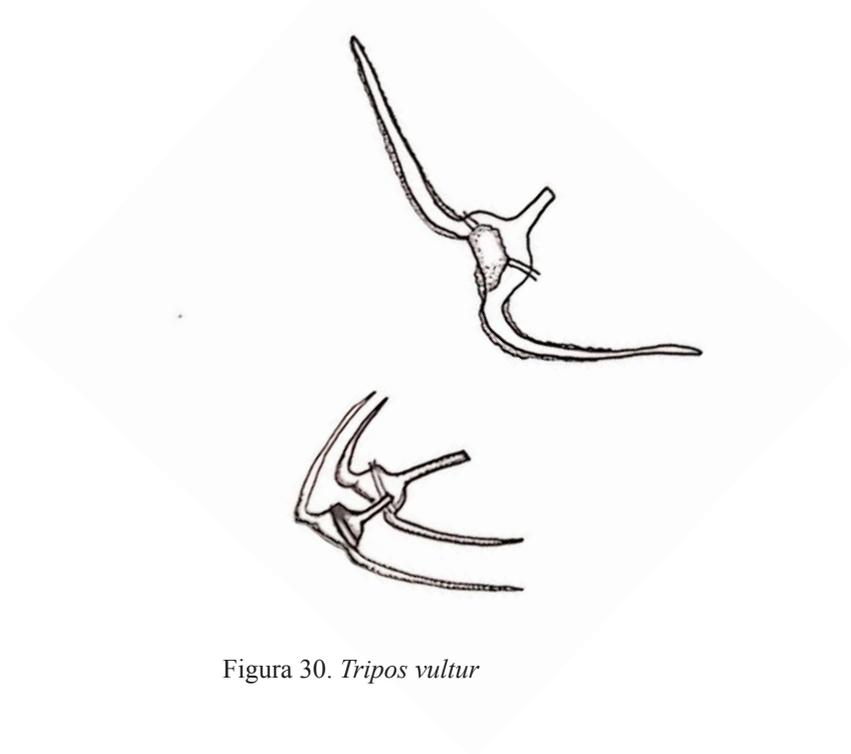
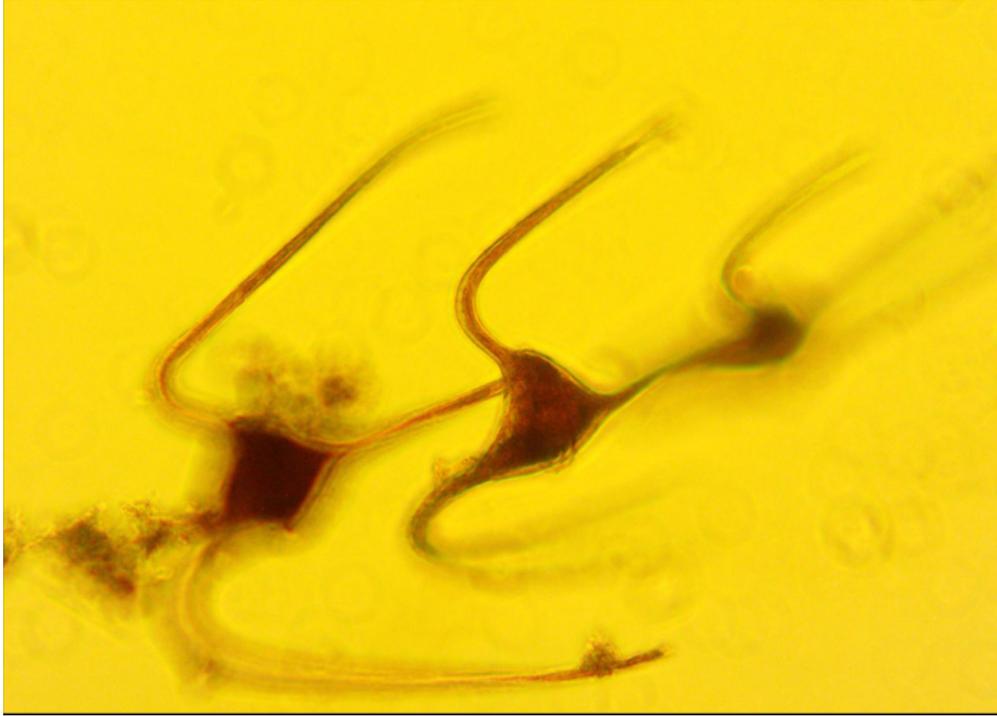


Figura 30. *Tripes vultur*

***Tripos fusus* (Ehrenberg) F. Gómez 2013**

Bas.: *Peridinium fusus* Ehrenberg 1834.

Sin.: *Ceratium fusus* (Ehrenberg) Claparède & Lachmann 1859

Diagnosis

Hipoteca y epiteca muestran longitudes similares, con los cuernos apical y antapical izquierdos generalmente rectos o ligeramente curvados. La epiteca se estrecha hacia su extremo formando el cuerno apical, mientras que la hipoteca exhibe un cuerno antapical izquierdo largo y curvado, que se reduce hacia la punta y es notablemente más largo que el cuerno apical. Por otro lado, el cuerno antapical derecho aparece reducido debido a su proximidad al cingulo. En términos generales, los cuernos antapical y apical tienen longitudes similares y curvaturas comparables. No se observa engrosamiento en los bordes ni curvaturas pronunciadas en sus extremos.

Material

Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W), Boya Texaco (13° 53' 43.292'' N 90° 49' 55.685'' W) y canal de acceso Puerto Quetzal "Entre Morros" (13° 55' 7.53'' N 90° 47' 15.835'' W).

Fenología

Presente durante todo el año de muestreo (enero a diciembre).

Distribución

Es una especie cosmopolita muy extendida. Los datos para el Pacífico sur muestran un aumento de tamaño en condiciones neríticas.

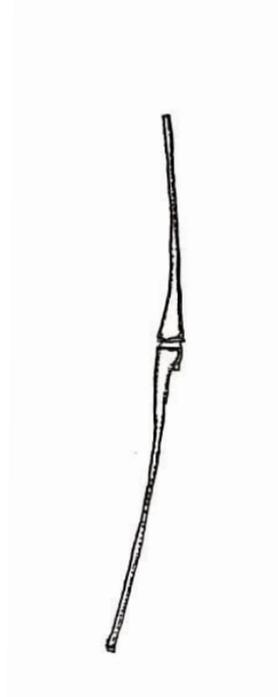
Ecología y toxicología

Los datos recolectados por Graham (1942) revelaron una marcada disparidad estadística en las formas de crecimiento de *T. fusus* en diferentes zonas de vida. Es evidente que los especímenes provenientes de regiones de agua fría presentaban un diámetro considerablemente mayor que aquellos de zonas de agua cálida, como se refleja tanto en los valores medios como en los extremos. Sin embargo, la longitud no exhibió una correlación similar. Mientras que los ejemplares del Atlántico cálido mostraron la mayor longitud promedio, los del Pacífico cálido tuvieron la menor. Se anticipa que un análisis morfológico más detallado de esta especie arroje luz sobre los problemas taxonómico- ecológicos involucrados.

Es posible que *T. fusus* no se desarrolle en gran medida en aguas oligotróficas. Dado que esta especie es cosmopolita, se ha encontrado en una amplia variedad de condiciones ambientales. Las temperaturas superficiales en las estaciones donde se encontró variaron de 7.2°C a 29.5°C. Las condiciones ambientales in situ fueron: temperatura de 21°C a 29.5°C; salinidad de 32 a 37 ppm; pH de 7.71 a 8.37; fosfato de 4 a 209 mg P₀₄/m³ (Graham, 1942).



Figura 31. *Tripos fusus*



***Tripos longirostrum* (Gourret) Hallegraeff & Huisman 2020**
Bas.: *Ceratium longirostrum* Gourret 1883.

Diagnosis

Especie larga, de epiteca cónica muy alargada que parece una sola el cuerpo y el cuerno. La epiteca es más larga que la hipoteca. Antapical derecho es muy corto, parece atrofiado.

Material

Canal de acceso Puerto Quetzal “Entre Morros” (13° 55' 7.53" N, 90° 47' 15.835" W).

Fenología

Mayo

Distribución

Área tropical en zonas oligotróficas, preferencia de aguas cálidas (Graham, 1942).

Ecología y toxicología

Es una especie reportada a temperaturas superficiales entre 22°3 a 29°3 C; salinidad: 34.4 a 36.6; pH: 8.14 a 8.37; fosfato: 5 a 36 mg PO_4/m^3 . *T. longirostrum* no sólo se encuentra en aguas cálidas alejadas de la tierra, sino que a menudo se encuentra en aguas pobres en nutrientes, es considerado una especie de superficie (Graham, 1942).

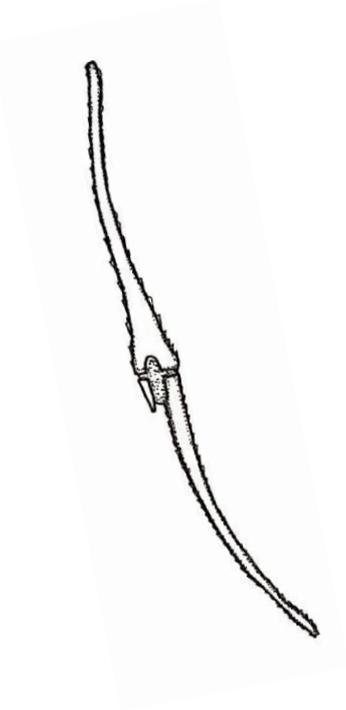


Figura 32. *Tripos longirostrum*

***Triplos muelleri* Bory 1826**

Sin.: *Ceratium triplos* (O.F. Müller) Nitzsch 1817

Diagnosis

Los cuernos están generalmente bien desarrollados, con un borde antapical con inclinación y no convexo, que a menudo presenta cierta irregularidad. El cuerno apical es recto, de mediana longitud e inclinado hacia la derecha. Los cuernos antapicales son delgados y cortos, orientados en dirección opuesta al cuerpo y curvados hacia adelante. El cíngulo está claramente definido y presenta una inclinación. La especie es polimórfica (Portillo-Cogollo et al., 2021).

Material

Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W), Boya Texaco (13° 53' 43.292'' N 90° 49' 55.685'' W) y canal de acceso Puerto Quetzal "Entre Morros" (13° 55' 7.53'' N 90° 47' 15.835'' W).

Fenología

Abril, mayo, junio, septiembre y noviembre

Distribución

Cosmopolita (Balech, 1988; Graham, 1942; Lee et al., 2014).

Ecología y toxicología

En 2013 se produjo un cambio de género de *Ceratium* a *Triplos*. En este contexto, el mismo autor determinó que la especie *C. triplos* fue reemplazada por *T. muelleri* al ser designada como la especie tipo del nuevo género. Además, Balech (1988) señala que esta especie se encuentra comúnmente en aguas costeras y oceánicas de regiones cálidas, siendo considerada cosmopolita en aguas cálidas y capaz de desarrollar biomasa a pequeña escala en un período de tiempo específico.

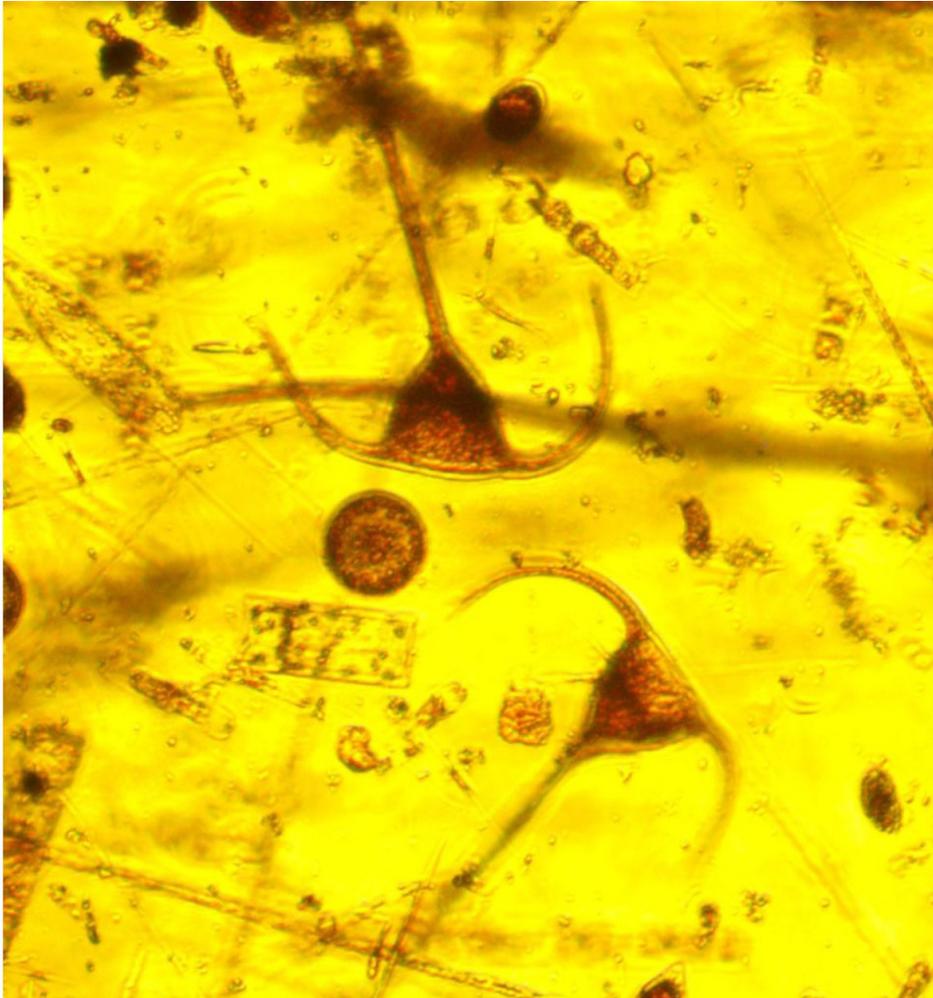


Figura 33. *Triplos muelleri*

***Triplos massiliensis* (Gourret) F. Gómez 2021**
Bas.: *Ceratium tripos* var. *massiliense* Gourret 1883.

Diagnosis

El cuerpo celular es corto y robusto. Los cuernos son gruesos y robustos, con espinas pronunciadas en la parte convexa de los antapicales. Los cuernos antapicales son bastante divergentes, con el izquierdo destacándose más allá del borde del cuerpo. El cíngulo está inclinado y el núcleo es visible.

Material

Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W), Boya Texaco (13° 53' 43.292'' N 90° 49' 55.685'' W) y canal de acceso Puerto Quetzal "Entre Morros" (13° 55' 7.53'' N 90° 47' 15.835'' W).

Fenología

Abril (Boya Texaco y Boya Entre Morros); junio (Boya Recalada y Boya Entre Morros) y septiembre (Boya Texaco y Boya Recalada).

Distribución

Amplia distribución a nivel mundial, cosmopolita (Graham, 1942).

Ecología y toxicología

Triplos massiliensis es una de las especies más variables y difíciles del género. La especie en su conjunto, es una de las más comunes. Es una especie tropical muy tolerante que puede ser desplazada por las corrientes. Se ha reportado en el Atlántico en la región cálida y fría siendo la más septentrional frente a Irlanda, donde la temperatura de la superficie era de 12°4 C. En el Pacífico se encontró continuamente en las regiones cálidas. Se ha clasificado a *T. massiliensis* como una especie de superficie. La especie se encontró con una frecuencia decreciente a medida que aumentaba la profundidad (Graham, 1942).

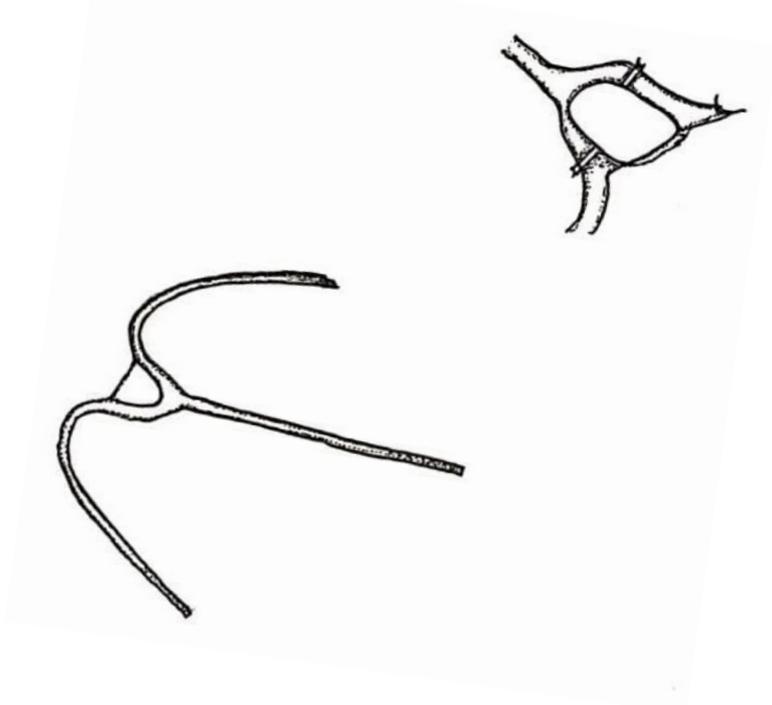
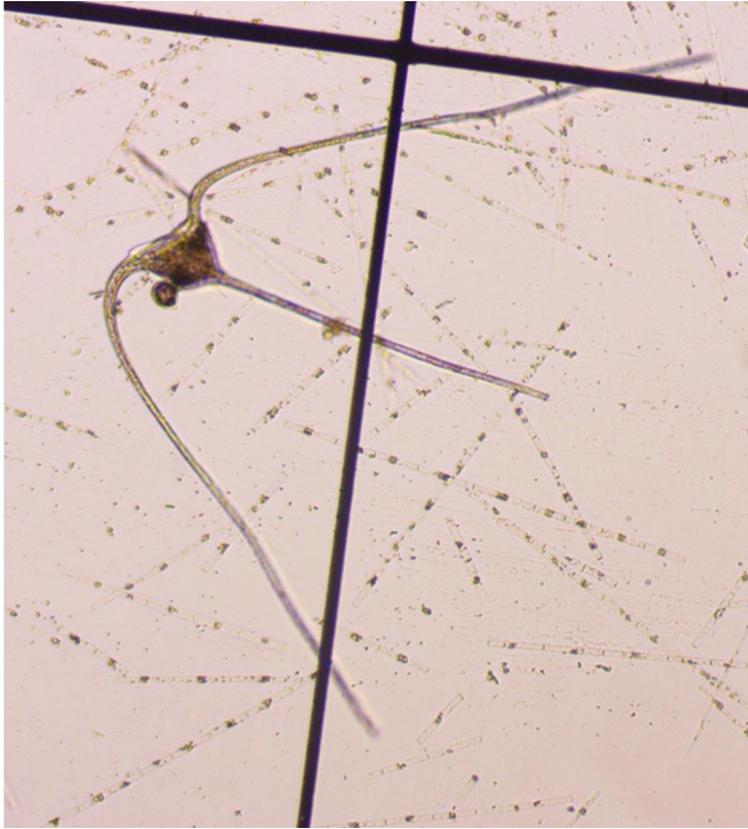
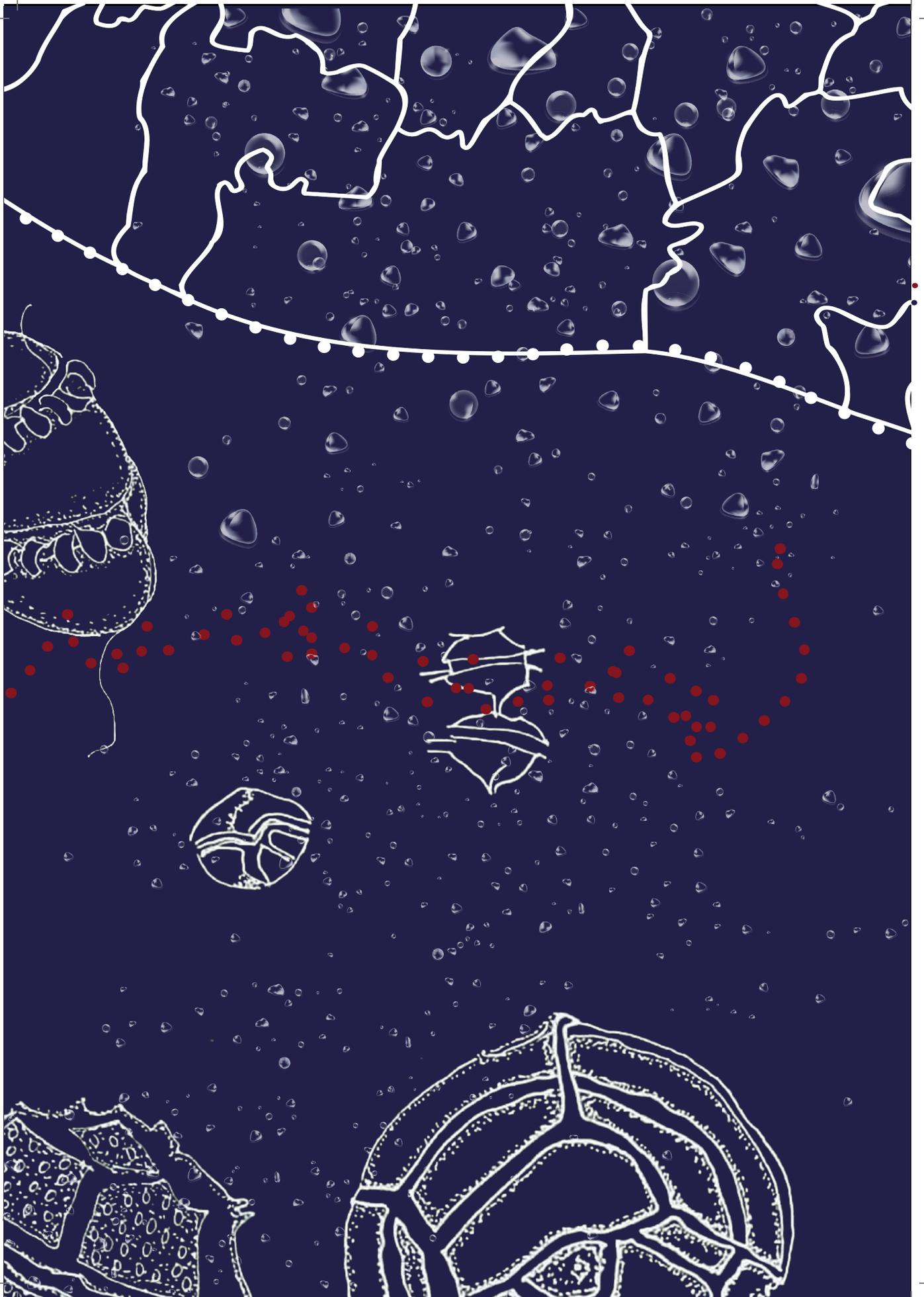


Figura 34. *Triplos massiliensis*



Orden Prorocentrales Lemmermann 1910

Diagnosis

Su rasgo distintivo es la presencia de una teca bivalva, aplastada bilateralmente. Cada valva es una placa completa. Las dos placas valvares tienen presencia de poros en su mayoría oblicuos, notables, algunas veces son densos y definidos. La célula tiene el área periflagelar en su ápice, de donde emergen dos flagelados. Sin sulco y sin presencia de cingulo. Con cloroplastos. La mayoría de los *Prorocentrum* tienen un pirenoide central, un núcleo posterior y vacuolas anteriores, las células a menudo tienen zonas megacíticas, contornos alterados y superficies con marcas de las tecas con suturas (Cohen-Fernández et al., 2006; Steidinger & Jangen, 1997).

Género *Prorocentrum* Ehrenberg 1833

***Prorocentrum gracile* Schütt 1895**

Diagnosis

Es una célula piriforme, alargada, posteriormente termina en punta, muy parecida a *P. micans*, pero le dobla en largo en el tamaño. Las valvas tienen poros pocos profundos y con una espina anterior larga y alada que se encuentra en el área periflagelar.

