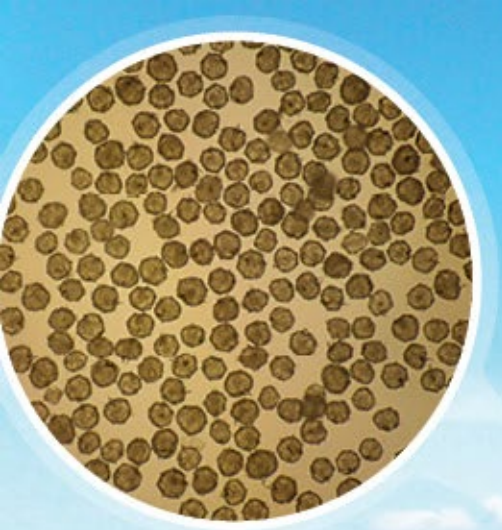
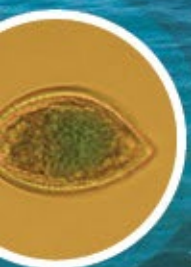
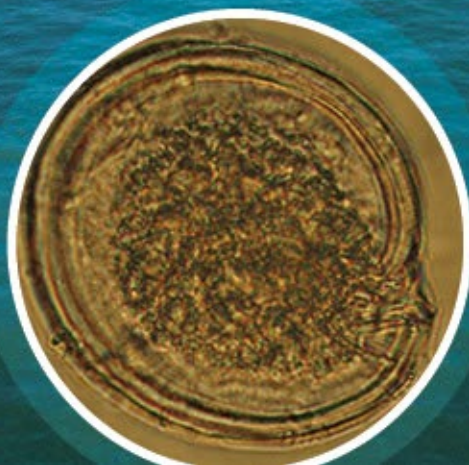


ATLAS

De Fitoplancton Marino

Jaime Espinoza / Oscar Amaya / Rebeca Quintanilla
Universidad de El Salvador





ATLAS

De Fitoplancton Marino

Jaime Espinoza / Oscar Amaya / Rebeca Quintanilla

Universidad de El Salvador

Espinoza Navarrete, Jaime Javier

Atlas de Fitoplancton Marino/Jaime Javier Espinoza Navarrete,
Oscar Armando Amaya Monterrosa, Cesiah Rebeca Quintanilla Quintanilla.—1ª ed.-
Ciudad Universitaria, San Salvador: LABTOX-UES; Facultad de Ciencias Naturales y
Matemática, 2013.

100 páginas: ilustraciones; 22x28 cm.

ISBN- 978-99961-0-390-2

1. FITOPLANCTON MARINO 2. TOXINAS-MARINAS
- I. AMAYA MONTERROSA, OSCAR ARMANDO II. Título
- II. QUINTANILLA QUINTANILLA, CESIAH REBECA III. Título

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Rector

Ing. Mario Roberto Nieto Lovo

Vice Rectora Académica

M.Sc. Ana María Glower de Alvarado

Secretaria General

Dra. Ana Leticia Zavaleta de Amaya

Fiscal

Lic. Francisco Cruz Letona

Decano

Facultad de Ciencias Naturales y Matemática

M.Sc. Martín Enrique Guerra Cáceres

Vice Decano

Ramón Arístides Paz Sánchez

Secretario

Lic. Carlos Antonio Quintanilla Aparicio

AUTORES

Jaime Javier Espinoza Navarrete
Oscar Armando Amaya Monterrosa
Cesiah Rebeca Quintanilla Quintanilla

COLABORADORES

Abel de Jesús Mendoza Torres
Gerardo Alberto Ruiz Rodríguez
Wilfredo Ernesto Rivera Torres
Nubia Patricia Parada Herrera
Yaneth Alvarado Callejas
Maira Isabel Flores Vanegas
Lorena Campos Durán
Sandra Iveth Cabezas Peña



Introducción

El personal del Laboratorio de Toxinas Marinas de la Universidad de El Salvador ha generado el material que usted tiene en sus manos. Es producto de años dedicados al monitoreo de fitoplancton marino en toda la costa salvadoreña, se ilustran 70 imágenes de microalgas seleccionadas por su frecuencia de aparición, de un total de 200 identificadas en cinco años.

Elevadas densidades de estas especies pueden producir Floraciones Algales Nocivas, mejor conocidas en nuestro país como “Mareas Rojas”, algunas de ellas producen toxinas. Una descripción, tipo de toxicidad asociada y distribución geográfica se hace de cada especie de microalga.