Material

Puerto Quetzal, Puerto San José, Sipacate, Tecojate, El Semillero y Las Lisas. Fenología
Presente durante todo el año de muestreo (enero a diciembre).

Distribución

En todo el Pacífico mexicano (Hernández-Becerril et al., 2000).

Ecología y toxicología

Durante los meses de agosto a octubre de 1991, se registró un significativo reporte de intoxicación paralizante por consumo de moluscos (PSP) en las localidades de Manzanillo y Guayacán, situadas en la costa noroeste de la Isla de Margarita, Venezuela. Este brote fue desencadenado por la proliferación de tres especies de dinoflagelados: *Prorocentrum gracile*, *Gymnodinium catenatum* y *Alexandrium tamarense*. Como consecuencia de esta proliferación, los niveles de saxitoxina, la toxina responsable de PSP, en los mejillones (*Perna perna*) sobrepasaron los límites permitidos, alcanzando niveles de hasta 2548 µg STX/100g de carne en Manzanillo y de hasta 1422 µg STX/100g de carne en Guayacán.

Es importante destacar que el nivel máximo permitido es de 80 µg STX/100g de carne. La mayor incidencia de intoxicaciones se observó en agosto, cuando 24 personas manifestaron síntomas característicos de PSP después de consumir mejillones cocidos. Durante este episodio, la especie dominante en el florecimiento tóxico fue *P. gracile*, según lo reportado por Barbera-Sánchez y colaboradores (2004).

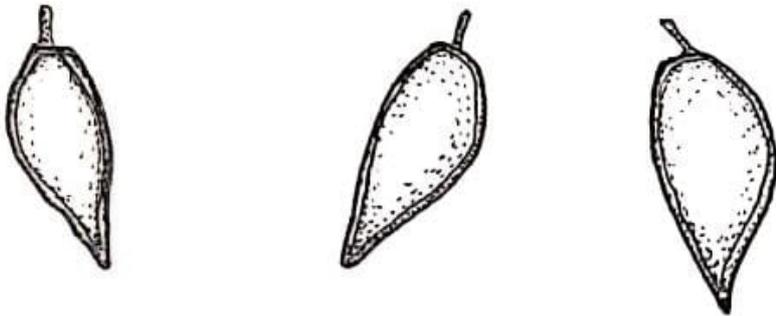
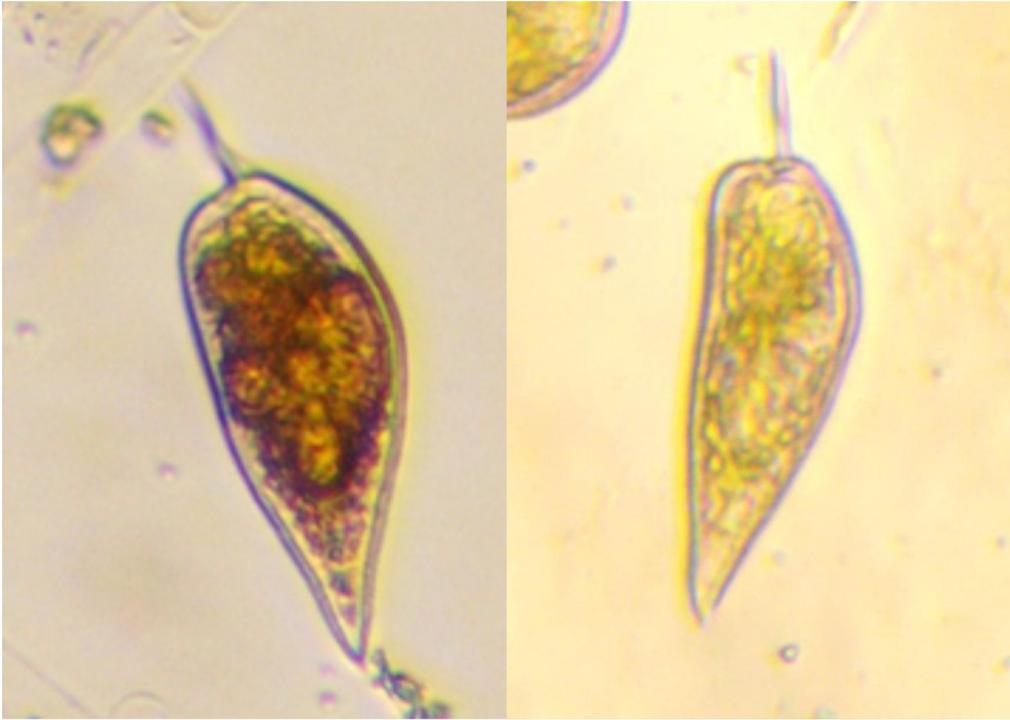


Figura 35. *Prorocentrum gracile*

***Prorocentrum micans* Ehrenberg 1933**

Diagnosis

Células con tallas de pequeñas a medianas, varían de forma esferoides a piriformes en la vista valvar.

Material

Puerto Quetzal, Puerto San José, Sipacate, Tecojate, El Semillero y Las Lisas.

Fenología

Presente durante todo el año de muestreo (enero a diciembre).

Distribución

Esta especie se considera cosmopolita, aunque está ausente en la Antártida. Se encuentra tanto en aguas neríticas como oceánicas, aunque su presencia es más frecuente en las primeras. Balech (1988) señala que esta especie puede causar coloración del agua. Es común en diversas regiones del mundo, según lo indicado por Hoppenrath y colaboradores (2009).

En la región de la Convergencia Austral, se observa principalmente durante el verano, con un rango de temperatura entre 14.4°C y 26.1°C y una salinidad de 32.7 ‰ a 37‰. Durante el invierno, su presencia es más notoria en la misma región, con temperaturas entre 12.9°C y 21.4°C y salinidad entre 26.5 ‰ y 36.6 ‰. En la región de la Corriente del Sur de México y Guatemala, se registra a temperaturas de 17.7°C a 21.4°C y una salinidad de 33.1‰ a 36.6 ‰. Balech (1988) indica que *P. micans* está ampliamente distribuido en aguas cálidas, siendo más común en aguas neríticas que oceánicas.

Ecología y toxicología

El ácido okadaico (AO) y la dinofisistoxina-1 (DTX1) son tipos de toxinas producidas por los géneros *Prorocentrum* y *Dinophysis*. Estas toxinas pueden acumularse en los tejidos de los moluscos que se alimentan filtrando el agua, lo que puede representar un peligro para los humanos que consumen estos moluscos. En un estudio realizado en una zona de cultivo de moluscos en Santa Catarina, Brasil, se investigó la presencia de AO y DTX1 en dos especies de dinoflagelados del género *Prorocentrum*. Utilizando una técnica de análisis llamada cromatografía líquida de alta resolución con derivatización precolumna y detección de fluorescencia, se determinó que las cepas aisladas de *P. micans* y *P. obtusum* Ostenfeld 1908 no producían AO ni DTX1. Estos hallazgos sugieren que estos organismos no deben considerarse como productores de toxinas asociadas al síndrome de intoxicación amnésica (ASP) en la región (Proença et al., 1999).

Se llevó a cabo una investigación sobre las interacciones entre *P. micans* y la diatomea céntrica colonial *Skeletonema costatum*, así como entre *P. micans* y *K. mikimotoi*, con el objetivo de determinar si la alelopatía de microalgas desempeña un papel en la regulación de la secuencia de floraciones nocivas en estas especies. Este estudio reveló que *P. micans* inhibió

de manera significativa el crecimiento de *S. costatum* cuando se inoculó a dos densidades celulares diferentes. Del mismo modo, en presencia de bajas densidades de *K. mikimotoi* y altas densidades de *P. micans*, se observó una estimulación débil de *P. micans* (Ji et al., 2011).

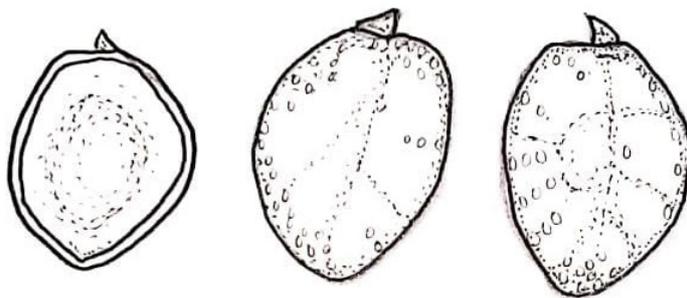


Figura 36. *Prorocentrum micans*

***Tryblionella compressa* (Bailey) Poulin 1990**

Bas.: *Pyxidicula compressa* Bailey 1851.

Sin.: *Prorocentrum compressum* (Bailey) T.H. Abé & J.D. Dodge 1975.

Diagnosis

Es una célula ovada, comprimida en vista lateral, con dos espinas cortas en el área periflagelar, las valvas tienen poros y depresiones no muy profundas. Las paredes generalmente son delgadas, poco espesas, poroides pequeños, poros de distribución irregular.

Material

Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W) y canal de acceso Puerto Quetzal "Entre Morros" (13° 55' 7.53'' N, 90° 47' 15.835'' W).

Fenología

Septiembre y noviembre

Distribución

La especie es cosmopolita y se encuentra distribuida ampliamente desde la convergencia antártica hasta aguas templadas tropicales, abarcando tanto ambientes neríticos como oceánicos, con una preferencia destacada por aguas subantárticas. Es dominante en estas regiones (Balech, 1988). Aunque no es muy común en el Golfo de California, se ha registrado en el Pacífico mexicano (Hernández-Becerril et al., 2000).

Según Steidinger y Jangen (1997), esta especie se encuentra en un rango de temperatura que va desde 19°C hasta -1.76°C. Balech (1988) la ha observado en el Océano Atlántico Sudoccidental, principalmente entre los 32°S y el límite sur de la Convergencia Antártica, mostrando preferencia por aguas subantárticas con temperaturas de 11-6°C, aunque ocasionalmente se encuentra en temperaturas superiores a 15°C, a diferencia de lo observado en este estudio. Balech también notó una mayor abundancia de la especie en estaciones con salinidad entre 33.7 ‰ y 34.2 ‰.

Ecología y toxicología

Con el propósito de investigar la dinámica de interacción entre el ambiente marino, los dinoflagelados y la actividad de ficotoxinas, se llevó a cabo un estudio en Bahía Concepción, ubicada en el Golfo de California. Durante los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre de 1993, se realizaron mediciones de variables fisicoquímicas del agua y se tomaron muestras de fitoplancton y almeja catarina.

El análisis cualitativo y cuantitativo del fitoplancton reveló la presencia predominante de especies potencialmente tóxicas, como *Dinophysis caudata*, *Ceratium furca*, *Prorocentrum micans* y *P. compressum*, especialmente durante los picos de máxima abundancia de dinoflagelados.

La comparación de estos datos con las condiciones ambientales, incluyendo temperatura, oxígeno disuelto y concentraciones de nutrientes, sugiere que el inicio de la estratificación vertical del agua y la escasez de nutrientes fueron factores clave que propiciaron la proliferación de estas especies al comienzo de la primavera de 1993 (Morquecho-Escamilla, 1996).

Utilizando la metodología estándar para la determinación de toxinas paralíticas (bioensayo en ratón), se detectó actividad tóxica en las muestras de almeja catarina durante los meses de marzo y junio, con niveles que excedían el límite máximo permisible para el consumo humano de moluscos, establecido en 400 Unidades de Ratón (UR). Estos hallazgos coincidieron con la presencia de especies fitoplanctónicas potencialmente tóxicas en el área de estudio. Además, se plantea la posibilidad de la presencia de toxinas diarreicas y ciguatoxinas, dado que se identificaron especies relacionadas en el área de muestreo (Morquecho-Escamilla, 1996).

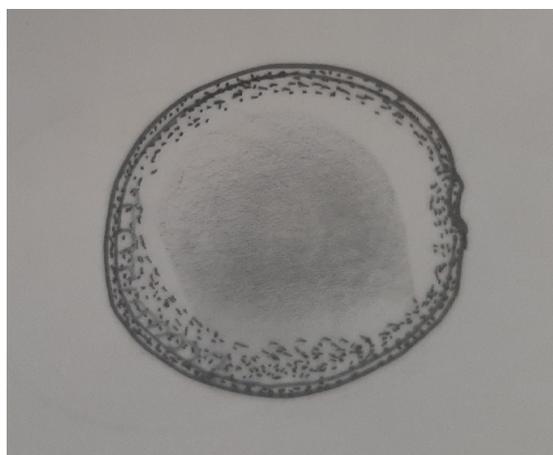
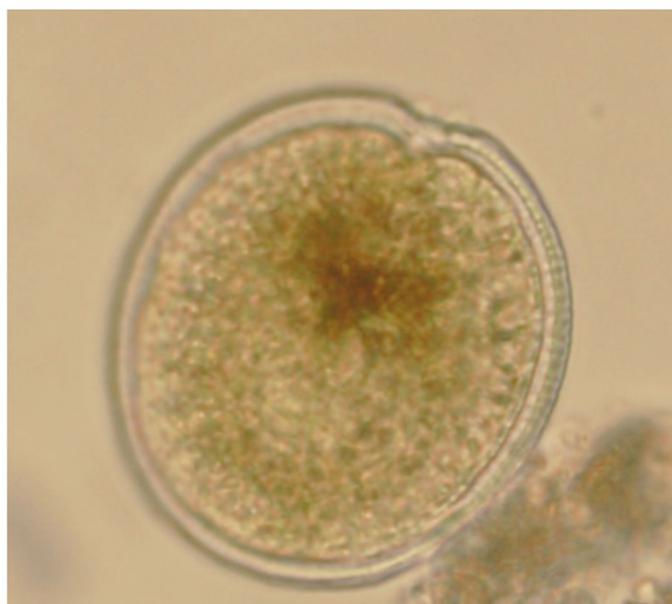


Figura 37. *Tryblionella compressa*

***Prorocentrum scutellum* B. Schröder 1900**

Sin.: *Prorocentrum robustum* Osorio-Tafall 1942

Diagnosis

Las células son ovadas, semicirculares, con ambos márgenes redondeados. Tiene el extremo anterior ligeramente excavado, tiene una espina anterior prominente, alargada y alada.

Material

Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W) y canal de acceso Puerto Quetzal "Entre Morros" (13° 55' 7.53'' N 90° 47' 15.835'' W).

Fenología

Septiembre

Distribución

La especie ha sido citada tanto en la Corriente del Sur de México y Guatemala como en el Archipiélago Canario en ambos cruceros, mostrando una amplia variación de temperatura entre 12.2°C y 26.3°C y salinidad de 26.5 ‰ a 37.9 ‰. Aunque ocasionalmente puede ser confundida con *P. compressum*, por lo general se distingue claramente debido a su forma cordiforme y la presencia de proyecciones apicales asimétricas, siendo una de ellas notablemente más ancha en la base. Esta especie se considera nerítica o estuarina, con una distribución que abarca desde el Ártico hasta aguas tropicales (Steidinger & Jangen, 1997).

Ecología y toxicología

En un estudio de fitoplancton llevado a cabo en la bahía de İzmit entre 1999 y 2000, se reportó un denso florecimiento ocasionado por el dinoflagelado *Prorocentrum scutellum* en la parte este de la bahía. Durante este evento, se sugirió que la abundancia de *P. scutellum* alcanzó las 2.4×10^6 células por litro y se observó una marcada decoloración del agua. Los resultados de este estudio resaltaron la alta eutrofización de la bahía, la cual fue corroborada por otro estudio llevado a cabo entre febrero de 1999 y septiembre

de 2000, que señaló la presencia intensa de dinoflagelados, principalmente del género *Prorocentrum*.

En septiembre de 1999, se reportó que *P. scutellum* fue la especie dominante, alcanzando aproximadamente las $\sim 410 \times 10^3$ células por litro en la parte este de la bahía. Además de *P. scutellum*, otras especies comunes de *Prorocentrum*, como *P. micans* y *P. cordatum*, conocidas por ser potencialmente nocivas, fueron identificadas durante el estudio. Se registraron un total de 14 especies de fitoplancton consideradas tóxicas y nocivas en la bahía de İzmit.

Los autores también mencionaron la ocurrencia de mareas rojas causadas por especies de *Prorocentrum* en algunos períodos, pero no se registraron otros florecimientos de algas nocivas durante el período de estudio (Taş et al., 2016).

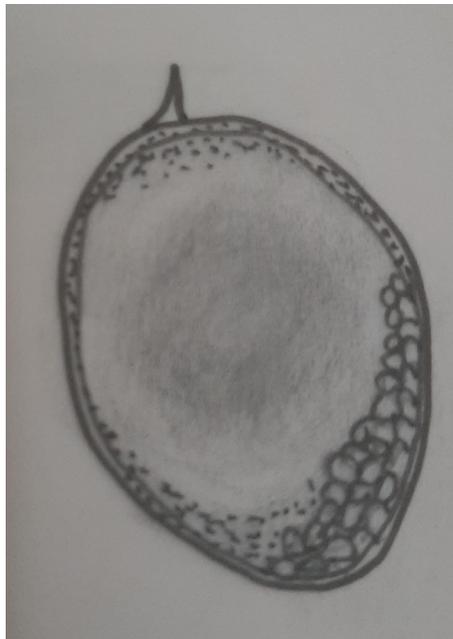
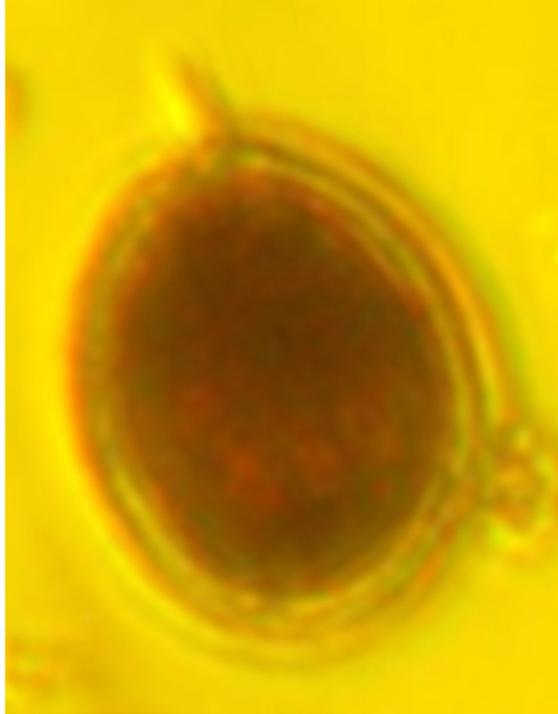


Figura 38. *Prorocentrum scutellum*

***Prorocentrum rostratum* F. Stein 1883**

Diagnosis

Célula de tamaño mediana, más larga que ancha (aproximadamente 6 veces su grosor en altura). Tiene un perfil curvo en vista de valva. El extremo posterior es puntiagudo y con depresiones profundas y poros.

Material

Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W) y canal de acceso Puerto Quetzal "Entre Morros" (13° 55' 7.53'' N, 90° 47' 15.835'' W).

Fenología

Noviembre

Distribución

Esta especie se observa en las regiones de la Convergencia Austral y en la Corriente del Sur de México y Guatemala durante el verano, donde las temperaturas oscilan entre 14.5°C y 26.2°C y la salinidad varía entre 33.1‰ y 37.0 ‰. Sin embargo, en la Convergencia Austral su presencia se limita al invierno, con temperaturas entre 13.2°C y 20.3°C y una salinidad de 34.6 ‰ a 36.5 ‰. Se trata de una especie nerítica y propia de aguas cálidas, con una distribución amplia (Steidinger y Jangen, 1997).

Ecología y toxicología

Pitcher y colaboradores (2010) llevaron a cabo una evaluación de la región de mayor afloramiento frente a la Península del Cabo. Durante esta investigación, observaron que la población estaba confinada dentro de la corriente en chorro de Benguela, lo que resultó en el transporte del florecimiento hacia el norte a lo largo del borde de la plataforma. Encontraron una dominancia de un florecimiento compuesto por *Prorocentrum rostratum* y *P. gracile*.

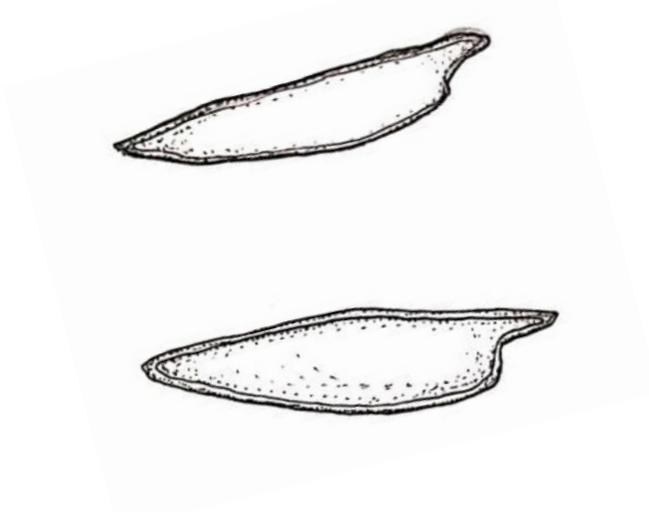
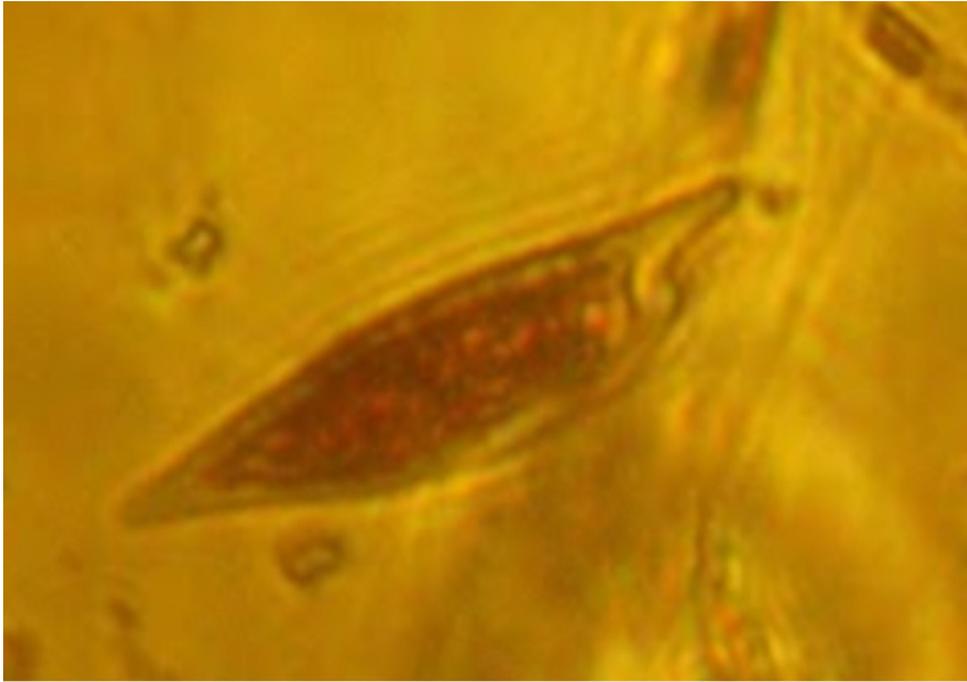


Figura 39. *Prorocentrum rostratum*

***Prorocentrum mexicanum* Osorio-Tafall 1942**

Diagnosis

Células asimétricas, ovaladas. El polo anterior es levemente cóncavo. Las valvas son lisas. Los poros están organizados de 6 a 8 filas y en disposición de 3 a 6, dispuestos radialmente y perpendiculares al margen posterior de la valva. No hay poros en la parte central de la valva. Tiene una depresión localizada en el área periflagelar en forma de V.

Material

Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W) y canal de acceso Puerto Quetzal "Entre Morros" (13° 55' 7.53'' N, 90° 47' 15.835'' W).

Fenología

Noviembre

Distribución

Se han encontrado florecimientos ocurriendo en algunos puntos del Golfo de California y también en Acapulco (Hernández-Becerril et al., 2000). Bahía de Mazatlán (Cortés- Altamirano & Sierra-Beltrán, 2003).

Ecología y toxicología

Naves y colaboradores (2006) observaron la actividad hemolítica en ratones utilizando extractos de *P. mexicanum* en su investigación sugieren la presencia de citotoxinas con mecanismo de acción similar al ácido okadaico o maitototoxina, sin embargo, se necesita más trabajo necesario para su confirmación.

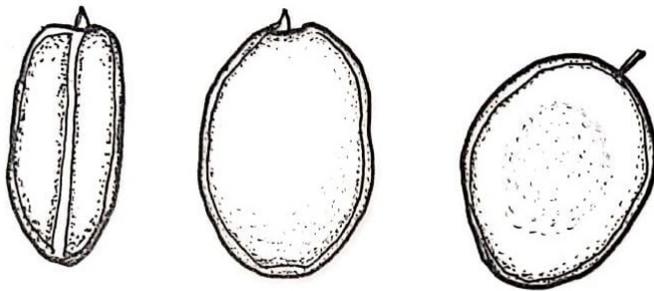
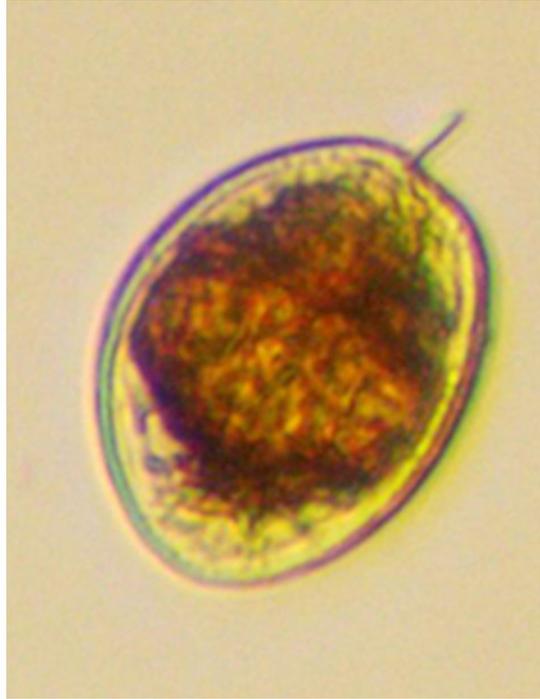
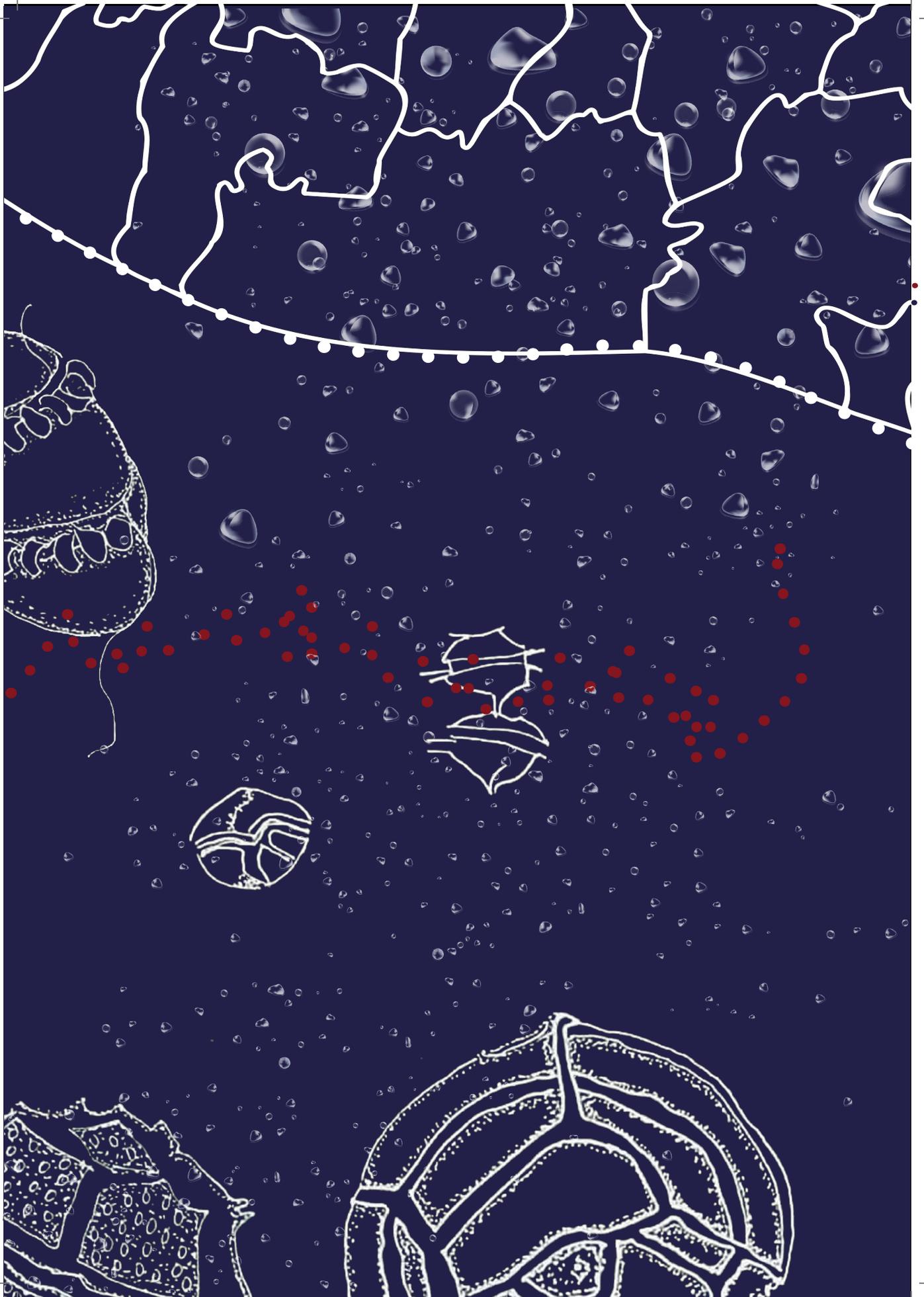


Figura 40. *Prorocentrum mexicanum*



Orden *Dinophysiales* Lindermann 1928 Género *Dinophysis* Ehrenberg 1839

Diagnosis

El género *Dinophysis* muestra una considerable variación en su morfología, incluso entre individuos de la misma morfoespecie, con desarrollos distintos según la región geográfica. En una misma área, se han registrado significativas diferencias intraespecíficas en tamaño y forma celular, las cuales podrían estar relacionadas con cambios morfológicos durante la mitosis o división vegetativa, distintas etapas del ciclo de vida, o con estados temporales posteriores a la ingesta de una presa (Reguera, 2003).

Se ha comprobado la existencia de variaciones en tamaño y forma tanto en cultivos de laboratorio, utilizando organismos aislados por micromanipulación, como en muestreos intensivos de campo realizados en ciclos de 24 horas. La presencia de formas pequeñas e intermedias en todas las especies estudiadas a menudo plantea dudas en su clasificación taxonómica (Reguera, 2003).

La teca generalmente está comprimida lateralmente y se divide en tres áreas: epiteca, cingulo e hipoteca. El sulco se encuentra en el margen ventral. La epiteca, aunque su desarrollo varía, es más corta y aplanada en comparación con la hipoteca. El cingulo está limitado por membranas anterior y posterior (Reguera, 2003).

***Dinophysis acuminata* Claparède & Lachmann 1859**

Diagnosis

Es una especie pequeña a mediana, de forma ovalada o elíptica. Tiene un perfil posterior redondeado, con un surco izquierdo desarrollado, el cual es profundo. La superficie posee areolas, con un poro dispuesto en cada una. Posee marcas superficiales que ayuda a distinguir la especie. El cingulo presenta una marcada concavidad dorsal, con una aleta cingular anterior notablemente desarrollada, que carece de costillas, pero a veces exhibe una escultura irregular. El sulco izquierdo es notablemente más corto en comparación con la hipoteca (Ojeda, 1988).

Material

Límite perimetral de la dársena Puerto Quetzal en Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W).

Fenología

Noviembre

Distribución

Esta especie tiene una amplia distribución en aguas templadas y frío-templadas del océano Índico, Pacífico (costa oeste de EEUU, sur de Chile, Japón, Tasmania, Nueva Zelanda) y del Atlántico (Uruguay, Argentina, Suráfrica), incluyendo toda la costa europea, donde constituye la especie más abundante del género (Reguera, 2003).

Ecología y toxicología

La intoxicación diarreica por mariscos (DSP) es un síndrome de salud humana de alcance global, principalmente causado por dinoflagelados del género *Dinophysis*, aunque en casos menos frecuentes puede estar asociado con el dinoflagelado bentónico *Prorocentrum lima*. *Dinophysis* spp. son conocidos por sintetizar ácido okadaico (OA) y dinofisistoxinas (DTX) las principales toxinas responsables de la DSP, así como pectenotoxinas (PTX), las cuales, aunque no están directamente vinculadas con la DSP, pueden ser hepatotóxicas y promover la formación de tumores en mamíferos.

Aunque la DSP es común en regiones de Europa, América del Sur y Asia, América del Norte experimentó pocos casos relacionados con *Dinophysis* antes de 2008, siendo la mayoría de estos eventos registrados en Canadá. Sin embargo, en los últimos años, América del Norte ha observado un aumento en las floraciones de *Dinophysis*, lo que ha llevado a la detección de mariscos con niveles de toxinas DSP que superan los límites de acción establecidos por la USFDA (160 ng g⁻¹ de tejido de mariscos).

Un estudio realizado en Sudáfrica que empleó compuestos marcados con ¹⁵N, encontró que las comunidades dominadas por *D. acuminata* tienen una alta afinidad por el amonio lo que podría otorgarles una ventaja competitiva en aguas con bajos niveles de nitratos. Sin embargo, el único estudio que investigó los efectos de los nutrientes en la producción de ácido okadaico y sus derivados reportó resultados contradictorios para las dos especies de *Dinophysis* estudiadas.

A pesar de la revisión más completa y reciente sobre la ecología de *Dinophysis*, que se enfocó únicamente en la fagotrofia como su modo principal de nutrición y no encontró evidencia sobre la capacidad para utilizar nutrientes directamente, Todavía es necesario llevar a cabo más investigaciones para entender cómo los nutrientes afectan el crecimiento y la toxicidad de *Dinophysis*.

Hattenrath-Lehmann y colaboradores (2015) llevaron a cabo un estudio entre los años 2008 y 2012, en el cual evaluaron la dinámica de *D. acuminata*, así como las toxinas asociadas (ácido okadaico, dinofisistoxinas-1 y pectenotoxinas) y los nutrientes en dos estuarios eutróficos. Para investigar los efectos de los nutrientes (orgánicos e inorgánicos, que contienen nitrógeno y fósforo) en la abundancia y toxicidad de *D. acuminata*, realizaron experimentos de enmienda de nutrientes utilizando comunidades naturales de plancton de estos dos sistemas. Además, llevaron a cabo análisis de regresión gradual para examinar la relación entre *Dinophysis* y sus toxinas con varios parámetros ambientales y utilizaron matrices de correlación para explorar la relación entre *Dinophysis* y otros miembros de la comunidad de fitoplancton durante los experimentos.



Figura 41. *Dinophysis acuminata*

Dinophysis caudata Saville-Kent 1881

Diagnosis

Especie de tamaño mediano a grande, las células a menudo se presentan en pares, unidas dorsalmente. La forma dorsal es curvada, el margen ventral en el perfil lateral es generalmente recto a lo largo del cuerpo principal. En su superficie se observan areolas. El cingulo es cóncavo. Vista desde abajo, el cuerpo aparece bastante estrecho, con lados casi paralelos y la mayoría de veces ligeramente convexos.

Material

Límite perimetral de la dársena Puerto Quetzal en Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W), Boya Texaco (13° 53' 43.292'' N, 90° 49' 55.685'' W) y canal de acceso Puerto Quetzal "Entre Morros" (13° 55' 7.53'' N, 90° 47' 15.835'' W).

Fenología

Todo el año (de enero a diciembre)

Distribución

Esta especie, de distribución cosmopolita, se encuentra principalmente en aguas neríticas, aunque también se observa ocasionalmente en aguas oceánicas y costeras tropicales, subtropicales y cálidas a templadas del Mar Caribe, océanos Pacífico (incluyendo California, México, Costa Rica, Perú, Chile, Tailandia, Japón y Australia), Índico (como en India, Mozambique y Madagascar) y Atlántico (abarcando Brasil, Uruguay, Marruecos y la Península Ibérica), así como en el Mar Arábigo y el Golfo Pérsico. Es común en el Mediterráneo y se observa estacionalmente (principalmente a finales del verano y principios del otoño) en la costa Atlántica y el Mar Cantábrico de la Península Ibérica (Reguera, 2003).

Ecología y toxicología

En el estudio de Marasigan y colaboradores (2001) sobre la intoxicación diarreaica por mariscos (DSP), se identificaron toxinas en las células naturales de *Dinophysis caudata*, las cuales se producen en bajas densidades en aguas ambientales. Los resultados sugieren la posibilidad de que la DSP ocurra en áreas tropicales cuando los organismos causantes, como *D. caudata*, estén presentes en alta densidad.

El estudio también revela que durante un florecimiento de *D. caudata* que comenzó en febrero y marzo, con una densidad de 1000 a 1500 céls./l se acumuló un alto nivel de toxinas DSP en *Perna viridis*. Este florecimiento alcanzó su máxima densidad en julio (2800 céls./l), disminuyendo en agosto por debajo de 500 céls./l, aunque un pequeño número de células se observó hasta diciembre. Esta proliferación provocó una escasez de alimentos debido a la severa diarrea causada por el envenenamiento. Estos hallazgos, junto con los resultados de la investigación, resaltan la importancia de monitorear este tipo de intoxicaciones por consumo de mariscos tropicales para las toxinas DSP, enfocándose especialmente en la presencia de *D. caudata*.

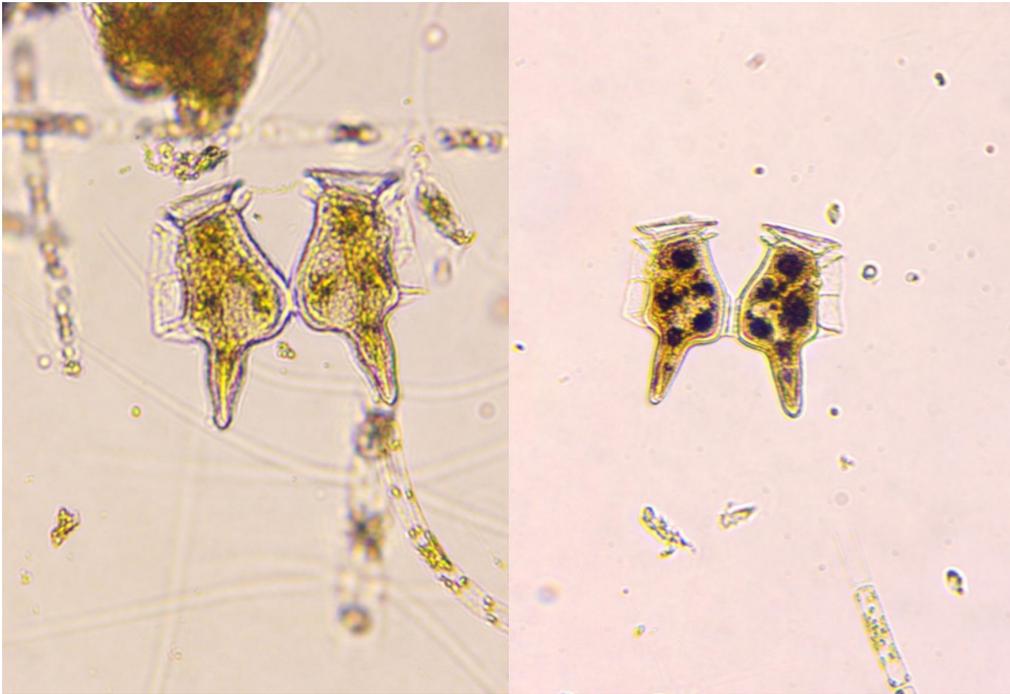
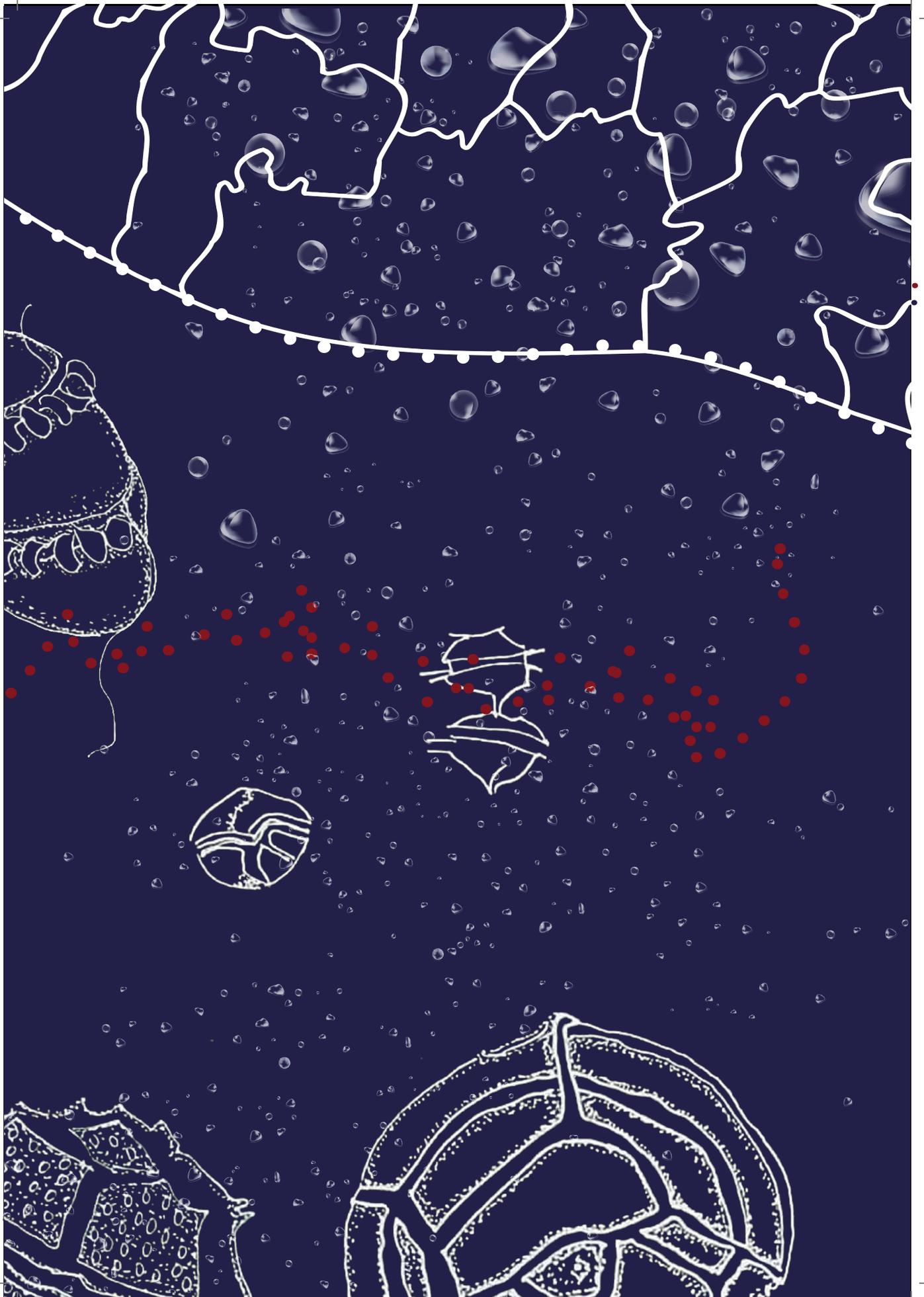


Figura 42. *Dinophysys caudata*



Orden Noctilucales Haeckel 1894

Género *Noctiluca* Suriray 1836

Diagnosis

Estos organismos son grandes y presentan formas que varían de esféricas a piriformes. En los adultos, las tecas no son visibles. El sulco termina en un desarrollado flagelo, que muestra estriaciones transversales. El flagelo longitudinal es corto, mientras que el flagelo transversal se reduce a un diente móvil. La masa nuclear se localiza cerca del sulco. Estos organismos no son fotosintéticos y son incoloros, aunque presentan glóbulos de aceite fluorescente dispersos (Meave del Castillo & Zamudio-Resendiz, 2009).

***Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid & Swezy 1921 Bas.: *Medusa scintillans* Macartney 1810.**

Diagnosis

Es una célula vegetativa de gran tamaño, de forma subesférica que presenta un flagelo y un tentáculo estriado. El flagelo se encuentra ubicado en un surco ventral conectado al citostoma. El citoplasma de esta célula es vacuolado y puede contener simbiontes fotosintéticos, aunque carece de cloroplastos. Durante su fase trofante, el protoplasma se caracteriza por estar altamente vacuolado y la célula está atravesada por filamentos protoplasmáticos fibrilares conocidos como mionemas que mejoran su capacidad de contracción.

Las células de *Noctiluca*, que pueden llegar a ser grandes (hasta 2000 micras) y tienen una forma redondeada, presentan una característica de invaginación conocida como “bolsa oral”. Dentro de esta bolsa se encuentra un tentáculo largo distintivo, acompañado de un flagelo emergente, un citostoma permanente, un orgánulo de bastón y un diente saliente cuya función aún no se comprende completamente. El núcleo se localiza cerca del citostoma formando una acumulación (Soyer, 1972; Cachon y Cachon, 1969).

Material

Canal de acceso Puerto Quetzal “Entre Morros” (13° 55' 7.53" N, 90° 47' 15.835" W).

Fenología

Noctiluca scintillans tuvo un florecimiento en noviembre de 2020 y enero a marzo de 2021 (hasta $1,20 \times 10^6$ céls./l).

Distribución

Abundante, cosmopolita, forma florecimientos densos en el verano entre mayo y agosto, (Hoppenrath et al., 2009). La especie produce altas concentraciones celulares con intensas descoloraciones; pueden ser bioluminiscentes y pueden acumular una alta concentración de amonio, volviéndose tóxicos. Esta especie es nerítica y planctónica (Sweeney, 1963).

Ecología y toxicología

A diferencia de muchas otras especies, carecen de cloroplastos, por lo que su nutrición es holozoica. Esta especie se alimenta vorazmente de cualquier partícula que pueda ingerir, aunque las partículas grandes, como las cadenas de diatomeas, las células *Tripos* o los huevos de copépodos, pueden distorsionar la forma de sus células.

Noctiluca scintillans también puede alimentarse de manera social, donde muchas células excretan una red mucosa para atrapar y eliminar partículas de la columna de agua, incluyendo bacterias que son recolectadas de manera muy eficiente por este método. Esto significa que *Noctiluca scintillans* no solo puede tener un impacto significativo en las poblaciones de fitoplancton y zooplancton, sino también en las poblaciones bacterianas.

Algunas células de esta especie pueden albergar un endosimbionte prasinofito fotosintético, lo que permite que el consorcio viva fototróficamente durante muchas generaciones en cultivo. Además, se han observado bacterias intracelulares en algunas células de *Noctiluca scintillans*. La bioluminiscencia es una característica notable de la mayoría de las poblaciones de esta especie, aunque hay excepciones.

Por último, es capaz de almacenar altas concentraciones de amoníaco dentro de sus células. Esto puede llevar a su concentración en la superficie del mar en cantidades masivas, dando lugar a una espectacular coloración azul-verdosa de grandes áreas del océano. Este fenómeno puede tener un impacto significativo en las pesquerías ya sea debido al agotamiento de oxígeno cuando las células se descomponen, o por la liberación de amoníaco desde la célula como señalaron Hoppenrath y colaboradores (2009) y Gomes colaboradores (2014).