Se han dedicado cientos de horas en observaciones al microscopio para su identificación taxonómica y dimensionar las especies de fitoplancton hasta el orden de los micrómetros (10^{-6} metros). A simple vista no logramos ver estas microalgas, pero están allí, jugando un vital papel en el inicio de la cadena alimentaria del mar, al multiplicarse rápidamente pueden cambiar la coloración del agua y formar las mareas rojas.

Este conocimiento interdisciplinario, lo ponemos a disposición de la población estudiantil en todos los niveles del sistema educativo público y privado, maestros en ciencias y público en general, con el fin de visualizar especies de fitoplancton marino que pueden producir mareas rojas.

El Salvador como país costero está continuamente amenazado por la aparición de las mareas rojas, las cuales han aumentado su frecuencia e intensidad en la última década, causando daños en la salud de la población por consumo de alimentos marinos contaminados con biotoxinas marinas, además de causar impactos negativos en la economía y en el ambiente marino.

Es necesario investigar los microorganismos marinos y toxicidad asociada para reducir los riesgos a la salud pública y posiblemente salvaguardar vidas humanas.

Oscar Amaya
Coordinador LABTOX-UES
Profesor Escuela de Física
Facultad de Ciencias Naturales y Matemática
Universidad de El Salvador.

Agradecimientos

Al Departamento de Cooperación Técnica del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), por su colaboración en implementar el Laboratorio de Toxinas Marinas de la Universidad de El Salvador (LABTOX-UES) y financiar la publicación de esta obra.

Al Consejo de Investigaciones Científicas de la Universidad de El Salvador (CIC-UES) por su aporte del 5% institucional para la ejecución del proyecto ELS7005-OIEA.

Al Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo en El Salvador PNUD, por su apoyo administrativo al proyecto ELS7005.

A la Dirección de Cooperación Multilateral Regional y Organismos Financieros Internacionales. Ministerio de Relaciones Exteriores. Por su excelente gestión y enlace con el OIEA.

A los organismos de gobierno universitario y a la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador por su respaldo y apoyo incondicional al LABTOX-UES.

A profesores, estudiantes y trabajadores administrativos que han contribuido a la publicación de este trabajo.

Prólogo

Las Floraciones Algales Nocivas (FAN) representan una amenaza global para la salud pública y la explotación de los recursos costeros. Hay más de cien especies de fitoplancton incluidas en la lista de especies tóxicas de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO. Cada una de estas especies tiene requerimientos fisiológicos específicos y sería una simplificación decir que todas las FAN están experimentando un aumento en su frecuencia y distribución geográfica. No obstante, dada la expansión creciente de la acuicultura y el incremento de la explotación del medio costero en actividades de recreo, nos encontramos, sin duda, ante un incremento del impacto socio-económico de las FAN a escala mundial.

De entre todas las especies causantes de FAN, las más peligrosas para la salud pública son las especies productoras de toxinas paralizantes o toxinas PSP (Paralytic Shellfish Poisoning). Estas toxinas o venenos, producidas por algunas especies de microalgas del fitoplancton, se acumulan en los bivalvos filtradores (mejillones, almejas, ostras) y en organismos zooplanctónicos (copépodos, medusas) y pequeños peces pelágicos (sardinias, anchoas) que se alimentan de fitoplancton. De esta forma, los bivalvos u otros organismos acumuladores actúan como vectores que transmiten las toxinas a niveles superiores de la cadena trófica, llegando hasta las aves y mamíferos marinos y hasta los humanos. Las especies productoras de toxinas PSP no necesitan alcanzar elevadas densidades celulares, es decir, formar manchas o “mareas rojas” para causar su impacto letal. Basta con que los bivalvos hayan acumulado

concentraciones de toxina por encima de los niveles que se consideran aptos para el consumo humano (nivel de regulación). La ingesta de bivalvos contaminados con toxinas PSP causan un síndrome tóxico conocido como “intoxicación paralizante por bivalvos” que en casos extremos puede llegar a producir la muerte por paro cardiorrespiratorio.