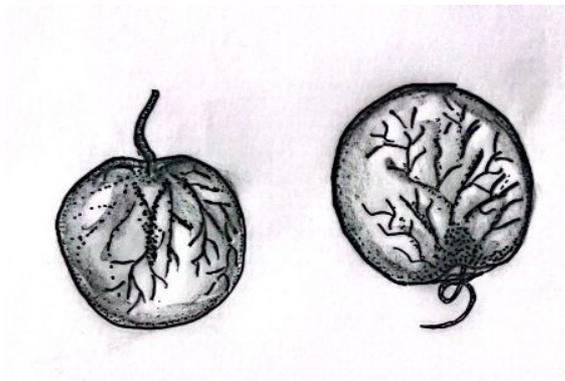
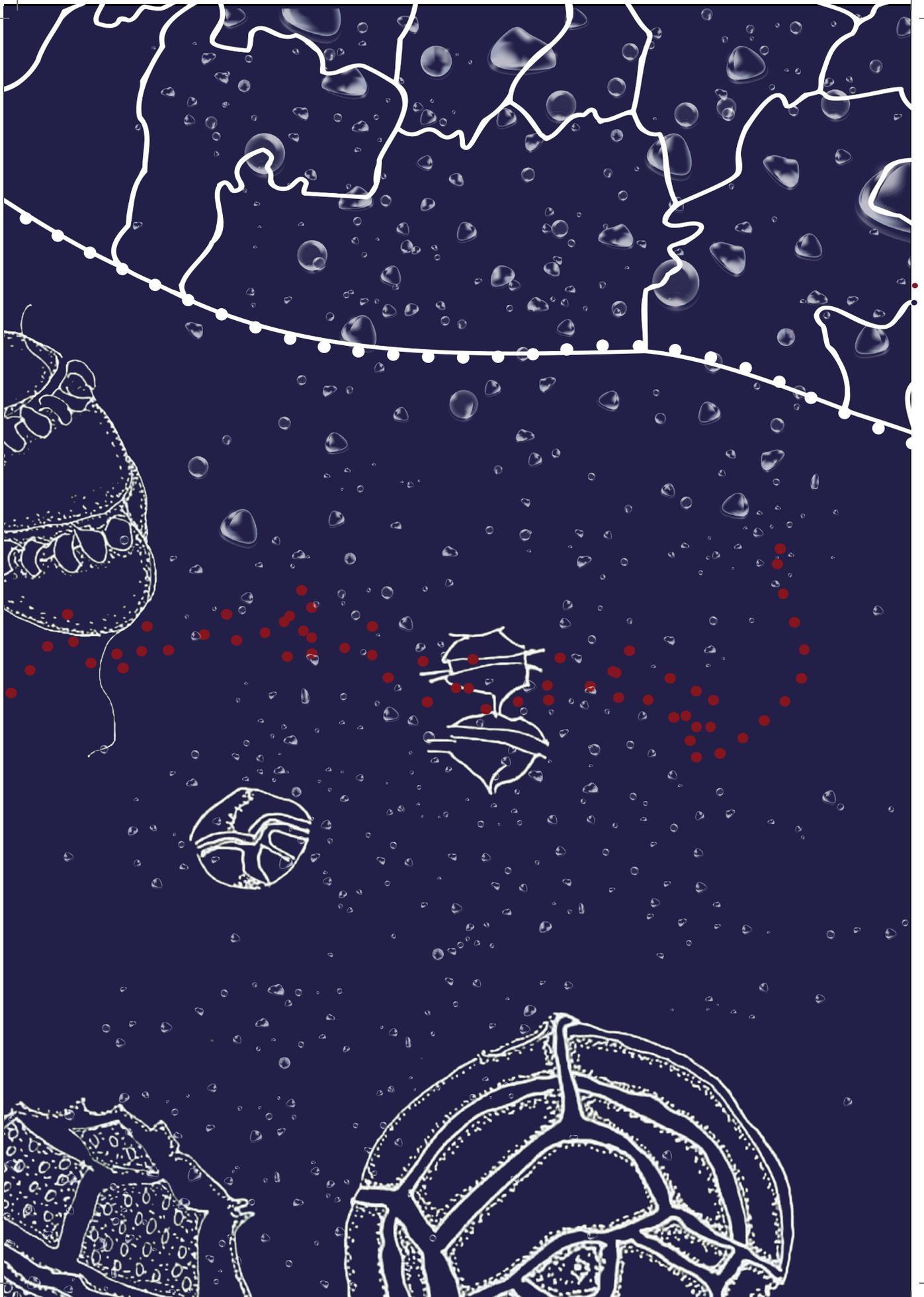


Figura 43. *Noctiluca scintillans*



Orden Peridinales Haeckel, 1894

Género *Protoperidinium* Bergh, 1881

Diagnosis

Dentro de los dinoflagelados tecados este género es el que cuenta con el mayor número de especies y tiene una distribución marina cosmopolita (Balech, 1974, 1988). Se caracterizan por su tamaño, que va desde pequeños hasta grandes (15-250 μm) y su forma, que puede variar de esférica a pentagonal, pudiendo presentar una espina apical o un gran cuerno apical con dos espinas antapicales. Algunas especies muestran una marcada compresión dorsoventral. El cíngulo es más o menos mediano, pudiendo ser circular o muy desplazado, con el desplazamiento que puede ser ascendente o descendente. Además, el surco se extiende únicamente hacia atrás (Hoppenrath et al., 2009).

El género *Protoperidinium* Bergh tiene más de 280 especies marinas de dinoflagelados con teca descritas (Gómez, 2012). Dentro de este género, algunas especies de *Protoperidinium* desempeñan funciones ecológicas cruciales. Por ejemplo, pueden ser responsables de la formación de florecimientos algales, actuar como vectores para las toxinas producidas por ciertas microalgas o incluso regular la proliferación de otros dinoflagelados (Gribble et al., 2007). Estas funciones son de gran importancia en los ecosistemas marinos ya que influyen en la estructura y dinámica de las comunidades biológicas, así como en la salud general del ecosistema.

***Protoperidinium abei* (Paulsen) Balech, 1974**
Bas.: *Protoperidinium abei* Paulsen 1931

Diagnosis

Células fusiformes, con un cuerno apical no-separado que disminuye gradualmente. Cíngulo fuertemente excavado, descendente, tiene numerosas costillas longitudinales. La parte derecha de la hipoteca forma un fuerte cuerno con una aleta sulcal notable y es más grande que el izquierdo. Las placas 1^a y 2^a son hexagonales, casi igual en talla. El poro hipotecal está ausente.

Material

Boya Recalada (13° 54'25.409'' N y 90° 45'51.811'' W). Este sitio es el punto que se encuentra en el límite perimetral de la dársena de Puerto Quetzal.

Fenología

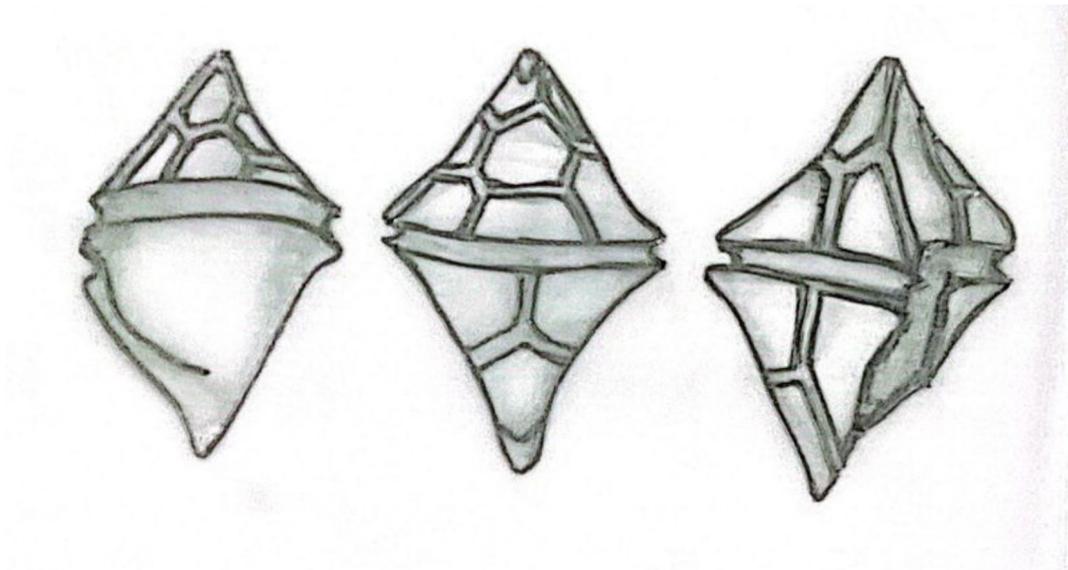
Abril

Distribución

Cosmopolita, de aguas neríticas y oceánicas (Balech, 1988). *P. abei* ha sido ampliamente registrada en numerosas áreas marinas como Bangladesh, Rusia, el Mar Negro, el Mar Mediterráneo (Gómez, 2003), el Caribe (Merino-Virgilio et al., 2013). Lo que sugiere su amplia distribución, particularmente en mares cálidos y tropicales (Prabowo et al., 2023).

Ecología y toxicología

Este es el primer reporte de la especie para el Pacífico de Guatemala. No se encontraron datos de florecimientos tóxicos donde desempeñara un papel de especie dominante. Los datos físico químicos en el área de colecta son: Salinidad: 34.66 ‰; P:17.45 mg/L; NH: 0.20 mg/L; N total: 67.52 mg/L; Temperatura del agua: 29°C.



vista lado izquierda

vista dorso - lateral

vista ventral derecha

Figura 44. *Protoperidinium abei*

***Protoperidinium oceanicum* (Vanhöffen) Balech, 1974** **Bas.: *Protoperidinium oceanicum* Vanhöffen 1897.**

Diagnosis

Especie grande que posee bien desarrollados los cuernos apicales y antapicales. La teca muestra curvas regulares y una convexidad moderada en el cingulo, que se proyecta hacia las áreas basales de la epiteca y la hipoteca. Las aletas están bien desarrolladas y tienen pseudorradios. La especie muestra un aplastamiento dorso-ventral y el plano cingular está inclinado respecto al eje longitudinal.

Material

Límite perimetral de la dársena Puerto Quetzal en Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W), Boya Texaco (13° 53' 43.292'' N, 90° 49' 55.685'' W) y canal de acceso Puerto Quetzal "Entre Morros" (13° 55' 7.53'' N, 90° 47' 15.835'' W).

Fenología

Febrero (Puerto Quetzal: Boya Texaco, Boya Recalada y Boya Entre Morros), mayo (Puerto Quetzal: Boya Entre Morros) y diciembre (Puerto Quetzal: Boya Recalada, Boya Texaco y Entre Morros).

Distribución

Esta especie se observa en las regiones de la Convergencia Austral durante el invierno, donde las temperaturas oscilan entre 12.5°C y 12.9°C y la salinidad varía de 30.8 ‰ a 30.9 ‰. Dada su amplia distribución geográfica, esta especie muestra una considerable variabilidad en términos de tamaño, longitud de los procesos y tabulación (número de intercalares y tabulación ventral). Estas diferencias han llevado a la identificación de múltiples formas y variedades de la especie, como señala Balech (1988). Sin embargo, es importante destacar que la clasificación taxonómica de esta variedad sigue siendo objeto de debate en la comunidad científica, aunque Balech (1988) la acepta como una variedad de *P. oceanicum*.

Ecología y toxicología

Las especies de *Protoperidinium* se encuentran en diferentes hábitats y producen muchos florecimientos que ocurren de forma estacional. *P. oceanicum* se encuentra tanto en aguas costeras como oceánicas desde áreas templadas a tropicales.

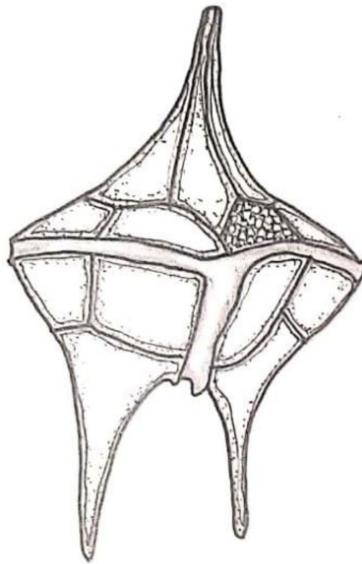


Figura 45. *Protoperidinium oceanicum*

***Protooperidinium depressum* (Bailey) Balech, 1974**
Bas.: *Protooperidinium depressum* Bailey 1854.

Diagnosis

Cuernos bien desarrollados, el derecho es más grueso y más largo. Forma ancha a nivel del cíngulo. Superficie cingular un poco inclinado respecto al eje. Compresión moderada en el eje dorsoventral. Protoplasma generalmente oscuro.

Material

Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W), Boya Texaco (13° 53' 43.292'' N, 90° 49' 55.685'' W).

Fenología

Enero y marzo (Puerto Quetzal: Boya Texaco y Recalada).

Distribución

Esta especie presenta una amplia distribución que abarca diversas condiciones de temperatura, salinidad y disponibilidad de nutrientes, tanto en aguas oceánicas como neríticas, lo que le confiere una alta adaptabilidad a una variedad de hábitats (Balech, 1988).

Se caracteriza por ser eurihalina y euritérmica y ha sido avistada en aguas que van desde las regiones antárticas hasta las árticas (Al-Kandari, 2009). Asimismo, Taylor (1976) reportó la presencia de esta especie en aguas cálidas tropicales y templadas del Océano Índico y el Mar Mediterráneo, ampliando aún más su rango de distribución geográfica.

Ecología y toxicología

Después de una marea roja tóxica causada por *Alexandrium catenella* (= *Gonyaulax excavata* (Braarud) Balech) se observó la presencia de cantidades significativas del dinoflagelado heterótrofo *Protooperidinium depressum*, así como concentraciones menores de *P. oceanicum* y *P. obtusum*. El citoplasma de *P. depressum* se caracteriza por la presencia de grandes gotas de lípidos de un intenso color rojo salmón, que es similar en apariencia a las inclusiones lipídicas rojas encontradas en los quistes en reposo de *A. catenella*, aislados de sedimentos de la misma zona.

Este material fue recolectado en aguas de la plataforma continental argentina (42°23'S y 62°45'W) utilizando una red de 50 µm. Durante el examen, se descubrió que este material consistía exclusivamente en tres especies de *Protooperidinium*, de las cuales *P. depressum* representaba más del 90% de la biomasa total (Carreto, 1985).

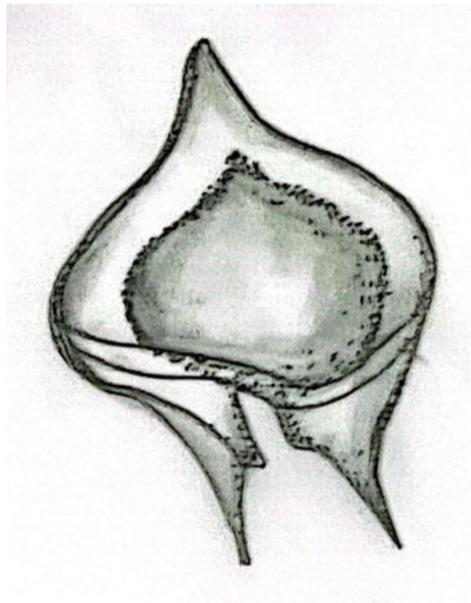
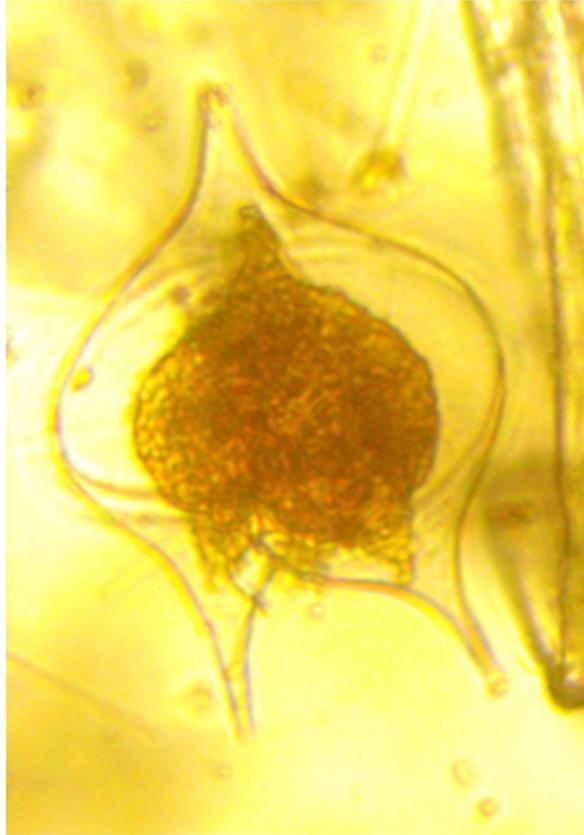


Figura 46. *Protoperidinium depressum*

***Protoperidinium conicum* (Gran) Balech 1974**
Bas.: *Peridinium divergens* (Ehrenberg) Balech var.
***conicum* Gran 1900.**

Diagnosis

La especie exhibe una forma pentagonal alterada por una hendidura posterior formada por los dos cuernos antapicales. Epiteca de forma cónica y casi perpendicular. Los cuernos antapicales tienen una longitud media, son puntiagudos y presentan una base gruesa. Las aletas cingulares son angostas y presentan radios. En vista lateral, se observa un notable aplastamiento dorso-ventral, con un cingulo inclinado y cuernos antapicales anchos.

Material

Límite perimetral de la dársena Puerto Quetzal en Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W), Boya Texaco (13° 53' 43.292'' N, 90° 49' 55.685'' W) y canal de acceso Puerto Quetzal "Entre Morros" (13° 55' 7.53'' N, 90° 47' 15.835'' W).

Fenología

Enero (Boya Texaco y Boya Recalada); marzo y octubre (Boya Texaco, Boya Recalada y Entre Morros); abril (Boya Entre Morros); mayo y junio (Boya Entre Morros); agosto (Boya Texaco y Boya Recalada); noviembre (Boya Recalada y Entre Morros) y diciembre (Boya Entre Morros).

Distribución

Graham (1942) documentó que esta especie se registró en los océanos Atlántico y Pacífico en una amplia gama de condiciones hidrográficas. Es muy frecuente en mares templados como cálidos, neríticos y oceánicos.

El hallazgo de esta especie en aguas de Veracruz es un nuevo registro para el Golfo de México y el segundo registro publicado de *P. concinnum* descrito originalmente en la Corriente del Golfo frente a la costa de Point Lookout, Carolina del Norte (Estados Unidos) y también se conoce en las aguas fuera de los cayos de manglares de Belice en el Caribe y en la Corriente del Golfo frente a la costa de Fort Pierce Inlet, Florida (Estados Unidos) (Okolodkov, 2014).

Ecología y toxicología

El descubrimiento de esta especie en las aguas de Veracruz se reporta como un nuevo registro para el Golfo de México. No se encontró información toxicológica.

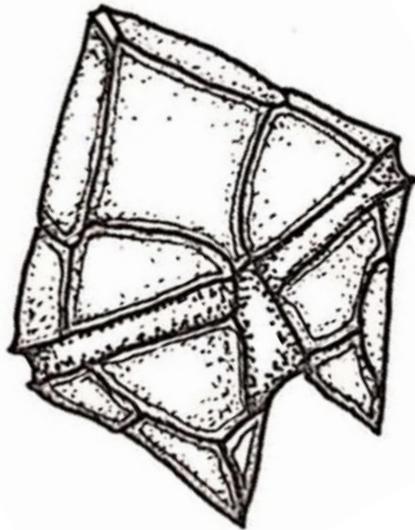
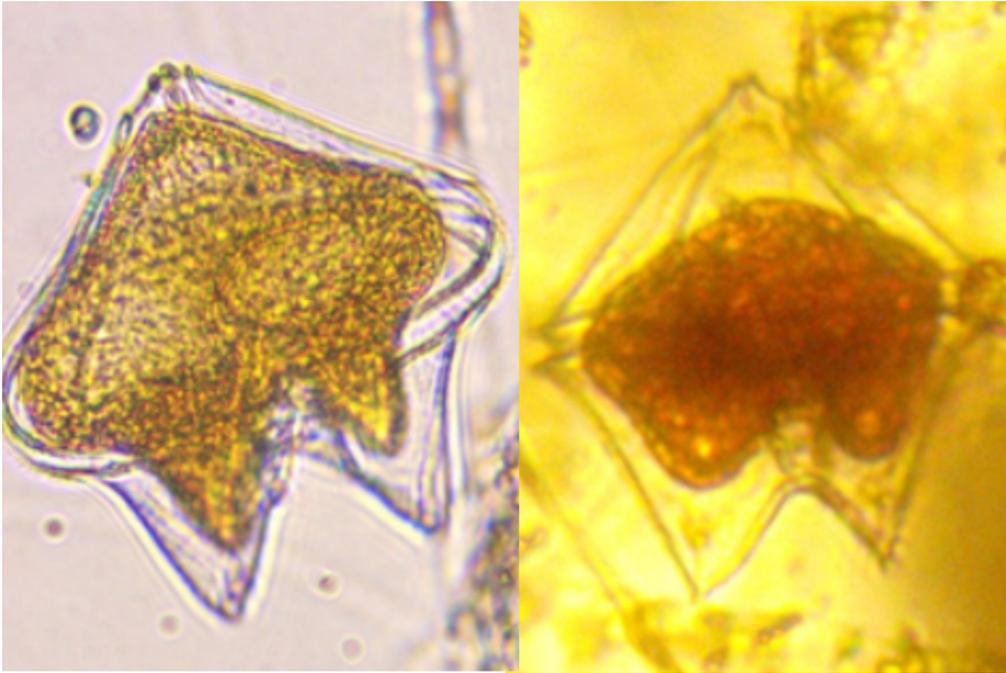


Figura 47. *Protoperidinium conicum*

***Protoperidinium obtusum* (G. Karsten) Parke J.& D. Dodge
1976**

**Bas.: *Peridinium divergens* (Ehrenberg) Balech var. *obtusum*
G. Karsten 1907.**

Diagnosis

Esta especie es grande y tiene una forma pentagonal alterada por una muesca antapical poco profunda. Las membranas cingulares son muy angostas. No tiene cuerno apical, pero cuenta con dos cuernos antapicales cortos y gruesos en la base, cada uno con pequeñas espinas en el extremo. La escultura es robusta, destacando líneas verticales sinuosas e irregulares, de aspecto vermiforme. En vista lateral, presenta una forma romboidal y un notable aplastamiento dorsoventral.

Material

Canal de acceso Puerto Quetzal "Entre Morros" (13° 55' 7.53" N, 90° 47' 15.835" W). Fenología
Abril

Distribución

Durante el invierno de 2005, se avistó en la región nerítica de Convergencia Austral, donde las temperaturas oscilaban entre 12.5° y 16.0°C y la salinidad variaba de 26.5 ‰ a 33.9 ‰ (Balech, 1988).

Ecología y toxicología

Esta especie muestra una aparente preferencia por aguas templadas-frías ya que suele encontrarse comúnmente en un rango de temperatura entre 9°C y 20°C, siendo poco comunes los registros por encima de los 17°C, según lo señalado por Balech (1988).

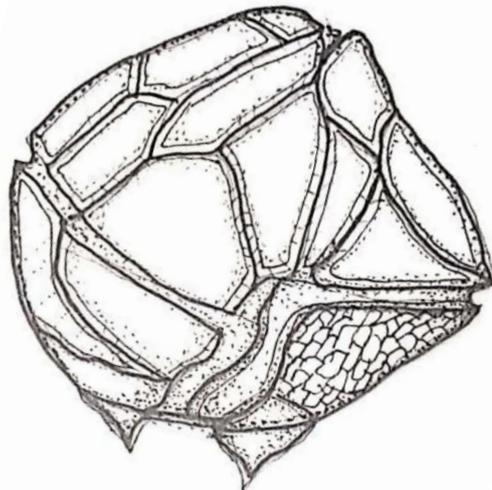
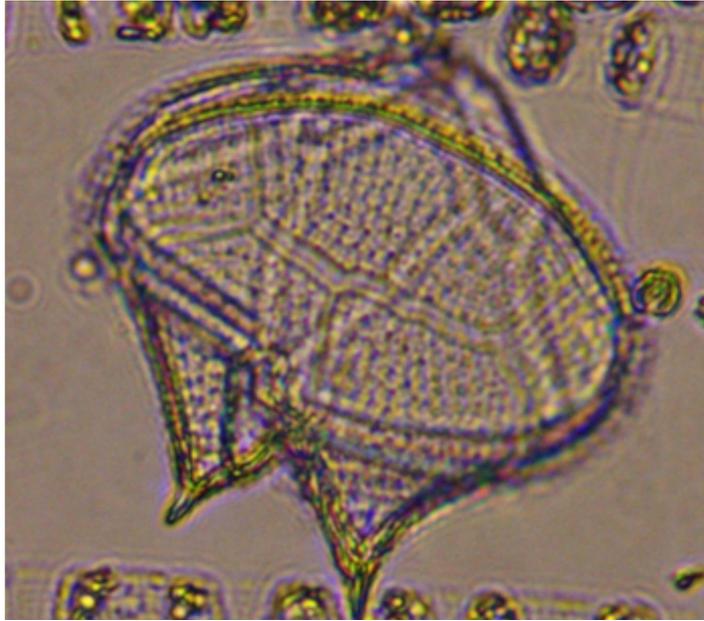


Figura 48. *Protoperidinium obtusum*

***Protoperidinium divergens* (Ehrenberg) Balech 1974** **Bas.: *Protoperidinium divergens* Ehrenberg 1840.**

Diagnosis

Esta especie la podemos encontrar de tamaño mediano a grande y es ligeramente aplastada en la región dorso-ventral. En vista frontal, presenta una forma pentagonal más alta que ancha, modificada por una profunda muesca antapical. Esta muesca está delimitada por un par de cuernos bien desarrollados. Poseen espinas divergentes. Las membranas cingulares tienen radios muy irregulares.

Material

Canal de acceso Puerto Quetzal "Entre Morros" (13° 55' 7.53" N, 90° 47' 15.835" W). Fenología
Mayo

Distribución

Reportado en todo el mundo, pero su distribución real no está clara ya que a menudo se confunde con *P. crassipes* y con *P. depressum* (Hoppenrath et al., 2009).

Ecología y toxicología

La especie fue reportada principalmente durante el invierno en las regiones de la Convergencia Austral, donde las temperaturas oscilaban entre 13.2°C y 19.8°C y la salinidad variaba de 29.9‰ a 36.4‰. También se registró en una sola temporada fuera de la Corriente del Sur de México y Guatemala. Además, se observa durante el verano en la zona oceánica de la CA, con temperaturas entre 17.6°C y 24.0°C y una salinidad de 33.8‰ a 35.9‰. Considerada una de las especies más antiguas y mencionadas del género, los registros suelen ser objeto de dudas, lo que dificulta la comprensión de su ecología y distribución, según señala Balech (1988).

A pesar de esto, parece mostrar una preferencia por aguas cálidas, siendo tolerante a temperaturas superiores a los 14°C y tiene una distribución amplia en mares cálidos y templados.

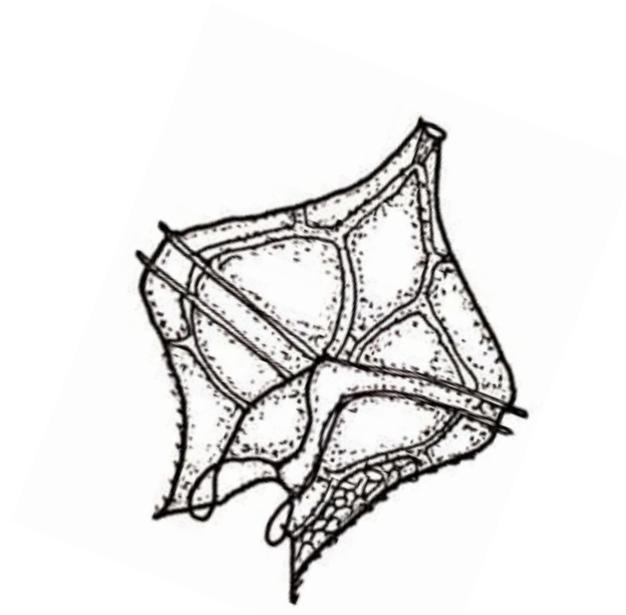


Figura 49. *Protoperidinium divergens*

***Protoperidinium grande* (Kofoid) Balech 1974** **Bas.: *Protoperidinium grande* Kofoid 1907**

Diagnosis

Especie grande, con cuello alargado gradualmente. Cuernos antapicales largos, pueden estar es-triados. Teca dilatada en la región ecuatorial. Placas cingulares anchas. Poros irregulares. Puede observarse el protoplasma coloreado o denso

Material

Límite perimetral de la dársena Puerto Quetzal en Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W), Boya Texaco (13° 53' 43.292'' N, 90° 49' 55.685'' W) y canal de acceso Puerto Quetzal "Entre Morros" (13° 55' 7.53'' N, 90° 47' 15.835'' W).

Fenología

Abril, mayo, junio, agosto, noviembre y diciembre.

Distribución

Esta es una especie oceánica, termófila y de alta salinidad (Balech, 1988).

Ecología y toxicología

Protoperidinium grande es un dinoflagelado propio de aguas cálidas que se asocia con ciertas especies que generan florecimientos. Entre los dinoflagelados comúnmente encontrados se incluyen: *Pyrocystis fusiformis* Thomson, *P. noctiluca* Murray, *Ceratium gibberum* Gourret y *Dinophysis cuneus* Abé. Esta comunidad está vinculada a la mezcla de masas de agua ACF (aguas costeras frías) y ASS (aguas subtropicales superficiales).

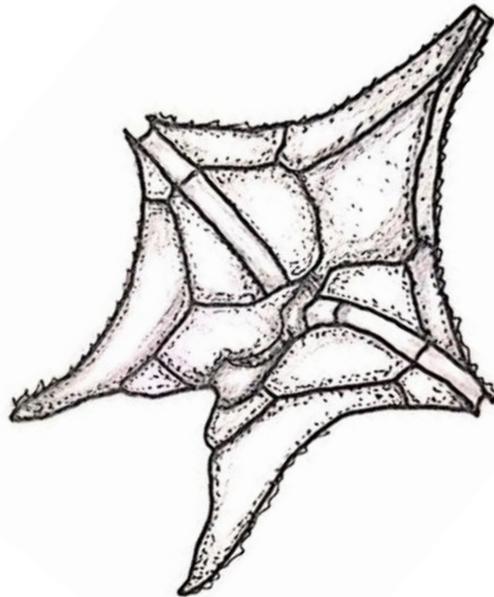
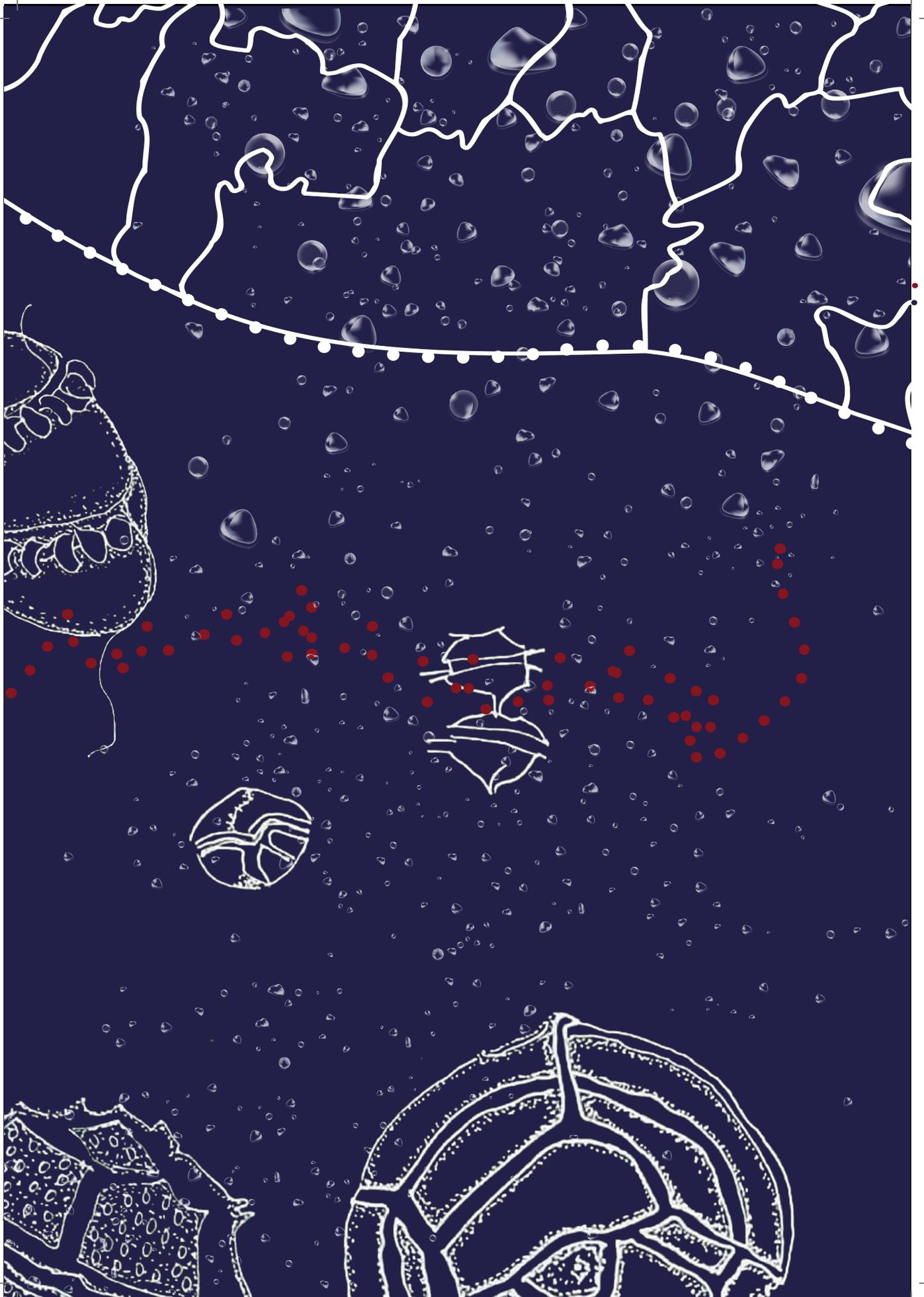


Figura 50. *Protoperidinium grande*



Género *Podolampas* F. Stein 1873

Diagnosis

Esta especie se distingue por la ausencia de surcos. La epiteca está formada por cinco placas precingulares trapezoidales de bases anchas y una pequeña placa intercalar dorsal, que es pequeña y regularmente alargada transversalmente. La hipoteca es más corta que la epiteca y el cingulo es descendente. Las tres placas antapicales soportan espinas. El sulco está compuesto por 4 ó 5 placas.

***Podolampas bipes* (F. Stein) Balech, 1963**
Bas.: *Podolampas bipes* F. Stein 1883.

Diagnosis

Tiene forma piriforme, está aplastada dorso-ventral, presenta un cuello corto y un par de espinas antapicales de longitud mediana que están bastante separadas. La izquierda tiene membranas muy estrechas abajo y ensanchadas arriba. La espina derecha tiene aletas menos anchas y con menos desarrollo. Presenta poros y poroides cuya distribución forma campos densos.

Material

Límite perimetral de la dársena Puerto Quetzal en Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W), Boya Texaco (13° 53' 43.292'' N, 90° 49' 55.685'' W) y canal de acceso Puerto Quetzal "Entre Morros" (13° 55' 7.53'' N, 90° 47' 15.835'' W)

Fenología

Febrero, marzo y abril

Distribución

Esta especie fue avistada tanto en la plataforma AC durante el crucero de verano realizado por Balech, como en el CSMG durante el invierno. Las temperaturas en las que se observó oscilaron entre 16.6°C y 24.2°C, con una salinidad que variaba de 33.1‰ a 36.6‰. Es importante destacar que los especímenes observados presentaron temperaturas más elevadas y límites de salinidad más bajos en comparación con los registrados por Balech (1988), (Islabão & Odebrecht, 2011).

Ecología y toxicología

Kofoid (1907) distinguió *P. reticulata* de *P. bipes* principalmente por su "muy grande" y "ampliamente redondeadas" aletas antapicales y su superficie tecal reticulada. Esta especie está registrada en aguas templadas cálidas y con frecuencia se encuentra en regiones de aguas frías (Abe, 1966).

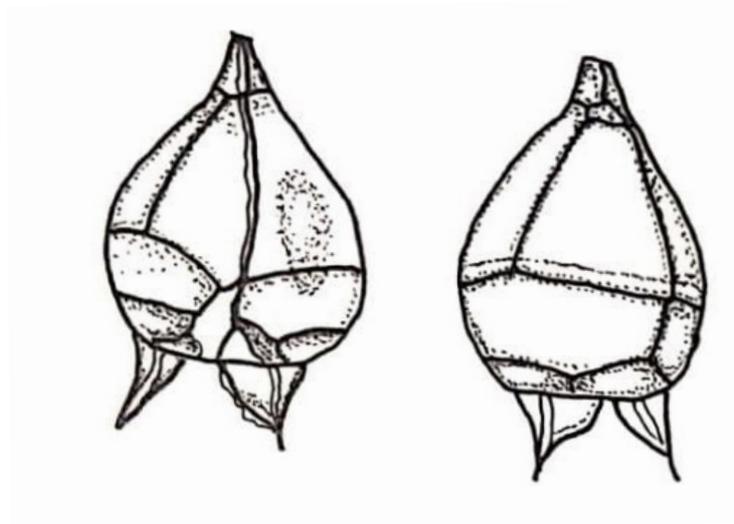
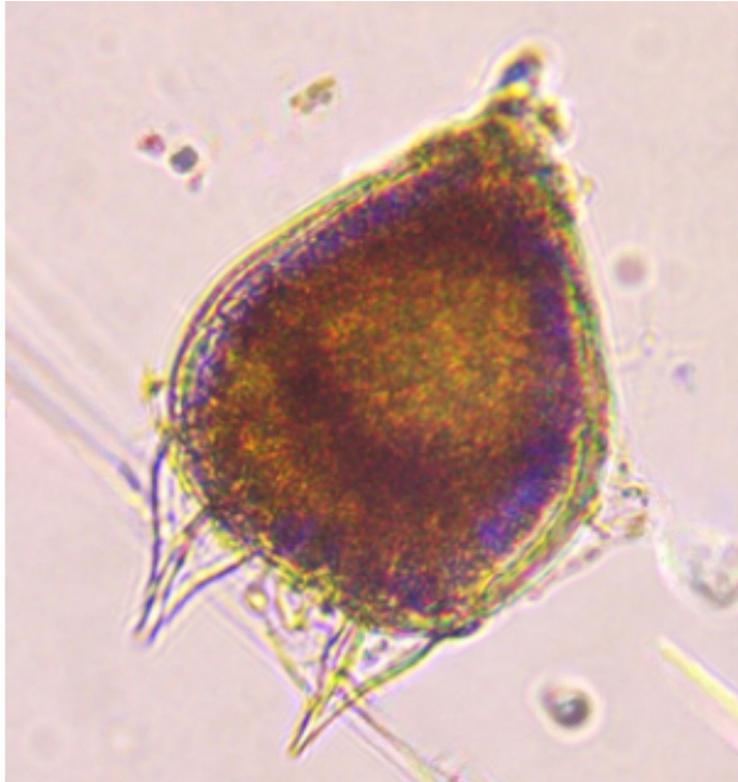
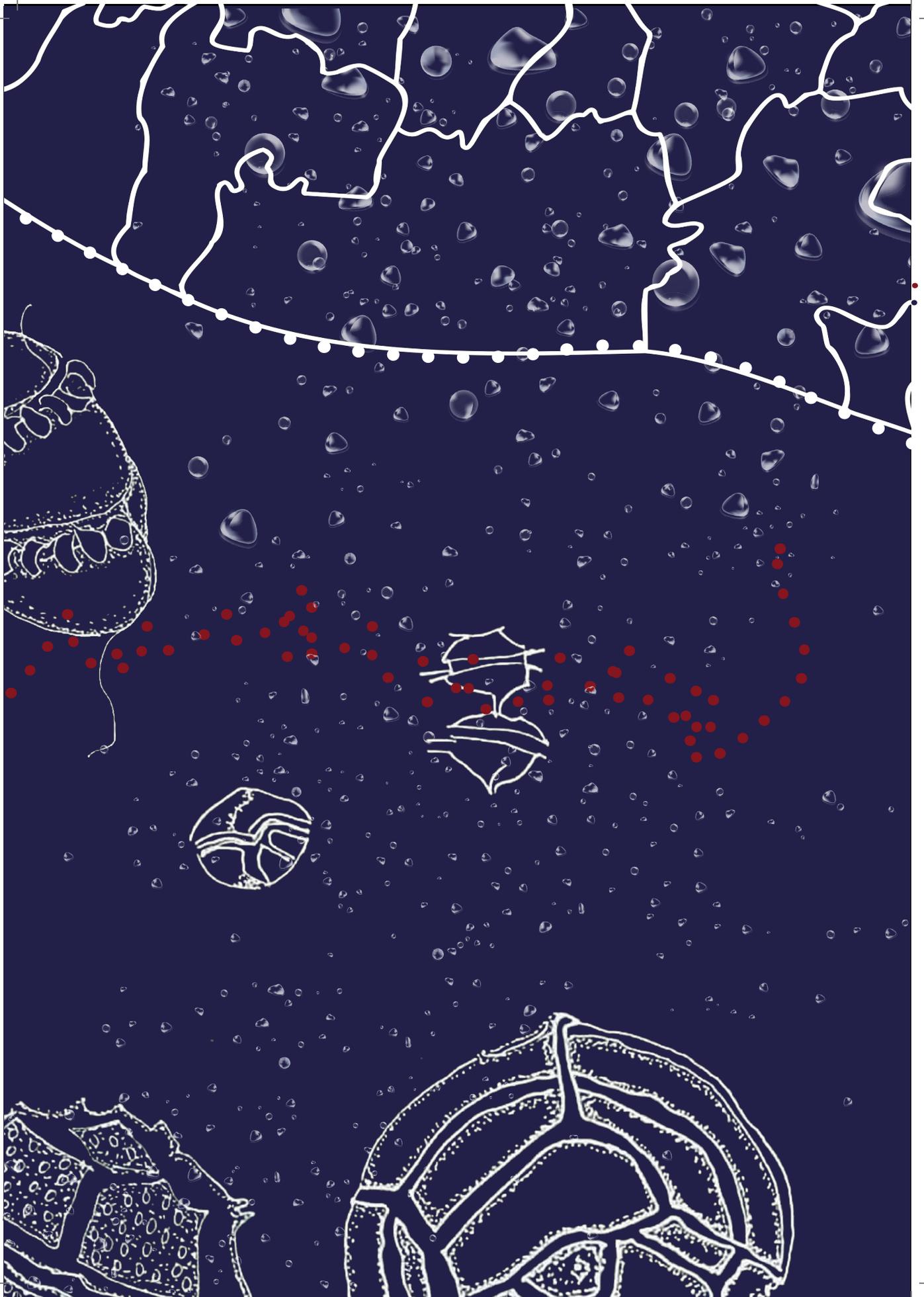


Figura 51. *Podolampas bipes*



Género *Scrippsiella* Balech ex Loeblich III 1965

Diagnosis

Este género comprende aproximadamente 30 especies, algunas de las cuales han sido recientemente reclasificadas en otros géneros. Se trata de dinoflagelados de tamaño variable, generalmente oscilando entre 20 y 50 micras, con formas que van desde esféricas hasta ovoides. Poseen un episoma con un cuerno apical distintivo, mientras que el hipoteca carece de cuernos antapicales, aunque pueden presentarse pequeñas espinas en esta región. Las células vegetativas se caracterizan por una pared celular compuesta por placas celulósicas. Además, exhiben una notable cantidad de cloroplastos y un dinocarión típicamente esférico u ovoide.

***Scrippsiella spinifera* G. Honsell et M. Cabrini 1991**

Diagnosis

Las células de esta especie se caracterizan por su forma romboidal y angulada, con una ligera compresión ventral. La epiteca es alto-cónica, con lados ligeramente convexos; en la vista ventral y dorsal, los lados de la epiteca forman un ángulo menor de 90 grados. La hipoteca es trapezoidal, con márgenes redondeados en la vista ventral y presenta espinas características alrededor del antapex (Okolodkov et al., 2014).

Material

Canal de acceso Puerto Quetzal “Entre Morros” (13° 55′ 7.53″ N, 90° 47′ 15.835″ W).

Fenología

Agosto

Distribución

Scrippsiella spinifera Balech es frecuente en la columna de agua a nivel mundial, con una distribución amplia que se extiende desde el subártico hasta los mares temporales y tropicales (Okolodkov et al., 2014).

Ecología y toxicología

Las floraciones mixtas de algunas especies de este género se producen en un amplio rango de parámetros físico-químicos, incluyendo salinidad, nitratos, amonio y urea. En las aguas de Yucatán, el límite de temperatura inferior para los florecimientos de *Scrippsiella spinifera* se sitúa alrededor de los 26.5–27.0 °C. Estos eventos intensos ocurren típicamente de julio a septiembre, coincidiendo con la mitad de la temporada de lluvias, aunque también se han registrado en junio, diciembre y febrero. Por lo tanto, la estacionalidad de esta especie en la zona tropical muestra variaciones considerables según la ubicación específica (Okolodkov et al., 2014).