Centroamérica no es la excepción. Sus países sufren episodios endémicos de intoxicaciones por consumo de moluscos contaminados con toxinas paralizantes que han causado víctimas mortales, al menos en Guatemala, México, El Salvador y Nicaragua; y mortandades de tortugas, aves y mamíferos marinos. Más vale prevenir que lamentar y la única forma de evitar intoxicaciones en los humanos es mediante el establecimiento de programas de vigilancia o “monitoring” que controlan periódicamente la presencia de toxinas en los bivalvos explotados para el consumo. Mejor aún si estas medidas se complementan con la vigilancia periódica de la presencia de especies de microalgas potencialmente tóxicas en el plancton. La detección de bajas densidades celulares de las especies problema es una excelente herramienta de “alerta temprana”. Asimismo, la detección de bajas concentraciones de toxinas en los moluscos permite la puesta en marcha de planes de contingencia cuya finalidad es evitar que el producto tóxico entre en el mercado y llegue a los consumidores. Es necesario también poner en marcha campañas de educación de la población para hacerla consciente de los peligros a los que se enfrenta si recolecta y consume productos marinos que no han pasado por controles sanitarios. Y por supuesto, una vez que el peligro ya está encima, es necesario aumentar

Prólogo

la alerta a la población a través de distintos medios de comunicación para que no se exponga a peligros innecesarios.

El Salvador es un país pequeño y con limitaciones económicas, pero con gente de espíritu grande. Ha sufrido episodios de intoxicación paralizante causados por el temible *Pyrodinium bahamense*, la especie responsable de más muertes por PSP en distintas zonas tropicales del mundo. También ha experimentado floraciones de alta densidad de *Cochlodinium polykrikoides*, que dan lugar a putrefacciones y otros efectos adversos en zonas de gran interés turístico. No obstante en muy pocos años y gracias a la cooperación con otros países y con organizaciones intergubernamentales, sus expertos se han puesto al día, mejor que nadie en Centroamérica, en la puesta a punto de técnicas avanzadas, muy sensibles, para la detección de toxinas en los productos marinos. Asimismo, los expertos formados en cursos en el extranjero para la identificación de microalgas nocivas han transmitido los conocimientos adquiridos a nuevos estudiantes.

Este “Atlas de Fitoplancton Marino” que tengo el placer de presentar es un ejemplo modélico de la transmisión de conocimientos destacado antes y el primero dedicado al tema de las floraciones algales nocivas en El Salvador. El Atlas incluye una pequeña revisión histórica de los eventos de fitoplancton nocivo que han afectado al país, así como una sección dedicada a la descripción de las estaciones de muestreo en distintos puntos de la costa salvadoreña

y los métodos de análisis empleados. El grueso del Atlas está formado por una hermosa colección de micrografías de especímenes de distintas especies de dinoflagelados, diatomeas y alguna cianobacteria, procedentes de muestras recolectadas en las costas de El Salvador, tomadas al microscopio de luz y de contraste de fases. También hay micrografías de dinoflagelados teñidos (con calcoflúor) para la correcta observación de las plaquitas celulósicas de su cubierta al microscopio de epifluorescencia. En cada lámina de imágenes se incluye información sobre las características morfológicas, distribución y posibles efectos adversos de la especie ilustrada. El Atlas será de gran utilidad para todos aquellos que deban hacer análisis de fitoplancton en El Salvador y para cualquier estudiante que elija este tema para sus estudios de Maestría y Postgrado.

Quisiera terminar felicitando a todos los que han contribuido a esta publicación y desearles que continúen con la dedicación y entusiasmo que han demostrado hasta la fecha.

Beatriz Reguera
Instituto Español de Oceanografía
Vigo, España.

Índice

EVENTOS RECURRENTES DE MAREA ROJA	8
METODOLOGÍA	10
ZONAS DE MUESTREO	12
MORFOLOGÍA	14
DINOFLAGELADOS	
<i>Akashiwo sanguinea</i>	16
<i>Alexandrium ostenfeldii</i>	17
<i>Alexandrium monilatum</i>	18
<i>Ceratium breve</i>	20
<i>Ceratium candelabrum</i>	21
<i>Ceratium carriense</i>	22
<i>Ceratium dens</i>	23
<i>Ceratium furca</i>	24
<i>Ceratium fusus</i>	25
<i>Ceratium massiliense</i>	26
<i>Ceratium symmetricum</i>	27
<i>Ceratium tripos</i>	28
<i>Dinophysis acuminata</i>	29
<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	30
<i>Dinophysis caudata</i>	32
<i>Dinophysis mitra</i>	34
<i>Dinophysis doryphorum</i>	35
<i>Gambierdiscus spp.</i>	36
<i>Gonyaulax fragilis</i>	38
<i>Gonyaulax polygramma</i>	39
<i>Gonyaulax spinifera</i>	40
<i>Gyrodinium cf. spirale</i>	41
<i>Gymnodinium catenatum</i>	42
<i>Gyrodinium instriatum</i>	44
<i>Karenia brevis</i>	46
<i>Noctiluca scintillans</i>	47
<i>Ornithocercus magnificus</i>	48
<i>Ornithocercus steinii</i>	49
<i>Ostreopsis</i>	50
<i>Podolampas bipes</i>	52
<i>Prorocentrum compressum</i>	53
<i>Prorocentrum gracile</i>	54
<i>Prorocentrum lima</i>	55
<i>Prorocentrum mexicanum</i>	56
<i>Prorocentrum micans</i>	57