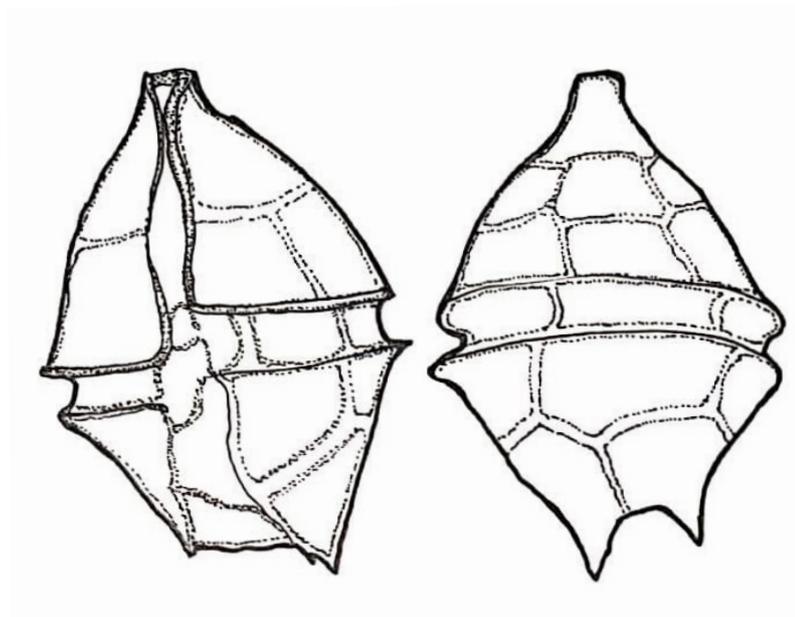
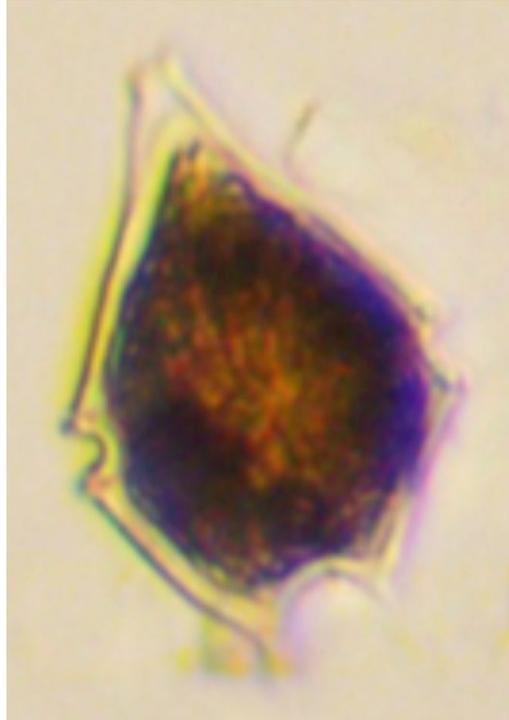
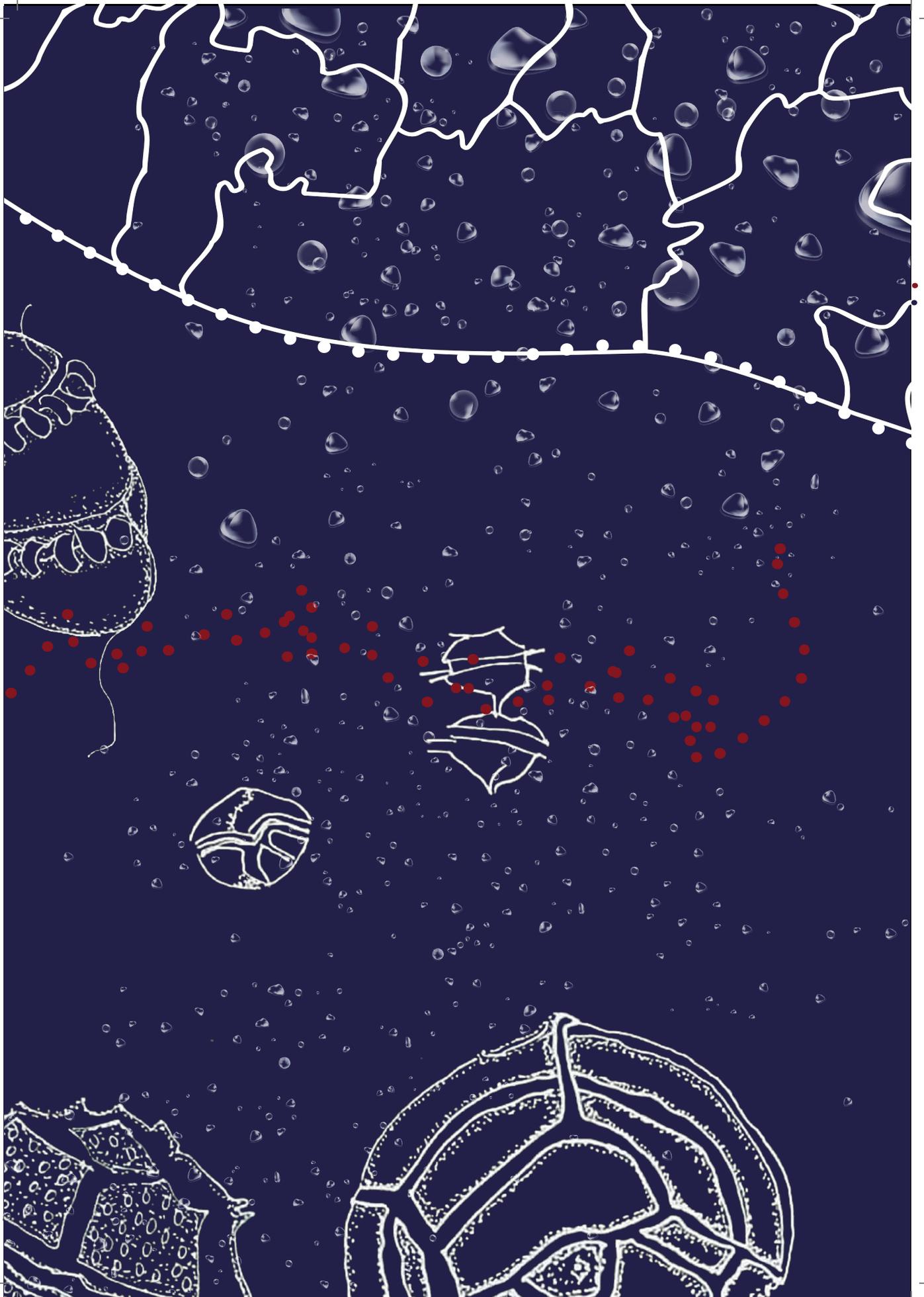
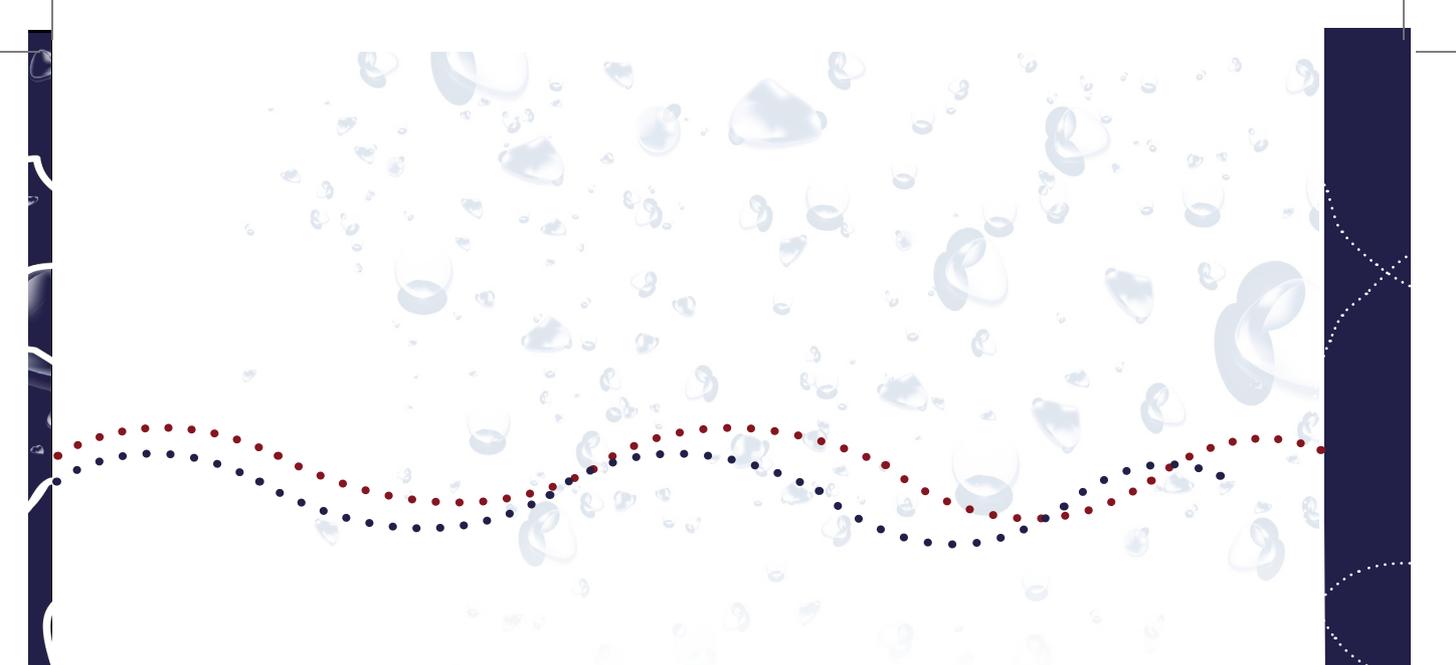


Figura 52. *Scripsiella spinifera*





Orden Gymnodiniales

***Akashiwo sanguinea* (K. Hirasaka, 1922) Gert Hansen & Moestrup 2000**

Bas.: *Gymnodinium sanguineum* K. Hirasaka 1922.

Sin.: *Gymnodinium splendens* Lebour 1925; *Gymnodinium nelsonii* G.W. Martin 1929.

Diagnosis

Es un dinoflagelado no tecado, sin armadura, con cloroplastos. El sulco apical es curvado alrededor del vértice en el sentido de las agujas del reloj. El sulco apical es difícil de observar en un microscopio óptico, por lo que suele verse como una banda apical. La falta de cámaras de envoltura nuclear y el sulco apical son rasgos característicos.

Material

Canal de acceso Puerto Quetzal “Entre Morros” (13° 55′ 7.53″ N, 90° 47′ 15.835″ W).

Fenología

Mayo, noviembre y diciembre.

Distribución

Esta especie tiene una distribución cosmopolita según Hoppenrath et al. (2009) y se ha observado en la región de Cienfuegos, en el centro-sur de Cuba. Ocasionalmente, ha causado mareas rojas en áreas afectadas por la eutrofización en esta bahía, como reportan Moreira- González y colaboradores (2013).

Ecología y toxicología

Esta especie de dinoflagelado atecado, se distingue por su capacidad para producir compuestos proteicos que pueden causar obstrucción en las vías respiratorias de los animales vertebrados (peces). Aunque esta alga nociva es ampliamente reconocida, aún se desconoce la naturaleza exacta de su toxicidad para numerosas especies acuáticas, incluyendo peces, camarones y zooplancton.

Los estudios de cultivos en fase exponencial revelaron una toxicidad más pronunciada, siendo óptimas para el crecimiento de esta microalga una temperatura de 20°C y una salinidad de 35 ‰. Se observó que en cultivo la toxicidad aumentaba con un mayor suministro de nutrientes, lo que sugiere que esta especie podría volverse más tóxica tanto directamente, a través de un crecimiento más rápido, como indirectamente, mediante una mayor producción de toxinas, en respuesta a la eutrofización (Heisler, 2008).

Estos hallazgos apuntan a que la capacidad de producir y liberar toxinas puede impulsar la proliferación de *A. sanguinea* al suprimir a sus depredadores y competidores (Xu et al., 2017).

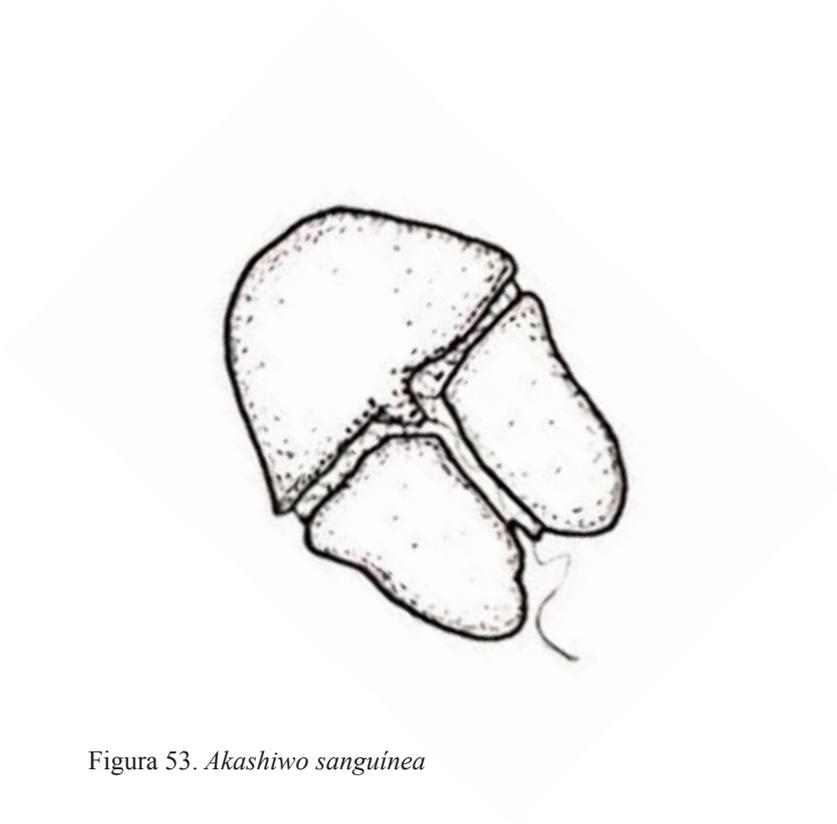
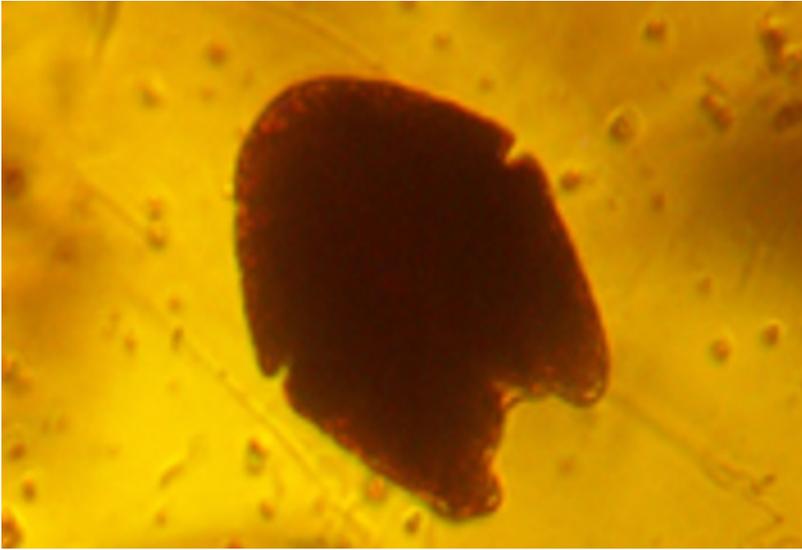


Figura 53. *Akashiwo sanguinea*

***Gymnodinium catenatum* H.W. Graham, 1943**

Diagnosis

Esta especie está compuesta por células pequeñas de forma elipsoidal que tienden a formar cadenas curvas. Una vez fijadas, las células se acortan y ensanchan, adoptando formas de cuadros o pentágonos, las células dispuestas en cadena presentan una compresión en dirección antero-posterior. La epitoca es redondeada o truncada, siendo más pequeña que la hipoteca, la cual presenta una forma bilobulada en el antápice. Cada célula contiene un núcleo central y un surco apical en forma de herradura. Además, posee un cingulo excavado y descendente, mientras que el sulco es largo y angosto, ensanchándose hacia atrás y prolongándose en el epicono hasta el ápice. Esta especie es fotosintética, caracterizada por la presencia de numerosos cloroplastos. Desde el punto de vista ecológico, es conocida por formar mareas rojas (Balech, 1988).

Material

Límite perimetral de la dársena Puerto Quetzal en Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W).

Fenología

Febrero

Distribución

Cosmopolita, parece ser estenotérmica termófila (Balech, 1988).

Ecología y toxicología

Gymnodinium catenatum es un dinoflagelado marino desnudo que puede encontrarse como células individuales y como quistes. También puede formar cadenas celulares muy largas. Se distribuye en aguas templadas y tropicales y produce toxinas paralizantes, que son una amplia gama de neurotóxicos análogos de la saxitoxina (STX). Las abundancias reportadas varían desde miles hasta millones de células por litro en las costas de México (Band-Schmidt et al., 2010).

La investigación experimental centrada en *G. catenatum* ha abordado diversos aspectos fisiológicos en mamíferos, crustáceos y bivalvos. Las necropsias en ratones expuestos agudamente a la saxitoxina muestran una zona isquémica pronunciada en el borde hepático. Además, observaciones histológicas en ratones expuestos a extractos tóxicos de *G. catenatum* revelan una degeneración de las células de Purkinje en el cerebelo.

Respecto a los efectos sobre las tasas de pastoreo, la producción de huevos y el éxito de la eclosión se estudió que cuando el copépodo *Acartia clausi* es alimentado con este dinoflagelado, no se observaron efectos dañinos aparentes. Sin embargo, se notó un aumento en la producción de huevos y el éxito de la eclosión con un mayor consumo de *G. catenatum* (Band-Schmidt, 2010).

Un florecimiento algal de *G. catenatum* se registró por primera vez en Guatemala en el año 2004. Este evento duró 32 días, se produjo de mayo a junio de ese año. Hacia el final del florecimiento, el 23 de junio, se obtuvieron muestras para la identificación de especies y la densidad celular que

contenían 9.6×10^5 células L^{-1} que explicaban los valores anormales de clorofila *a* ($> 30 \text{ mg/ m}^{-3}$) observados en imágenes de satélite (Carrillo-Ovalle et al., 2007).

También se encontraron niveles altos de clorofila *a* ($10\text{--}39 \text{ mg m}^{-3}$) en la costa de Honduras, El Salvador y el Golfo de Fonseca (golfo compartido entre El Salvador, Honduras y Nicaragua). La lluvia contribuyó a altas concentraciones de nutrientes. La temperatura del agua fue de $30.3 \text{ }^\circ\text{C}$. Un segundo evento se registró en enero de 2007 con una mayor concentración celular (6.9×10^6 céls. /l). Este florecimiento ocurrió a una temperatura más baja (28°C) con influencia de las aguas costeras y se observaron muertes de peces durante ambos eventos (Carrillo-Ovalle et al., 2007).

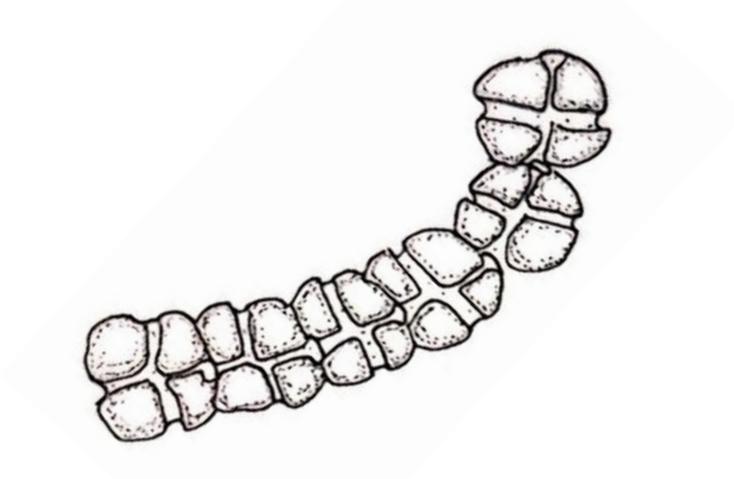


Figura 54. *Gymnodinium catenatum*

***Margalefidinium polykrikoides* (Margalef) F. Gómez,
Richlen & D. M. Anderson 2017**
Bas.: *Cochlodinium polykrikoides* Margalef 1961.

Diagnosis

El cuerpo de este organismo es fusiforme, con un cíngulo largo y profundamente excavado que da varias vueltas. Las células tienen forma elipsoidal y presentan una pigmentación más densa de color naranja oscuro en el lado dorsal anterior, conocido como mancha ocular o estigma. Generalmente, los organismos desnudos raramente se encuentran solitarios, prefiriendo formar cadenas largas hasta 16 células, pero regularmente estas cadenas constan de solo 2 a 4 células (Meave del Castillo & Zamudio-Resendiz, 2009).

Las células presentan una forma ovoide, con una ligera compresión dorso-ventral. Poseen un epicono cónico con un ápice redondeado y un hipocono bilobulado. El surco apical tiene una configuración en herradura, mientras que el cíngulo es marcado y excavado, formando una espiral que envuelve la célula de 1.8 a 2 veces su longitud total y se extiende aproximadamente un 60% de la longitud de la célula. El surco es superficial y se encuentra muy cercano al cíngulo; en el antápice, se profundiza y divide el hipocono en dos mitades asimétricas, siendo el lado derecho más delgado y largo que el izquierdo. Los tricocistos están presentes en número variable. Los cloroplastos, alargados y dispuestos longitudinalmente, exhiben un color amarillo-verdoso o marrón. El núcleo esférico está ubicado en el epicono y la mancha ocular se encuentra en la parte dorsal del mismo (Steidinger & Jangen, 1997; Taylor et al., 2008).

Material

Límite perimetral de la dársena Puerto Quetzal en Boya de Recalada (13° 54' 25.409'' N y 90° 45' 51.811'' W), Boya Texaco (13° 53' 43.292'' N, 90° 49' 55.685'' W) y canal de acceso Puerto Quetzal "Entre Morros" (13° 55' 7.53'' N, 90° 47' 15.835'' W).

Fenología

Esta especie está presente durante todo el año (enero a diciembre).

Distribución

Está ampliamente distribuido en aguas templadas y tropicales (Steidinger & Jangen, 1997). Se ha registrado en todo el Pacífico mexicano y centroamericano, incluyendo Guatemala (Rosales-Loessener et al., 1986) y Costa Rica. Esta especie, que pertenece al Pacífico oriental tropical, ha sido identificada generando proliferaciones algales desde 1983 (en Costa Rica) y en México desde 2002. A lo largo de los años, ha sido ocasionalmente identificada como *C. catenatum* y en otras ocasiones como *C. polykrikoides*. Es esencial prestar especial atención al tipo de cloroplastos y al tipo de sulco de los ejemplares de *Cochlodinium* colectados para una correcta determinación (Meave et al., 2009).

Ecología y toxicología

Se registró por primera vez un florecimiento algal nocivo de *M. polykrikoides* en Guatemala en 2004, que duró 32 días, desde mayo hasta junio. Al final de la floración, el 23 de junio, se tomaron muestras para identificar las especies y determinar la densidad celular, encontrando que había $9,6 \times 10^5$ céls./l lo que explicaba los valores anormalmente altos de clorofila a (>30 mg m⁻³) observados en imágenes satelitales (Carrillo-Ovalle et al., 2007).

El dinoflagelado tóxico *M. polykrikoides* es prevalente en las aguas costeras de la zona neotropical del Pacífico, donde ha generado florecimientos recurrentes documentados principalmente en México y países de Centroamérica. Este organismo ha demostrado la capacidad de proliferar en un amplio rango de temperaturas (17 a 32 °C) y ha afectado a una variedad de organismos marinos, desde peces hasta gasterópodos.

Las floraciones de *M. polykrikoides* en el neotrópico de la región del Pacífico, se han asociado con períodos de intensas lluvias que aumentan la cantidad de nutrientes en las aguas costeras debido al escurrimiento de los ríos. Además, factores como los afloramientos costeros, patrones de viento y la estratificación del agua, junto con la lluvia, contribuyen al enriquecimiento de nutrientes en las aguas superficiales, lo que favorece la proliferación y recurrencia de este dinoflagelado. Aunque en otros países se han documentado pérdidas económicas significativas debido a los impactos negativos de *M. polykrikoides*, en esta región aún se carece de esta información, posiblemente debido a la escasez de estudios socioeconómicos. Se necesita implementar un programa de monitoreo continuo para recopilar información durante y después de la ocurrencia de los florecimientos, incluyendo datos sobre los lechos de quistes para generar información ecológica que permita evaluar los impactos potenciales en la pesca y la acuicultura (García-Moreiras et al., 2021; López-Cortés et al., 2019).

Esta especie fue reconocida por primera vez en Yatsushiro Sound, en el oeste de Japón, en 1978, causando graves daños económicos a las industrias acuícolas de cola amarilla. Desde entonces, ha estado expandiendo continuamente su hábitat y provocando perjuicios a las industrias acuícolas tanto en Japón como en Corea. Recientemente, la distribución geográfica de *M. polykrikoides* parece haberse extendido a las aguas costeras tropicales y subtropicales de Filipinas, el sur de China y el golfo de Tailandia, en el suroeste de Asia. Aunque el estado taxonómico de esta especie aún no está claro, se han registrado especies iguales o similares a *C. polykrikoides* en la costa del Pacífico de América Central (Gómez et al., 2017; Li et al., 2020).

Esta especie ha formado florecimientos recurrentes que se han documentado principalmente en México y países centroamericanos. *M. polykrikoides* ha podido proliferar en un amplio rango de temperaturas (17–32 °C) y ha afectado a varios organismos marinos, incluidos corales, gasterópodos, pulpos, camarones, cangrejos y peces. Los florecimientos de *M. polykrikoides* se han asociado con períodos de fuertes lluvias que causan un aumento de nutrientes en las aguas costeras debido a la escorrentía de los ríos. Además, los afloramientos costeros asociados con los patrones de viento, la mezcla de la columna de agua y la lluvia, todo lo cual puede crear un enriquecimiento de nutrientes en las aguas superficiales, parecen favorecer la proliferación y la recurrencia de este dinoflagelado (Alonso-Rodríguez et al., 2004; Gómez et al., 2017).

La presencia de *Margalefidinium* y otros géneros de microalgas marinas que matan peces requerirá un monitoreo constante principalmente en las áreas de cultivo para evitar impactos

económicos severos, como los casos recientes en Chile y México (Clement et al., 2016; García-Mendoza et al., 2018, 2016; León-Muñoz et al., 2018; Mardones et al., 2019).

Rosales-Loessener (1989) sugiere la posible presencia de quistes en reposo de *Margalefidinium polykrikoides* sobre la base de la observación de quistes ovoides frescos cubiertos con proyecciones parduscas similares a aletas después de un notable florecimiento de marea roja causada por *Margalefidinium polykrikoides* en Puerto Quetzal en la costa del Pacífico de Guatemala.

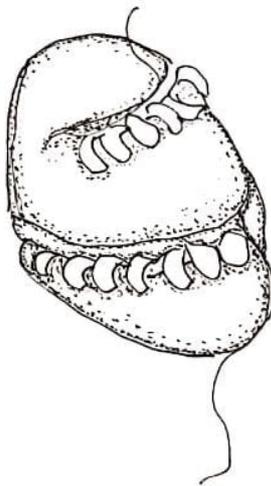
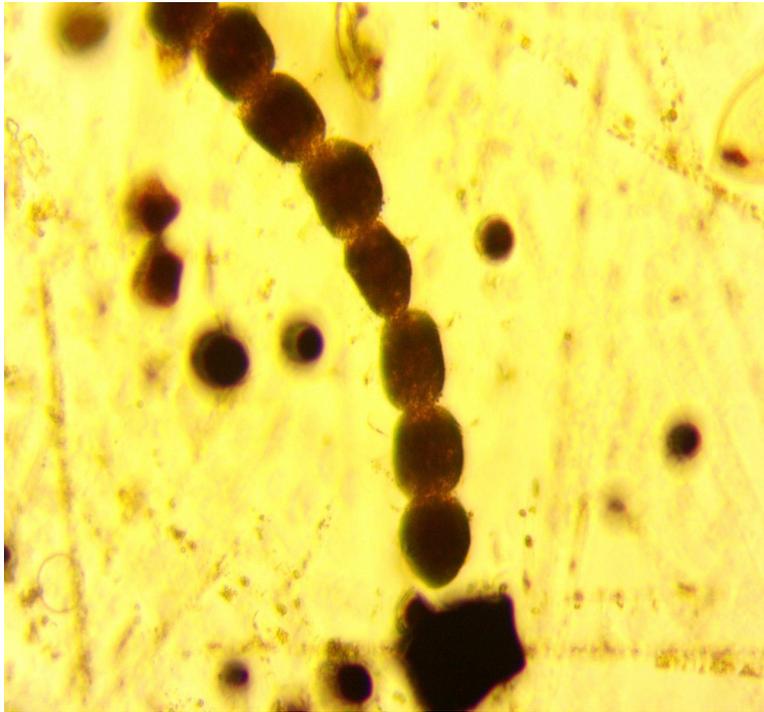


Figura 55. *Margalefidinium polykrikoides*

Referencias

- Abe, T. H. (1966). The armoured Dinoflagellata: I. Podolampidae. *Publications of the Seto Marine Biological Laboratory*, 14(2), 129-154.
- Alonso-Rodríguez, R., Hernández-Becerril, D. U., & Gárate-Lizárraga, I. (2008). *Catálogo de microalgas de las lagunas costeras de Sinaloa*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Alonso-Rodríguez, R., & Ochoa, J. (2004). Hydrology of winter-spring "red tides" in Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. *Harmful Algae*, 3(2), 163-171. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2003.10.002>
- Alonso-Rodríguez, R., Mendoza-Amezquita, E., Velásquez-López, S. A., Seim, J. A., & Martínez-Rodríguez, V. (2015). Florecimientos algales nocivos producidos por *Pyrodinium bahamense* en Oaxaca, México (2009-2010). *Salud Pública de México*, 57(4), 343-351. <https://doi.org/10.21149/spm.v57i4.7578>
- Alonso-Rodríguez, R. (2020). [Curso intersemestral "Fitoplancton, Florecimientos Algales y Ficotoxinas" Tema: Ficotoxinas en organismos acuáticos. Diapositiva 2.] Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, en la Unidad Académica Mazatlán, Universidad Nacional Autónoma de México
- Amaya, O., Quintanilla, R., Stacy, B. A., Dechraoui Bottein, M.-Y., Flewelling, L., Hardy, R., Dueñas, C., & Ruiz, G. (2018). Eventos de mortalidad de tortugas marinas a gran escala en El Salvador atribuidos a la proliferación paralizante de algas productoras de toxinas de los mariscos. *Frontiers in Marine Science*, 5, Artículo 411. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00411>
- Anderson, C. R., Siegel, D. A., Brzezinski, M. A., & Guillocheau, N. (2008). Controls on temporal patterns in phytoplankton community structure in the Santa Barbara Channel, California. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 113, artículo C4038.
- Anderson, D. M., Alpermann, T. J., Cembella, A. D., Collos, Y., Masseret, E., & Montresor, M. (2012). The globally distributed genus *Alexandrium*: Multifaceted roles in marine ecosystems and impacts on human health. *Harmful Algae*, 14, 10-35. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2011.10.012>
- Anderson, D., Kulis, D., & Binder, J. (1984). Sexuality and cyst formation in the dinoflagellate *Gonyaulax tamarensis*: Cyst yield in batch cultures. *Journal of Phycology*, 20(3), 418-425.
- Anderson, M. P. B. C., Davies, C. H., & Eriksen, R. S. (2022). Latitudinal variation, and potential ecological indicator species, in the dinoflagellate genus *Tripos* along 110° E in the southeast Indian Ocean. *Deep sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 203, Artículo 105150. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2022.105150>
- Balech, E. (1958). Los dinoflagelados y tintinnóneos como indicadores oceanográficos. En *Symposium sobre Plancton, S. Paulo, Brasil, nov. 1955* (pp. 33-36). UNESCO para América Latina.
- Balech, E. (1974). El género *Protoperidinium* Bergh, 1881 (*Peridinium* Ehrenberg, 1831, *partim*). *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" e Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales, Hidrobiología*, 41, 1-79.
- Balech, E. (1988). *Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental* (Publicación Especial Instituto Español de Oceanografía, Núm. 1). Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.
- Balech, E. (1995). *The genus Alexandrium Halim (Dinoflagellata)*. Sherkin Island Marine Station.
- Balech, E., & Ferrando, H. (1964). *Fitoplancton marino*. Editorial Universitaria de Buenos Aires.
- Band-Schmidt, C., & Duran-Riveroll, L., Bustillos-Guzmán, J., Leyva-Valencia, I., López-Cortés, D., Nuñez-Vázquez, E., Hernández-Sandoval, F., & Ramírez-Rodríguez, D. (2019). Paralytic toxin producing dinoflagellates in Latin America: Ecology and physiology. *Frontiers in Marine Science*, 6, Artículo 42. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00042>
- Band-Schmidt, C. J., Bustillos-Guzmán, J. J., López-Cortés, D. J., Gárate-Lizárraga, I., Nuñez-Vázquez, E. J., & Hernández-Sandoval, F. E. (2010). Ecological and physiological studies of *Gymnodinium catenatum* in the Mexican Pacific: A review. *Marine Drugs*, 8(6), 1935-1961. <https://doi.org/10.3390/md8061935>

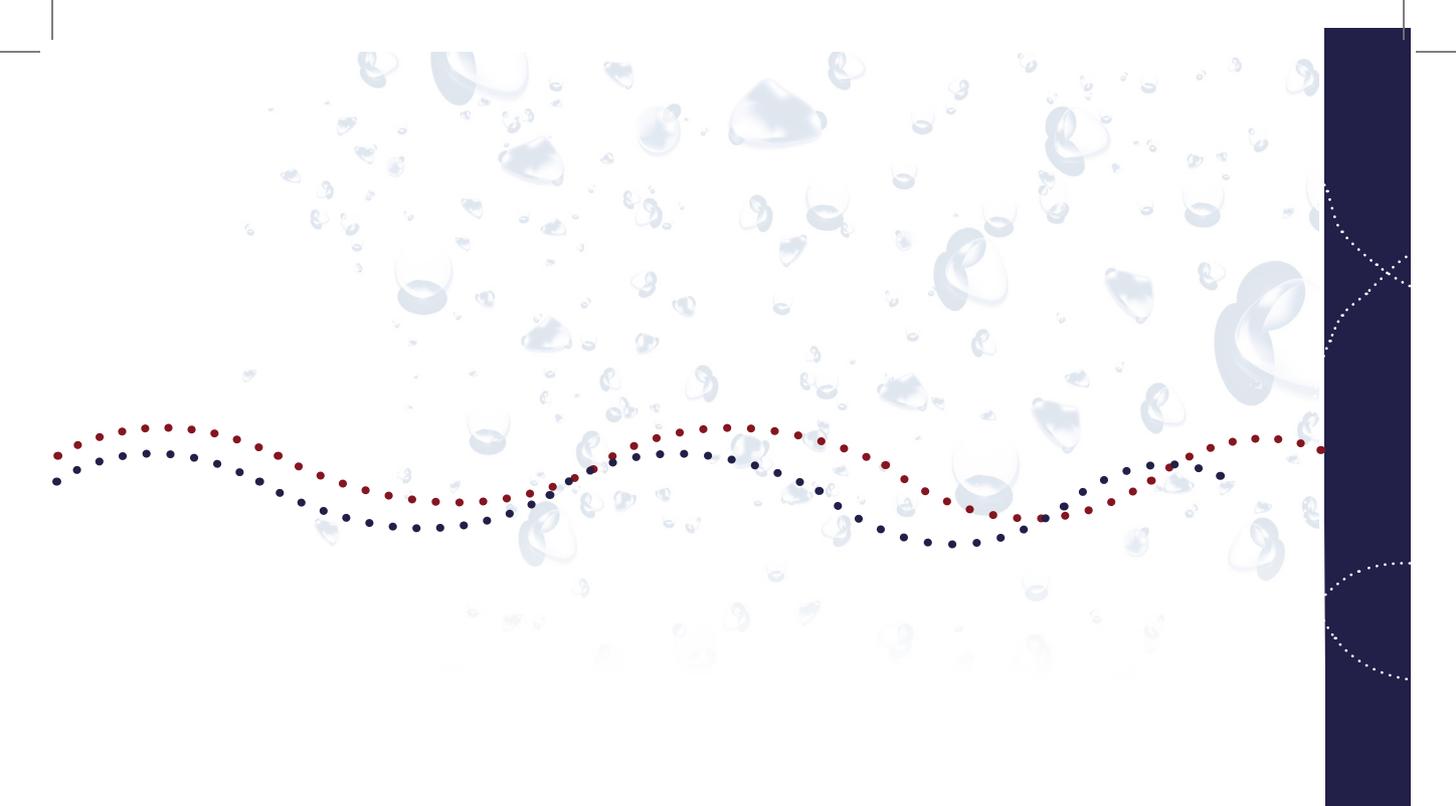
- Barbera-Sánchez, L., Soler, J. F., Rojas de Astudillo, L., & Chang-Yen, I. (2004). Paralytic shellfish poisoning (PSP) in Margarita Island, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 52, 89-98.
- Barsanti, L., & Gualtieri, P. (2006). *Algae: Anatomy, biochemistry, and biotechnology*. CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Burkholder, P. A., Glibert, P. M., & Skelton, H. M. (2008). Mixotrophy, a major mode of nutrition for harmful algal species in eutrophic waters. *Harmful Algae*, 8(1), 77-93. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2008.08.009>
- Cachon, J. (1987). Parasitic dinoflagellates. En F. J. R. Taylor (Ed.), *The biology of dinoflagellates* (pp. 571-610). Blackwell.
- Cachon, J., & Cachon, M. (1967). Contribution à l'étude des Noctilucidae Saville-Kent, I. Les Kofoidininae Cachon J. et M. Évolution, morphologique et systématique. *Protistologica*, 3, 427-444.
- Cachon, J., & Cachon, M. (1969). Contribution à l'étude des Noctilucidae Saville-Kent. Évolution, morphologique, cytologique, systématique. II. Les Leptodiscinae Cachon J. et M. *Protistologica*, 5, 11-33.
- Carreto, J. I. (1985). A new ketocarotenoid from the heterotrophic dinoflagellate *Protoperdinium depressum* (Bayley) Balech, 1974. *Journal of Plankton Research*, 7(3), 421-423.
- Carty, S. (2003). Dinoflagellates. En J. D. Wehr & R. G. Sheath (Eds.), *Freshwater algae of North America: Ecology and classification* (pp. 685-714). Academic Press.
- Carrillo-Ovalle, L. C., Reyes, A. S., Martínez, L. P., & Mencos, J. M. (2003). *Evaluación del recurso pesquero y oceanografía del Atlántico guatemalteco, durante el año 2000* (Inf-2000-67). Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente, Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.
- Carrillo-Ovalle, H. L. (2009). *Fase I: Estudio de los florecimientos algales (mareas rojas) en el Pacífico de Guatemala* (Fodecyt No. 31-2007). Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Choudhury, A., & Pal, R. (2014). *An introduction to phytoplanktons: Diversity and ecology*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-81-322-1838-8_2
- Chust, G., Allen, J. I., Bopp, L., Schrum, C., Holt, J., Tsiaras, K., Zavatarelli, Chifflet, M., Cannaby, H., Dadou, I., Daewel, U., Wakelin, S. L., Machu, E., Pushpadas, D., Butenschon, M., Artioli, Y., Petihakis, G., Smith, C., Garçon, V. ... Irigoien, X. (2014). Biomass changes and trophic amplification of plankton in a warmer ocean. *Global Change Biology*, 20(7), 2124-2139. <https://doi.org/10.1111/gcb.12592>
- Clarke, K. J., & Pennick, N. C. (1972). Flagellar scales in *Oxyrrhis marina* Dujardin. *British Phycological Journal*, 7(3), 357-360.
- Cohen-Fernandez, E. J., Meave Del Castillo, E., Salgado Ugarte, I. H., & Pedroche, F. F. (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(4), 330-340. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1835.2006.00408.x>
- Cortés Altamirano, R., & Núñez Pasten, A. (2000). Distribución y abundancia anual de *Ceratium dens* (Peridinales: Ceratiaceae) en el Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical*, 48(2-3), 305-311.
- Cuéllar-Martínez, T. del C. (2007). *Abundancia y distribución de dinoflagelados Dinophyceae desmophyceae y diatomeas Bacillariophyceae con énfasis en las especies nocivas en tres sitios de la zona costera de El Salvador* [Tesis de licenciatura, Universidad de El Salvador]. <https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/737a74c4-dc85-47aa-a6f8-41141a7fe4c6/content>
- Cuellar-Martínez, T., Ruiz-Fernández, A., C., Alonso-Hernández, C., Amaya-Monterrosa, O., Quintanilla, R., Carrillo-Ovalle, H. L., Arbeláez M., N., D'Áz-Asencio, L., Méndez, S. M., Vargas, M., Chow-Wong, N. F., Valerio-Gonzalez, L. R., Enevoldsen, H., & Dechraoui Bottein, M.-Y. (2007). Addressing the problem of harmful algal blooms in Latin America and the Caribbean—A regional network for early warning and response. *Frontiers in Marine Science*, 5. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00409>
- Cullen, J., Franks, P., Karl, D., & Longhurst, A. (2002). Physical influences on marine ecosystem dynamics. En A. R. Robinson, J. J. McCarthy & B. J. Rothschild (Eds.), *The Sea. Vol. 12: Biological-Physical Interactions in the Ocean* (pp. 297-335). John Wiley & Sons.
- Durán-Riveroll, L. M., & Cembella, A. D. (2017). Guanidinium toxins and their interactions with voltage-gated sodium ion channels. *Marine Drugs*, 15(10), 303.
- Durán-Riveroll, L. M., Band-Schmidt, C. J., Okolodkov, Y. B., & Almazán-Becerril, A. (2019). Florecimientos algales nocivos en las costas de México: estado actual y perspectivas. En A. V. Botello, S. Villanueva & J. Gutiérrez (Coords.), *Costas y mares mexicanos: Contaminación, impactos, vulnerabilidad y cambio climático* (pp. 277-312). Universidad Nacional Autónoma de México. <https://doi.org/10.26359/epomex.0419>
- Dybas, C. (2018). *Two decades of hurricanes change coastal ecosystems: Increase algae blooms, fish kills, dead zones*. NSF Discoveries.
- Edwards, M., Seuront, L., & Leterme, S. (2006). Differential contribution of diatoms and dinoflagellates to phytoplankton biomass in the NE Atlantic Ocean and the North Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 312, 57-65. <https://doi.org/10.3354/meps312057>
- Emanuel, K. (2005). Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature*, 436, 686-688.
- Espinoza, J., Amaya, O., & Quintanilla, R. (2013). *Atlas de fitoplancton marino*.
- Esqueda-Lara, K., & Hernández-Becerril, D. U. (2010). *Dinoflagelados microplanctónicos marinos del Pacífico central de México (Isla Isabel, Nayarit y costas de Jalisco y Colima)*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.

- Freer, E., & Vargas-Montero, M. (2003). Floraciones algales nocivas en la costa pacífica de Costa Rica: Toxicología y sus efectos en el ecosistema y salud pública. *Acta Médica Costarricense*, 45(4), 158-164.
- Fukuyo, Y., Taylor, F. J. R., Hallegraeff, G. M., & Maclean, J. L. (1989, mayo). Morphological characteristics of dinoflagellates. En *Biology, epidemiology and management of Pyrodinium Red Tides* (Vol. 21, pp. 201-205). International Center for Living Aquatic Resources Management Conference Proceedings.
- Gárate-Lizárraga, I., Muñetón-Gómez, M. S., Pérez-Cruz, B., & Díaz-Ortiz, J. A. (2014). Florecimiento de *Gonyaulax spinifera* (Dinophyceae: Gonyaulacales) en la laguna Ensenada de La Paz, Golfo de California. *CICIMAR Océánides*, 29(1), 11-18. <https://doi.org/10.37543/oceanides.v29i1.130>
- Gárate-Lizárraga, I., Muñetón-Gómez, M. del S., & Maldonado-López, V. M. L. (2006). Florecimiento del dinoflagelado *Gonyaulax polygramma* frente a la Isla Espíritu Santo, Golfo de California, México. *Revista de Investigaciones Marinas*, 27(1), 31-39.
- García-Pérez, J., Carrillo-Ovalle, L., Blanda, E., & Vargas-Montero, M. (2018). First report of the genus *Gambierdiscus* from the Atlantic coast of Guatemala. *Harmful Algae News*, 61, 9-10.
- García-Pérez, J., García-López, A., Carrillo-Ovalle, L., Solares-Cortez, N., & López-Bran, R. (2020). Florecimiento algal nocivo por *Pyrodinium bahamense* en diciembre 2018 en la Costa del Pacífico de Guatemala. *Revista de Ciencia Tecnología y Salud*, 7(1). <https://doi.org/10.36829/63CTS.v7i1.810>
- Geider, R. J., MacIntyre, H. L., & Kana, T. M. (1997). Dynamic model of phytoplankton growth and acclimation: Responses of the balanced growth rate and the chlorophyll a: Carbon ratio to light, nutrient-limitation and temperature. *Marine Ecology Progress Series*, 148, 187-200.
- Gilibert, P. M., & Burkholder, J. M. (2012). Recent insights about relationships between nutrient availability, forms, and stoichiometry, and the distribution, ecophysiology, and food web effects of pelagic and benthic *Prorocentrum* Species. *Harmful Algae*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2011.10.023>
- Gilibert, P. M., & Burkholder, J. M. (2018). Causas de la proliferación de algas nocivas. En S. E. Shumway, J. M. Burkholder, & S. L. Morton (Eds.), *Floraciones de algas nocivas: Una referencia documental del compendio* (pp. 1-38). John Wiley & Sons.
- Gobler, C. (2020). Climate change and harmful algal blooms: Insights and perspective. *Harmful Algae*, 91. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2019.101731>
- Gómez, F. (2012). A quantitative review of the lifestyle, habitat, and trophic diversity of dinoflagellates (*Dinoflagellata*, *Alveolata*). *Systematics and Biodiversity*, 10(3), 267-275. <https://doi.org/10.1080/14772000.2012.721021>
- Graham, H. W. (1942). *Studies in the morphology, taxonomy and ecology of the Peridinales. Biology-III. Scientific results of cruise VII of the Carnegie during 1928-1929 under command of Captain J. P. Ault*. Carnegie Institution of Washington, publ. 542. <https://archive.org/details/studiesinmorphol00carn>
- Graham, L. E., & Wilcox, L. W. (2000). *Algae*. Prentice Hall.
- Granéli, E., & Turner, J. (2006). Una introducción a las algas nocivas. En E. Granéli & J. T. Turner (Eds.), *Ecología de algas nocivas* (pp. 1-23). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-32210-8_1
- Guerra-Martínez, S. L., & Lara-Villa, M. A. (1996). "Florecimiento" de *Ceratium furca* (Peridinales: Ceratiaceae) en un ambiente salobre: Laguna de Sontecomapan, México. *Revista de Biología Tropical*, 44(1), 23-30.
- Guiry, M. D. (2013). Gymnodinales. En M. D. Guiry & G. M. Guiry (Eds.), *AlgaeBase. World-wide electronic publication*, National University of Ireland, Galway. <http://marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=109392>
- Guiry, M. D., & Guiry, G. M. (2018). *AlgaeBase. World-wide electronic publication*, National University of Ireland, Galway. Recuperado el 19 de septiembre de 2022, de <http://www.algaebase.org>
- Guiry, M. D., & Guiry, G. M. (2024). *AlgaeBase. World-wide electronic publication*, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org/>
- Hallegraeff, G. (1993). A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia*, 32(2), 79-99. <https://doi.org/10.2216/i0031-8884-32-2-79.1>
- Hallegraeff, G. M., Anderson, D. M., & Cembella, A. D. (Eds.). (2003). *Manual sobre microalgas marinas nocivas*. Monografías sobre Metodología Oceanográfica, 11. UNESCO.
- Hallegraeff, G. M., Blackburn, S., Doblin, D., & Bolch, J. (2012). Global toxicology, ecophysiology and population relationships of the chain-forming PST dinoflagellate *Gymnodinium catenatum*. *Harmful Algae*, 14, 130-143. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2011.10.018>
- Hallegraeff, G., Eriksen, R., Davies, C., Slotwinski, A., McEnulty, F., Coman, F., Uribe-Palomino, J., Tonks, M., & Richardson, A. (2020). The marine planktonic dinoflagellate *Tripos*: 60 years of species-level distributions in Australian waters. *Australian Systematic Botany*, 33(4), 392-411. <https://doi.org/10.1071/SB19043>
- Hansen, G., & Moestrup, Ø. en Daugbjerg et al. (2000). figs. 2f-g; Balech (1988), lám. 1, figs. 1-2 (como *G. splendens*); Steidinger & Tangen (1997), lám. 19.
- Happach-Kasan, C. (1982). Studies on the construction of theca of *Ceratium cornutum*. *Archiv für Protistenkunde*, 125, 181-207.
- Hernández-Becerril, D. U., Cortés Altamirano, R., & Alonso, R. R. (2000). The dinoflagellate genus *Prorocentrum* along the coasts of the Mexican Pacific. *Hydrobiologia*, 418, 111-121.