<i>Prorocentrum sigmoides</i>	58
<i>Protoperdinium brevipes</i>	59
<i>Protoperdinium conicum</i>	60
<i>Protoperdinium diabolus</i>	61
<i>Protoperdinium leonis</i>	62
<i>Pyrophacus horologium</i>	63
<i>Pyrophacus steinii</i>	64
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	65
<i>Pyrodinium bahamense var. compressum</i>	66
MAPA DINOFLAGELADOS	68
DIATOMEAS	
<i>Actinocyclus octanarius</i>	70
<i>Bacteriastrium furcatum</i>	71
<i>Calyptrella robusta</i>	72
<i>Chaetoceros affinis</i>	73
<i>Chaetoceros didymus</i>	74
<i>Chaetoceros diversus</i>	75
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	76
<i>Coscinodiscus centralis</i>	77
<i>Coscinodiscus gigas</i>	78
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	79
<i>Cyclotella stlorum</i>	80
<i>Guinardia flaccida</i>	81
<i>Hemiaulus sinensis</i>	82
<i>Odontella sinensis</i>	83
<i>Planktoniella sol</i>	84
<i>Pleurosigma normanii</i>	85
<i>Pseudoguinardia recta</i>	86
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	87
<i>Stephanopyxis turris</i>	88
<i>Pseudo-nitzschia subpacifica</i>	89
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	90
<i>Skeletonema costatum</i>	91
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	92
CIANOBACTERIAS	
<i>Microcystis aeruginosa</i>	93
<i>Monactinus simplex</i>	94
<i>Planktothrix cf. agardhii</i>	95
MAPA DIATOMEAS	96
BIBLIOGRAFÍA	98

Prólogo

la alerta a la población a través de distintos medios de comunicación para que no se exponga a peligros innecesarios.

El Salvador es un país pequeño y con limitaciones económicas, pero con gente de espíritu grande. Ha sufrido episodios de intoxicación paralizante causados por el temible *Pyrodinium bahamense*, la especie responsable de más muertes por PSP en distintas zonas tropicales del mundo. También ha experimentado floraciones de alta densidad de *Cochlodinium polykrikoides*, que dan lugar a putrefacciones y otros efectos adversos en zonas de gran interés turístico. No obstante en muy pocos años y gracias a la cooperación con otros países y con organizaciones intergubernamentales, sus expertos se han puesto al día, mejor que nadie en Centroamérica, en la puesta a punto de técnicas avanzadas, muy sensibles, para la detección de toxinas en los productos marinos. Asimismo, los expertos formados en cursos en el extranjero para la identificación de microalgas nocivas han transmitido los conocimientos adquiridos a nuevos estudiantes.

Este “Atlas de Fitoplancton Marino” que tengo el placer de presentar es un ejemplo modélico de la transmisión de conocimientos destacado antes y el primero dedicado al tema de las floraciones algales nocivas en El Salvador. El Atlas incluye una pequeña revisión histórica de los eventos de fitoplancton nocivo que han afectado al país, así como una sección dedicada a la descripción de las estaciones de muestreo en distintos puntos de la costa salvadoreña

y los métodos de análisis empleados. El grueso del Atlas está formado por una hermosa colección de micrografías de especímenes de distintas especies de dinoflagelados, diatomeas y alguna cianobacteria, procedentes de muestras recolectadas en las costas de El Salvador, tomadas al microscopio de luz y de contraste de fases. También hay micrografías de dinoflagelados teñidos (con calcoflúor) para la correcta observación de las plaquitas celulósicas de su cubierta al microscopio de epifluorescencia. En cada lámina de imágenes se incluye información sobre las características morfológicas, distribución y posibles efectos adversos de la especie ilustrada. El Atlas será de gran utilidad para todos aquellos que deban hacer análisis de fitoplancton en El Salvador y para cualquier estudiante que elija este tema para sus estudios de Maestría y Postgrado.

Quisiera terminar felicitando a todos los que han contribuido a esta publicación y desearles que continúen con la dedicación y entusiasmo que han demostrado hasta la fecha.

Beatriz Reguera
Instituto Español de Oceanografía
Vigo, España.