- Hernández-Becerril, D. U., Barón-Campis, S. A., Ceballos-Corona, J. G. A., Alonso-Rodríguez, R., Rincones-Reyes, K. M., Becerra-Reynoso, R. T., & Arce-Rocha, G. (2021). *Catálogo de fitoplancton del Pacífico central mexicano, Cruceros "Marea R" (2009-2019)*. B/O "El Puma", Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hinder, S., Hays, G., Edwards, M., Roberts, E., Walne, A., & Gravenor, M. (2012). Changes in marine dinoflagellate and diatom abundance under climate change. *Nature Climate Change*, 2(4), 271-275. <https://doi.org/10.1038/nclimate1388>
- Hoppenrath, M., M. Elbrächter, G. Drebes. (2009). *Marine phytoplankton. Selected microphytoplankton from the North Sea around Helgoland and Sylt*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Hoppenrath, M., Chomérat, N., & Horiguchi, T. (2014). *Dinoflagelados bentónicos marinos: Revelando su biodiversidad mundial*. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nagele u. Obermiller).
- Hoppenrath, M. (2017). Dinoflagellate taxonomy—A review and proposal of a revised classification. *Marine Biodiversity*, 47, 381-403. <https://doi.org/10.1007/s12526-016-0471-8>
- Hoppenrath, M. (2022). Kofoid system. *Deutsches Zentrum für Marine Biodiversitätsforschung*. <https://www.dinophyta.org/morphology-of-dinoflagellates/kofoid-tabulation/>
- Islabão, C. A., & Odebrecht, C. (2011). Dinoflagelados (Peridinales, Procoentrales) do microplâncton na plataforma continental e talude do extremo sul do Brasil (inverno 2005, verão 2007). *Biota Neotropica*, 11, 153-166.
- Jeffrey, S. W., Mantoura, R. F. C., & Wright, S. W. (1995). *Phytoplankton pigments in oceanography*. SCOR-UNESCO.
- Jeong, H., Yoo, Y., Seong, K., Kim, J., Park, J., Kim, S., Lee, S., Ha, J., Yih, W. (2005). Feeding by the mixotrophic red-tide dinoflagellate *Gonyaulax polygramma*: mechanisms, prey species, effects of prey concentration, and grazing impact. *Aquatic Microbial Ecology*, 38, 249-257. <https://doi.org/10.3354/ame038249>
- Ji, X., Han, X., Zheng, L., Yang, B., Yu, Z., & Zou, J. (2011). Allelopathic interactions between *Prorocentrum micans* and *Skeletonema costatum* or *Karenia mikimotoi* in laboratory cultures. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 29(4), 840-848.
- Joyce, L. B. (2004). Dinoflagellate cysts in recent marine sediments from Scapa Flow, Orkney, Scotland. *Botanica Marina*, 47, 173-183.
- Klais, R., Tamminen, T., Kremp, A., Spilling, K., & Olli, K. (2011). Decadal-scale changes of dinoflagellates and diatoms in the anomalous Baltic Sea Spring bloom. *PLoS ONE*, 6(6), 21-56. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021567>
- Kudella, R., Dierssen, H., Ryan, J., Scholin, C., Johnson, K., & Sullivan, J. (2005). Coastal ocean physics and red tides: An example from Monterey Bay, California. *Oceanography*, 18(2), 246-255. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2005.58>
- Kurtz, J. C., Jackson, L. E., & Fisher, W. S. (2001). Strategies for evaluating indicators based on guidelines from the Environmental Protection Agency's Office of Research and Development. *Ecological Indicators*, 1(1), 49-60. [https://doi.org/10.1016/S1470-160X\(01\)00004-8](https://doi.org/10.1016/S1470-160X(01)00004-8)
- Lavaniegos, B. E. (2014). Crustáceos planctónicos como indicadores de variabilidad climática y corrientes marinas. En Z. González, C. A. Vallarino, J. C. Pérez, & A. M. Low (Eds.), *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental* (pp. 147-170). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Lee, R. (2008). Dinophyta. En *Phycology* (pp. 262-309). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511812897.011>
- López-Cortés, D. J., Núñez Vázquez, E. J., Dorantes-Aranda, J. J., Band-Schmidt, C. J., Hernández-Sandoval, F. E., Bustillos-Guzmán, J. J., Leyva-Valencia, I., & Fernández-Herrera, L. J. (2019). The state of knowledge of harmful algal blooms of *Margalefidinium polykrikoides* (a.k.a. *Cochlodinium polykrikoides*) in Latin America. *Frontiers in Marine Science*, 6, Artículo 463. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00463>
- Maciel-Baltazar, E. (2015). Dinoflagelados (Dinoflagellata) tóxicos de la costa de Chiapas, México, Pacífico centro oriental. *Cuadernos de Investigación UNED*, 7(1), 39-48.
- Marasigan, A. N., Sato, S., Fukuyo, Y., & Kodama, M. (2001). Accumulation of a high level of diarrhetic shellfish toxins in the green mussel *Perna viridis* during a bloom of *Dinophysis caudata* and *Dinophysis miles* in Sapan Bay, Panay Island, the Philippines. *Fisheries Science*, 67(5), 994-996.
- Meave del Castillo, M. E. & Zamudio-Resendiz, M. E., (2009). *Atlas de dinoflagelados marinos del Pacífico mexicano, en dinoflagelados y diatomeas del Pacífico tropical mexicano* (Informe final SNIB-CONABIO, Proyecto No. DJ022). Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.
- Merino-Virgilio, F. del C., Okolodkov, Y. B., Aguilar-Trujillo, A. C. & Herrera-Silveira, J. A. (2013). Phytoplankton of the northern coastal and shelf waters of the Yucatan Peninsula, southeastern Gulf of Mexico, Mexico. *Check List*, 9(4), 771-779.
- Moreira González, A., Betancourt, C., Toledo, L., Barcia, S., & Comas, A. (2013). Notas acerca del fitoplancton de la Laguna Guanaroca, Cienfuegos, Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 33(1), 39-45.
- Morquecho-Escamilla, M. de L. (1996). *Fitoplancton tóxico y actividad de ficotoxinas en la Almeja Catarina *Argopecten circularis* (Sowerby, 1835) en Bahía Concepción, Golfo de California* [Tesis de doctorado inédita]. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional.
- Myung, M.-S., Wang, P., Kim, J. H., Cho, S.-Y., Park, B. S., Kim, J.-H., Katano, T., & Kim, B.-H. (2016). Morphological and molecular phylogenetic position of *Prorocentrum micans* sensu stricto and description of *Prorocentrum koreanum* sp. nov. from southern coastal waters in Korea and Japan. *Protist*, 167(1), 32-50. <https://doi.org/10.1016/j.protis.2015.12.001>

- Navarro-Vargas, G., Díaz-Ramos, J. R., Troccoli-Ghinaglia, L., & Subero, S. (2014). Dinoflagelados epibentónicos presentes en diferentes sustratos en la bahía Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 53(2).
- Naves, J. L., Prado, M. P., Rangel, M., De Sanctis, B., Machado-Santelli, G., & Freitas, J. C. (2006). Cytotoxicity in the marine dinoflagellate *Prorocentrum mexicanum* from Brazil. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 143(1), 73-77.
- Ojeda, A. (1998). *Dinoflagelados de Canarias: Estudio taxonómico y ecológico* [Tesis de doctorado, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria]. <http://hdl.handle.net/10553/4872>
- Okolodkov, Y. B. (2010). *Ceratium* Schrank (Dinophyceae) of the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano), Gulf of Mexico, with a key for identification. *Acta Botanica Mexicana*, 93, 41-101.
- Okolodkov, Y. B. (2014). Dinophysiales (Dinophyceae) of the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, Gulf of Mexico, with a key for identification. *Acta Botanica Mexicana*, 106, 9-71.
- Okolodkov, Y., & Blanco, R. (2011). *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de estado. Ecología y productividad primaria de microalgas marinas y mixohalinas*. Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología.
- Okolodkov, Y. B., & Gárate-Lizárraga, I. (2006). An annotated checklist of dinoflagellates (Dinophyceae) from the Mexican Pacific. *Acta Botanica Mexicana*, 7, 1-154.
- Okolodkov, Y. B., Merino-Virgilio, F. D. C., Aguilar-Trujillo, A. C., Osorio-Moreno, I., & Herrera-Silveira, J. A. (2014). The genus *Scrippsiella* (Dinoflagellata) in coastal waters of the northern Yucatan Peninsula, SE Gulf of Mexico. *Boletín de la SMF y SOFILAC*, 4, 21-32.
- Orantes Ramos, T. E. M., & Vieitez Basagoitia, B. M. (2007). Abundancia y distribución de *Pyrodinium bahamense* en fase vegetativa y quística, en las playas: El Sunzal, Taquillo y Mizata, departamento de La Libertad, El Salvador [Tesis de licenciatura, Universidad de el Salvador]. <https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/ec0c5c94-e99e-45a5-9f94-534972f3b841/content>
- Ordoñez-López, U. (2017). Curso-Taller de identificación de zooplancton. En R. González (Presidencia). *XX Reunión Nacional de la Sociedad Mexicana de Planctología y Capítulo 8. XIII International Meeting of the Mexican Society of Planktology*, Sociedad Mexicana de Planctología, Mérida, Yucatán, México.
- Pal, R., & Choudhury, A. K. (2014). *An introduction to phytoplanktons: Diversity and ecology*. Kolkata, India: Springer India. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-1838-8>
- Paz Córdón, K. E. (1997). Identificación, abundancia y temporalidad estacional y espacial de Pyrrophytas y su relación con las variables ambientales presentes en puerto Quetzal, San José, Escuintla [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/24/24_0003.pdf.
- Pitcher, G. C., Figueiras, F. G., Hickey, B. M., & Moita, M. T. (2010). The physical oceanography of upwelling systems and the development of harmful algal blooms. *Progress in Oceanography*, 55(1-2), 5-32.
- Pizarro, G., Garrido, C., Cárdenas, C., Frangópulos, M., Alarcón, C., Guzmán, I., Zamora, C., & Pacheco, H. (2011). Distribución espacial de *Alexandrium catenella* y de toxinas paralizantes en el plancton y mariscos entre el golfo de Penas y Canal Trinidad (primavera 2008). *Ciencia y Tecnología del Mar*, 34(1-2), 19-30.
- Prabowo, D. A., Purbani, D. C., & Noerdjito, D. R. (2023). First record of the thecate marine dinoflagellate *Protoperidinium abei* (Peridinales, Dinophyceae) in Indonesia. *HAYATI Journal of Biosciences*, 30(2), 207-215.
- Prakash, A. (1967). Growth and toxicity of a marine dinoflagellate, *Gonyaulax tamarensis*. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 24(7), 1589-1606.
- Quintana-Manotas, H. L., Atehortúa-Garcés, L., Hoyos-Acuña, J. J., & Portillo-Cogollo, L. (2021). Taxonomía del género *Tripes* en el Golfo de Urabá, Caribe colombiano. *Intropica*, 16(2), 191-203.
- Reguera, B. (2003). *Biología, autoecología y toxínología de las principales especies del género Dinophysis asociadas a episodios de Intoxicación Diarreogénica por Bivalvos (DSP)* [Tesis de doctorado, Universidad de Barcelona]. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/1426/TESISREGUERA.pdf>
- Robledo, D., & Freile-Pelegrin, Y. (2014). Las algas marinas como bioindicadores de calidad ambiental y su uso en estudios ecotoxicológicos. En G. González, J. C. Vallarino, & A. M. Low (Eds.), *Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental* (pp. 535-549). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Rochon, A., Lewis, J., Ellegaard, M., & Harding, I. C. (2009). The *Gonyaulax spinifera* (Dinophyceae) "complex": Perpetuating the paradox? *Review of Palaeobotany and Palynology*, 155(1-2), 52-60.
- Rosales-Loessener, F. (1989). The Guatemalan experience with red tides and paralytic shellfish poisoning. In: G. Hallegraeff, G. & Maclean, J.L. (Eds). *Biology, Epidemiology and Management of Pyrodinium Red Tides* (pp. 49-51), Manila, Philippines: International Center for Living Aquatic Resources Management.
- Rosales-Loessener, F. M. W. (1989). Toxic shellfish poisoning in Guatemala. En T. Okaichi, D. M. Anderson & T. Nemoto (Eds.), *Red tides: Biology, environmental science and toxicology* (pp. 113-116). Elsevier Science Publishing.
- Salcedo-Garduño, M. G., Castañeda-Chávez, M. R., Lango-Reynoso, F., Sosa-Villalobos, C. A., Landeros, C., & Galaviz-Villa, I. (2019). Influence of physicochemical parameters on phytoplankton distribution in the lagoon system of Mandinga, Mexico. *Revista BioCiencias*, 6, 1-25. <https://doi.org/10.15741/revbio.06.e427>

- Salgado, P. (2011). Distribución espacio-temporal de ensambles de quistes de dinoflagelados productores de floraciones algales nocivas en sedimentos costeros del sur de Chile (región de Los Lagos) durante los últimos 150 años [Tesis de maestría inédita]. Universidad de Concepción de Chile.
- Sanseverino, I., Conduto, D., Pozzoli, L., Dobricic, S., & Lettieri, T. (2016). *Algal bloom and its economic impact*. European Commission, Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability.
- Satake, M., MacKenzie, L. & Yasumoto, T. (1997). Identification of *Protoceratium reticulatum* as the Biogenetic origin of Yessotoxin. *Natural Toxins*, 5, 164-167.
- Scholz, B., Guillou, L., Marano, A. V., Neuhauser, S., Sullivan, B. K., Karsten, U., Küpper, F. C., & Gleason, F. H. (2016). Zoospore parasites infecting marine diatoms – A black box that needs to be opened. *Fungal Ecology*, 19, 59-76. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2015.09.002>
- Servicio Meteorológico Nacional de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica. (2021). *Estado del Sistema de alerta del ENSO: Advertencia de La Niña*. https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_disc_feb2021/ensodisc_Sp.shtml
- Shawn, M., Colin, S., & Dam, H. (2003). Effects of the toxic dinoflagellate *Alexandrium fundyense* on the copepod *Acartia hudsonica*: A test of the mechanisms that reduce ingestion rates. *Marine Ecology Progress Series*, 248, 55-65.
- Steemann-Nielsen, E. (1934). Untersuchungen über die Verbreitung, biologie und vder ceratien im südlichen stillen ozean. *Dana Reports*, 1(4), 1-68.
- Steidinger, K., & Williams, A. (1970). Dinoflagellates. *Memoirs of the Hourglass Cruises*, 2, 251.
- Steidinger, K. A., & K. Tangen. (1997). Dinoflagellates. En C. R. Tomas (Ed.), *Identifying marine phytoplankton* (pp. 387-584). Academic Press.
- Stoecker, D., Hansen, P., Caron, D., & Mitra, A. (2017). Mixotrophy in the marine plankton. *Annual Review of Marine Science*, 9, 311-335. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010816-060617>
- Ryan, J., Nowinski, B., Esson, K., Preston, C., Marin, R., Birch, J., & et al. (2009). Unprecedented DMSP concentrations in a massive dinoflagellate bloom in Monterey Bay, CA. *Geophysical Research Letters*, 46(21), 12279-12288. <https://doi.org/10.1029/2019gl085496>
- Taş, S., Ergül, H. A., & Balkis, N. (2016). Harmful algal blooms (HABs) and mucilage formations in the Sea of Marmara. En E. Özsoy, M. N., Cagatay, N. Balkis, N. Balkis, B., Öztürk, B. (Eds.), *The sea of Marmara; marine biodiversity, fisheries, conservation and governance* (Publication No. 42, p. 786). Turkish Marine Research Foundation.
- Taylor, F. (1976). Dinoflagellates from the International Indian Ocean Expedition. *Bibliotheca Botanica*, 1321, 197-234.
- Taylor, F. (1987). General and marine ecosystems. En F. J. R. Taylor (Ed.), *The biology of dinoflagellates* (Vol. 21, pp. 399-502). Blackwell Scientific Publications.
- Taylor, F., Hoppenrath, M., & Saldarriaga, J. (2008). Diversidad y distribución de dinoflagelados. *Biodiversity and Conservation*, 17, 407-418. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9258-3>
- Tester, P. A., Stumpf, R. P., Vukovich, F. M., Fowler, P. K., & Turner, J. T. (1991). An expatriate red tide bloom: Transport, distribution, and persistence. *Limnology and Oceanography*, 36(5), 1053-1061.
- Thomas, C., Hasle, G., Syvertsen, E., Throndsen, J., Jagen, K., Steidinger, K., & Heimdal, B. (1997). *Identifying Marine Phytoplankton*. Academic Press.
- Tillmann, U., & Hoppenrath, M. (2013). Life cycle of the pseudocolonial dinoflagellate *Polykrikos kofoidii* (Gymnodinales, Dinoflagellata). *Journal of Phycology*, 49(2), 298-317. <https://doi.org/10.1111/jpy.12037>
- Uribe, J. C., Oyarzún, S., & Latorre, V. (2010). *Alexandrium catenella* (Whedon & Kofoid) Balech, 1985, en aguas magallánicas, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 38(1): 103-110.
- Vargas Montero M., E. Freer Bustamante, J. C. Guzmán, & J. C. Vargas. 2008. Florecimientos de dinoflagelados nocivos en la costa Pacífica de Costa Rica. *Hidrobiológica*, 18(1 Suplemento), 15-23.
- Vargas, E. C., Abarca, J. B., & Artavia, K. B. (2014). Efectos de El Niño y La Niña sobre el comportamiento del microfitoplancton marino y las variables fisicoquímicas durante el 2008 a 2010 en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 6, 115-133.
- Vargas-Montero, M., & Freer, E. (2004). Presencia de los dinoflagelados *Ceratium dens*, *C. fusus* y *C. furca* (Gonyaulacales: Ceratiaceae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 52, 115-120.
- Vidal, L. A., & Lozano-Duque, Y. (2011). Revisión de los taxones del género *Neoceratium* F. Gómez, D. Moreira et P. López-García (*Dinophyceae*) y primer registro de *N. dens* en el mar Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 40(1), 143-183.
- Wells, M., Karlson, B., Wulff, A., Kundela, R., Trick, C., Asnaghi, V., Berdalet, E., & Trainer, V. (2019). Future HAB science: Directions and challenges in a changing climate. *Harmful Algae*, 91. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2019.101632>
- Xu N, Wang M, Tang Y, Zhang Q, Duan S, Gobler CJ (2017) Acute toxicity of the cosmopolitan bloom-forming dinoflagellate *Akashiwo sanguinea* to finfish, shellfish, and zooplankton. *Aquatic Microbial Ecology*, 80, 209-222. <https://doi.org/10.3354/ame01846>
- Yasakova, O., Makarevich, P., & Okolodkov, Y. (2020). Long-term changes in community of planktonic algae of the northeastern Black Sea (2005-2011). *KmE Life Sciences*, 5(1), 569-580. <https://doi.org/10.18502/cls.v5i1.6129>



Sobre los autores



M. Sc. Karla Paz Cordón

Profesora e Investigadora del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Karla Paz es profesora universitaria con más de 15 años de experiencia en el Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (CEMA) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). Es miembro activo del Instituto de Investigaciones Hidrobiológicas de CEMA, donde coordina el programa “Plancton” e investiga temas relacionados con la ecología marina y la identificación y cuantificación del plancton.

Actualmente, se desempeña como Coordinadora del estresor marino “Floraciones Algales Nocivas y Toxinas Marinas” en la Red de Investigación de Estresores Marinos – Costeros en Latinoamérica y el Caribe (REMARCO). Asimismo, representa a Guatemala en la Subcomisión para el Caribe y las Regiones Adyacentes de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO. Además, es miembro de la International Society for the Study of Harmful Algae y de la Organization for Women in Science for the Developing World (OWSD).

Su trayectoria ha sido reconocida en diversas ocasiones por el Instituto Universitario de la Mujer (IUMUSAC), destacándose como la primera mujer en graduarse de la Licenciatura en Acuicultura en Guatemala y Centroamérica. Entre sus distinciones más notables se encuentran:

- Reconocimiento a la Excelencia Académica del Profesor Universitario en la categoría de Investigación. CEMA-USAC, junio de 2024.
- Reconocimiento a la Excelencia Académica del Profesor Universitario en la categoría de Grado. USAC, junio de 2020.
- Reconocimiento “Olimpia R. Altuve” otorgado por el Instituto Universitario de la Mujer (IUMUSAC) por ser la primera mujer acuicultora en Centroamérica. Marzo de 2020.



Dr. Est. Yuri Okolodkov

Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana (ICIMAP-UV).

Yury Okolodkov es un destacado biólogo marino con más de cinco décadas de trayectoria en la investigación de ecosistemas marinos. Comenzó su carrera en 1973 en el Instituto de Zoología de la Academia de Ciencias de la URSS y obtuvo su título en Biología por la Universidad Estatal de Leningrado en 1983, tras defender su tesis sobre zooplancton en el Estrecho de Bering. En 1987, alcanzó el grado de doctor con una tesis enfocada en el fitoplancton del Mar de Chukotka.

A lo largo de su carrera, ha participado en más de 20 expediciones científicas en regiones como el Ártico, el Atlántico, el Pacífico y el Océano Antártico. Además, ha colaborado en prestigiosos laboratorios de investigación en diversos países y ha sido beneficiario de becas otorgadas por la Royal Society of London, la UNESCO y la National Science Foundation, entre otras instituciones internacionales. En el año 2000, defendió su tesis doctoral estatal en el Instituto de Botánica Komarov y recibió la Medalla de Servicio en la Antártida por la National Science Foundation de los Estados Unidos.

Desde 2005, Yury se desempeña como investigador en el Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías de la Universidad Veracruzana, donde fundó el Laboratorio de Botánica Marina y Planctología, así como la colección de algas de la institución. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores de México, habiendo alcanzado el Nivel I de 2005 a 2015 y el Nivel II a partir de 2016. Su producción científica incluye la publicación de 128 artículos en revistas especializadas y 41 capítulos de libro. Entre sus obras más relevantes se encuentran Atlas de la flora marina del sur de Spitsbergen (1995), La biodiversidad en Veracruz: estudio de estado (2011) y Especies invasoras acuáticas en ecosistemas de México (2014).



Dr. Fernando Cobo Gradín

Departamento de Zoología,
Genética y Antropología Física.
Facultad de Biología. Universidad
de Santiago de Compostela (USC),
Galicia, España.

Fernando Cobo Gradín, Doctor en Biología por la Universidad de Santiago de Compostela, recibió el Premio Extraordinario de Doctorado en 1988 y ha llevado a cabo estudios de postgrado en la Universidad Paul Sabatier de Toulouse (Francia). Ha liderado 26 proyectos de convocatorias competitivas sobre Limnología y ha establecido 50 contratos con empresas y administraciones públicas. Es autor de una vasta producción científica, que incluye 80 publicaciones indexadas en el SCI, 56 en revistas especializadas «peer review», 30 libros completos, 82 capítulos de libros y 36 actas de congresos. Ha presentado más de 200 contribuciones en congresos nacionales e internacionales y ha elaborado 11 informes periciales en procedimientos relacionados con delitos medioambientales.

Su trabajo de investigación se centra en diversos aspectos de la Limnología, con un enfoque particular en problemas emergentes como los servicios ecosistémicos, las invasiones biológicas, así como la toxicidad y el control de cianobacterias. Ha realizado estancias en once centros internacionales de Hidrobiología y dirigido diez tesis doctorales, además de supervisar más de cincuenta trabajos de investigación.

Su experiencia lo ha llevado a formar parte de 16 comités internacionales y 14 comités en España. Es cofundador y actual presidente de la Asociación Gallega de Investigadores del Agua (AGAIA) y vicepresidente de la Sociedad Ibérica de Ictiología. En el ámbito de la transferencia del conocimiento, ha desarrollado 48 contratos de asistencia técnica.

Además de su labor científica, dirige un programa de voluntariado social con la Comunidad Terapéutica para drogodependientes del Proyecto Hombre Galicia, por esta actividad y por su compromiso con otras entidades sociales ha recibido 18 distinciones. Es también fundador de la Estación Hidrobiológica de Campo “Encoro do Con” de la Universidad de Santiago de Compostela, de la cual es director desde hace 16 años. Su investigación abarca desde la taxonomía y biología de insectos acuáticos hasta la ecología de peces de agua dulce, con especial énfasis en especies migratorias e invasivas, así como en el control de cianobacterias tóxicas en ecosistemas acuáticos.



El diseño y diagramación de este documento fue realizado en la Unidad de Publicaciones y Divulgación de la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La impresión se realizó en la Editorial Sur S.A., en noviembre de 2024, con un tiraje de 60 ejemplares en papel husky 10, Guatemala, C. A.



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

DG Dirección General
de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala



ISBN: 978-9929-620-51-3



9 789929 620513