Índice

EVENTOS RECURRENTE DE MAREA ROJA	8
METODOLOGÍA	10
ZONAS DE MUESTREO	12
MORFOLOGÍA	14
DINOFLAGELADOS	
<i>Akashiwo sanguinea</i>	16
<i>Alexandrium ostenfeldii</i>	17
<i>Alexandrium monilatum</i>	18
<i>Ceratium breve</i>	20
<i>Ceratium candelabrum</i>	21
<i>Ceratium carriense</i>	22
<i>Ceratium dens</i>	23
<i>Ceratium furca</i>	24
<i>Ceratium fusus</i>	25
<i>Ceratium massiliense</i>	26
<i>Ceratium symmetricum</i>	27
<i>Ceratium tripos</i>	28
<i>Dinophysis acuminata</i>	29
<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	30
<i>Dinophysis caudata</i>	32
<i>Dinophysis mitra</i>	34
<i>Dinophysis doryphorum</i>	35
<i>Gambierdiscus spp.</i>	36
<i>Gonyaulax fragilis</i>	38
<i>Gonyaulax polygramma</i>	39
<i>Gonyaulax spinifera</i>	40
<i>Gyrodinium cf. spirale</i>	41
<i>Gymnodinium catenatum</i>	42
<i>Gyrodinium instriatum</i>	44
<i>Karenia brevis</i>	46
<i>Noctiluca scintillans</i>	47
<i>Ornithocercus magnificus</i>	48
<i>Ornithocercus steinii</i>	49
<i>Ostreopsis</i>	50
<i>Podolampas bipes</i>	52
<i>Prorocentrum compressum</i>	53
<i>Prorocentrum gracile</i>	54
<i>Prorocentrum lima</i>	55
<i>Prorocentrum mexicanum</i>	56
<i>Prorocentrum micans</i>	57

<i>Prorocentrum sigmoides</i>	58
<i>Protoperdinium brevipes</i>	59
<i>Protoperdinium conicum</i>	60
<i>Protoperdinium diabolus</i>	61
<i>Protoperdinium leonis</i>	62
<i>Pyrophacus horologium</i>	63
<i>Pyrophacus steinii</i>	64
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	65
<i>Pyrodinium bahamense var. compressum</i>	66
MAPA DINOFLAGELADOS	68
DIATOMEAS	
<i>Actinocyclus octanarius</i>	70
<i>Bacteriastrium furcatum</i>	71
<i>Calyptrilla robusta</i>	72
<i>Chaetoceros affinis</i>	73
<i>Chaetoceros didymus</i>	74
<i>Chaetoceros diversus</i>	75
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	76
<i>Coscinodiscus centralis</i>	77
<i>Coscinodiscus gigas</i>	78
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	79
<i>Cyclotella stolorum</i>	80
<i>Guinardia flaccida</i>	81
<i>Hemiaulus sinensis</i>	82
<i>Odontella sinensis</i>	83
<i>Planktoniella sol</i>	84
<i>Pleurosigma normanii</i>	85
<i>Pseudoguinardia recta</i>	86
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	87
<i>Stephanopyxis turris</i>	88
<i>Pseudo-nitzschia subpacifica</i>	89
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	90
<i>Skeletonema costatum</i>	91
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	92
CIANOBACTERIAS	
<i>Microcystis aeruginosa</i>	93
<i>Monactinus simplex</i>	94
<i>Planktothrix cf. agardhii</i>	95
MAPA DIATOMEAS	96
BIBLIOGRAFÍA	98

Eventos recurrentes

de Marea Roja en El Salvador

8

Históricamente, la costa salvadoreña ha sido afectada por episodios tóxicos de Marea Roja causando fallecidos, daños en la salud de la población, impacto negativo en la economía local y efectos adversos en la fauna y su entorno marino.

En noviembre de 1989, El Salvador fue afectado por un evento tóxico de Marea Roja que abarcó desde Panamá hasta México, causando 99 intoxicados y 3 fallecidos principalmente en Guatemala y México. La especie causante fue identificada como *Pyrodinium bahamense*. Cortés-Altamirano, et al. 1993.

Otra proliferación de microalgas se presentó desde agosto de 2001 hasta enero de 2002, el Ministerio de Salud reportó 41 intoxicados por el consumo de moluscos, siendo el Departamento de La Libertad uno de los más afectados, principalmente las playas desde Mizata hasta el Puerto de La Libertad, se menciona el Género *Gymnodinium* como el posible causante de este evento. A raíz de este episodio tóxico, se crea en el país la Comisión Nacional de Marea Roja (CONAMAR).

Durante noviembre de 2005 a marzo de 2006 se documentó la proliferación de *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* ocurriendo en altas densidades celulares ($48,900 \text{ cel ml}^{-1}$) con rangos en saxitoxinas de $27.9\text{--}627.8 \mu\text{g STX eq /100g}$, en tortugas *Lepidochelis Olivacea* y *Chelonia Mydas*. Se observó que también medusas y moluscos estaban contaminados con STX. Se reportaron siete personas intoxicadas, tres fallecidos y al menos 206 tortugas marinas muertas. Licea et al. 2007.

A partir del 2009, el LABTOX-UES mantiene un monitoreo permanente en la costa salvadoreña, estratégicamente en los sitios: Golfo de Fonseca, Bahía de Jiquilisco, Puerto de La Libertad, Mizata y Los Cóbano.

Noviembre de 2009-abril de 2010. En la primera quincena de noviembre de 2009, se observaron intensas manchas de color pardo rojizo a 46 millas de la línea de costa en dirección de Bahía de Jiquilisco hasta Acajutla. 5 tortugas muertas fueron visualizadas, la especie que provocaba las intensas manchas era *Pyrodinium bahamense*. En abril de 2010 las intensas manchas alcanzaron por completo la línea de costa y se cuantificaron 17 tortugas muertas por esta causa, que salieron en el oriente del país.

El 24 de octubre de 2010. Una proliferación de *Alexandrium cf peruvianum/ Ostenfeldii* en Los Cóbano fue asociada a la muerte de una docena de tortugas. Esta intensa mancha apareció únicamente en este sitio y desapareció en término de una semana.

Agosto-septiembre de 2011. Se efectuaron ensayos utilizando el método Receptor Ligando por RBA para detección y cuantificación de saxitoxinas STX en caracoles, cangrejos y ostras. Se determinó la concentración de STX en un rango de $138.7\text{--}2809 \mu\text{g de STX/100g}$. Se encontró altas concentraciones celulares de *Pyrodinium bahamense* en rangos (7×10^3 a 14×10^3) cel l^{-1}

En marzo de 2012 una intensa proliferación de *Cochlodinium polykrikoides* ocurrió principalmente en las playas desde el Puerto de La libertad hasta La Perla en el Departamento

de La Libertad, alcanzando una densidad estimada de 215×10^6 cel l^{-1} en los primeros 2 m de profundidad. Esta especie no produce toxinas que puedan causar daños en el ser humano, pero es ictiotóxica y produce fétidos olores disminuyendo la calidad de las playas de uso turístico. Este episodio causó mortandad de peces bentónicos que vararon en las playas, la proliferación duró hasta mayo, generalizándose en toda la línea costera del país, desplazándose hasta Guatemala.

El 18 de septiembre de 2012, un evento tóxico producido por *Pyrodinium bahamense* localizado en las playas de Taquillo, El Zonte y Mizata, generó toxicidad la cual fue verificada en tejidos de ostras colectadas en Mizata por el Ministerio de Salud y enviadas al LABTOX.UES, las muestras presentaron elevados niveles de STX ($730.25 \mu g$ por 100 gramos de tejido de ostra).

Desde el 28 de septiembre al 21 de octubre de 2013, se contabilizaron 233 tortugas marinas que arribaron muertas a diferentes playas de la costa salvadoreña principalmente en el departamento de La Libertad. El LABTOX-UES, analizó muestras de agua en las que se determinó la presencia de especies productoras de toxinas paralizante: *Alexandrium monilatum* (4080 cel l^{-1}), *Gymnodinium catenatum* (5400 cel l^{-1}), *Pyrodinium bahamense* (20 cel l^{-1}), *Alexandrium cf peruvianum/Ostenfeldii* (80 cel l^{-1}). También se encontraron otras especies productoras de Marea Roja, como *Gyrodinium aureolum* (120 cel l^{-1}), *Cochlodinium polykrikoides* (880 cel l^{-1}). El análisis de STX en tejidos de hígado, intestino y estómago de tortugas determinó que habían acumulado saxitoxina en concentraciones desde 116.11 hasta $478.28 \mu g$ de STX /100 g de tejido. Ostras también fueron analizadas en las que se determinó concentraciones de $58.33 \mu g$ de STX /100g de tejido, menores al nivel regulatorio adoptado en El Salvador para toxina paralizante ($80.00 \mu g$ de STX /100 g).



Fig. 1. Sitios donde se han registrado Floraciones Algaes o Mareas Rojas en la costa salvadoreña (Líneas punteadas); 2009-2013.

ÁREAS DE ESTUDIO

A partir del 2009, el Laboratorio de Toxinas Marinas LABTOX-UES, mantiene un monitoreo permanente de fitoplancton tóxico en la costa salvadoreña, estratégicamente en los sitios: Los Cóbanos, Bahía de Jiquilisco, Golfo de Fonseca y Mizata.

Ubicación y descripción de Los Cóbanos, Sonsonate

Los Cóbanos, es un sitio que posee la mayor extensión de arrecife rocoso de El Salvador, cuenta con distintos tipos de hábitats, incluyendo playa arenosa con restos de roca molida, playa de grano fino, playa de canto rodado, plataforma rocosa expuesta, parches rocosos con deposiciones coralígenas, bancos arenosos, zonas fangosas, bocanas, pequeños acantilados, manglares y humedales continentales. Esto le confiere gran importancia ecológica y económica, en el 2008 fue declarado como Primera Área Marina Protegida (MARN, 2008).

El rango anual de la temperatura ambiental oscila entre 27°C y 33°C, presenta una estación lluviosa de mayo a octubre, con precipitaciones de 80 y 390 mm; y una estación seca de noviembre hasta abril, con precipitaciones en ausencia de lluvia de 40 mm en época seca (Cortez et al. 2004).

Se han establecido puntos de muestreo, uno de ellos con coordenadas 13°28'02"N y 89°46'34"W. Desde el 2009 hasta mediados del 2013, la temperatura promedio de la superficie del agua ha sido 29.5 °C, la salinidad promedio de 32.4 (PSU) y el pH de 7.3.

Ubicación y descripción de La Bahía de Jiquilisco, Usulután

Tiene un clima de sabana tropical caliente. La precipitación anual promedio oscila entre el rango de 1660-2019 mm, la temperatura ambiental anual promedio es de 26.7°C, con un nivel máximo de 34.6°C y un mínimo de 20.3°C.

Los vientos locales son muy débiles, con una velocidad promedio de 7kmh⁻¹. La humedad relativa del aire es de 65.15% durante la época seca y de 78.15% durante la época lluviosa (Gallo & Rodríguez, 2007).

La Bahía de Jiquilisco constituye la mayor extensión de agua salobre y bosque salado de El Salvador, formada por numerosos esteros y canales, barras de arena y playas, un numeroso conjunto de islas de diverso tamaño, un complejo lagunar de agua dulce y bosques estacionalmente saturados conectados con el manglar. Constituye el hábitat de aves marino-costeras del país (Jiménez & Sánchez, 2004). En el 2005 fue declarado sitio RAMSAR y en el 2007 Reserva de la Biosfera, por la UNESCO.

Los puntos de muestreo se establecieron en "La Bocana" 13°10'58.8"N y 88°27'21.9"W; Canal "María Cañas" en 13°13'56'4"N y 88°30'41.8"W, La temperatura promedio del agua en la superficie fue de 29.8°C, la salinidad promedio fue de 27.6 (PSU), el pH de 7.1. Las mediciones se efectuaron en el período de 2009 al 2011.

Ubicación y descripción del Golfo de Fonseca, La Unión

La temperatura ambiental anual es de 27.8°C, el mayor promedio mensual es 29.5°C y se presenta en los meses

más calurosos de marzo y abril. Las aguas de la costa del Departamento presentan un promedio de 30°C y en la temporada de vientos se reduce a 27.5°C (Hernández, 2005).

Los puntos de muestreo se ubican frente a “El Faro” en 13°08'08"N y 87°49'32"W e Isla Zacatillo en 13°16'33"N y 87°45'56"W. La temperatura promedio de la superficie del agua fue de 30.2°C, la salinidad promedio fue de 32.6 (PSU), el pH de 7.9, estos datos se obtuvieron en el período de muestreo del 2009 al 2011.

Ubicación y descripción de Mizata, La Libertad

La temperatura ambiental oscila entre 28°C y 32°C, la precipitación pluvial anual promedio es de 1900 mm de acuerdo a registros mayores de 15 años, donde la precipitación mínima corresponde a los meses de enero y febrero (PMUT, 2004). Presenta un oleaje energético, con playas de arena negra de origen volcánico y abundantes acantilados rocosos, en este sitio han ocurrido diversos episodios de *Pyrodinium bahamense* de variada toxicidad en análisis de moluscos.

El punto fijo de muestreo está en 13°29'38"N y 89°28'09"W, y en presencia de marea roja se ha extendido el monitoreo hasta la Playa Taquillo en 13°30'00"N y 89°35'41"W. Durante el período de muestreo del 2009 al 2011, se obtuvo un promedio de temperatura en la superficie del agua de 29.6°C, la salinidad promedio fue de 31.2 (PSU), el pH de 8.2.

MATERIALES Y MÉTODOS

Trabajo de Campo

El trabajo de campo para este trabajo contempla desde el año 2009 hasta mediados del 2013, las horas de muestreo se establecieron entre 9.00 a.m. - 13.00 p.m., con el fin de comparar y conocer la distribución espacial y vertical de los dinoflagelados tóxicos. Se realizó un monitoreo mensual en cada sitio de estudio, el material analizado provino de 574 muestras colectadas en el período de estudio.

En cada sitio de monitoreo se establecieron dos puntos para investigación, el primero se ubicó a una distancia de 1 milla náutica de la línea costera y el segundo a una distancia de 5 millas náuticas, entre ellos, utilizando una lancha con motor fuera de borda.

Las muestras fueron colectadas realizando un arrastre vertical con una red de 20 µm de diámetro de poro, a una profundidad de 15 m; con ello se determinó la presencia o ausencia de dinoflagelados tóxicos en la columna de agua. Se realizaron tres repeticiones, las cuales se depositaron en un mismo recipiente; después de homogenizarlo se obtuvo un volumen final de 1000 ml. Cada una de las muestras fue fijada con formol a una concentración del 4%. Para cuantificar los organismos presentes se efectuaron colectas con una botella oceanográfica de 10 lts, en tres niveles de la columna de agua; a 1 m, 7 m y 15 m de la superficie.

En cada sitio se tomaron parámetros físicos y químicos, para lo cual se utilizó un medidor multiparámetro YSI 63, con capacidad para registrar temperatura, salinidad y conductividad. Para la medición de la turbidez se utilizó un disco de Secchi, determinando la penetración de luz en la columna de agua.

Trabajo de Laboratorio

Las muestras se analizaron en un microscopio motorizado de campo claro, contraste de fase y epifluorescencia (Carl Zeiss, Axio Imager. M1), para la observación de características más particulares de las especies, se utilizó azul de triptano y/o hipoclorito de sodio para análisis de los dinoflagelados tecados, en algunos casos calcoflúor.

Para la taxonomía de fitoplancton se utilizó bibliografía de (Tomas, 1996; Tomas, 1997) y textos especializados en el área: Cupp (1943), Graham y Bonykovsky (1944), Taylor (1976), Balech (1988), Round et al. (1990), Fukuyo et al. (1990), Licea et al. (1995), Moreno et al. (1996), Hasle y Syvertsen (1997), Steidinger y Tangen (1997), Bérard et al. (1999), Faust y Rose (2002), Rosalba et al. (2008), Becerril et al. (2010).

Zonas de muestreo



Fig. 2. Zonas de monitoreo permanente de Floraciones Algaes Nocivas, 2009-2013.



Morfología

Dinoflagelados

Los dinoflagelados pueden ser tecados y atecados o desnudos. Se caracterizan por presentar dos flagelos bien notorios. En su morfología presentan un cingulum y un sulcus, los tecados además presentan una serie de placas.

Dinoflagelados atecados

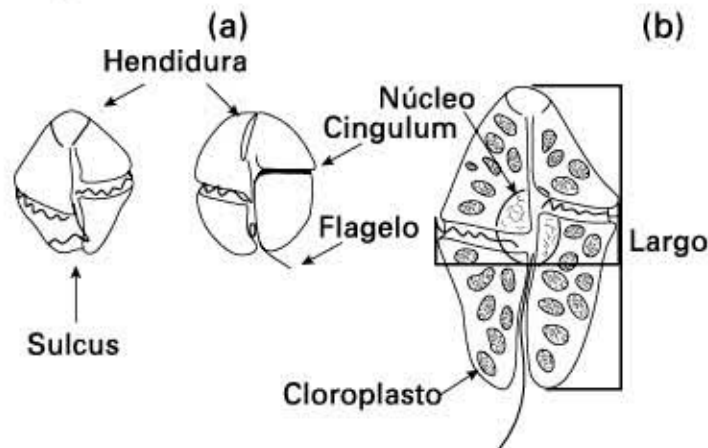


Fig. 3. (a) Morfología de los dinoflagelados atecados
(b) Vista cingular de dinoflagelados atecados
Adaptado de (Daugbjerg et al., 2000; Larsen, 2002).

Dinoflagelados tecados

La estructura de este grupo también se basa en dos regiones denominadas EPITECA la superior e HIPOTECA la inferior. Al igual que en los atecados, ambas se encuentran separadas por el cingulum, que aloja al flagelo transversal y en la región ventral de la hipoteca se encuentra el sulcus que aloja al flagelo longitudinal.

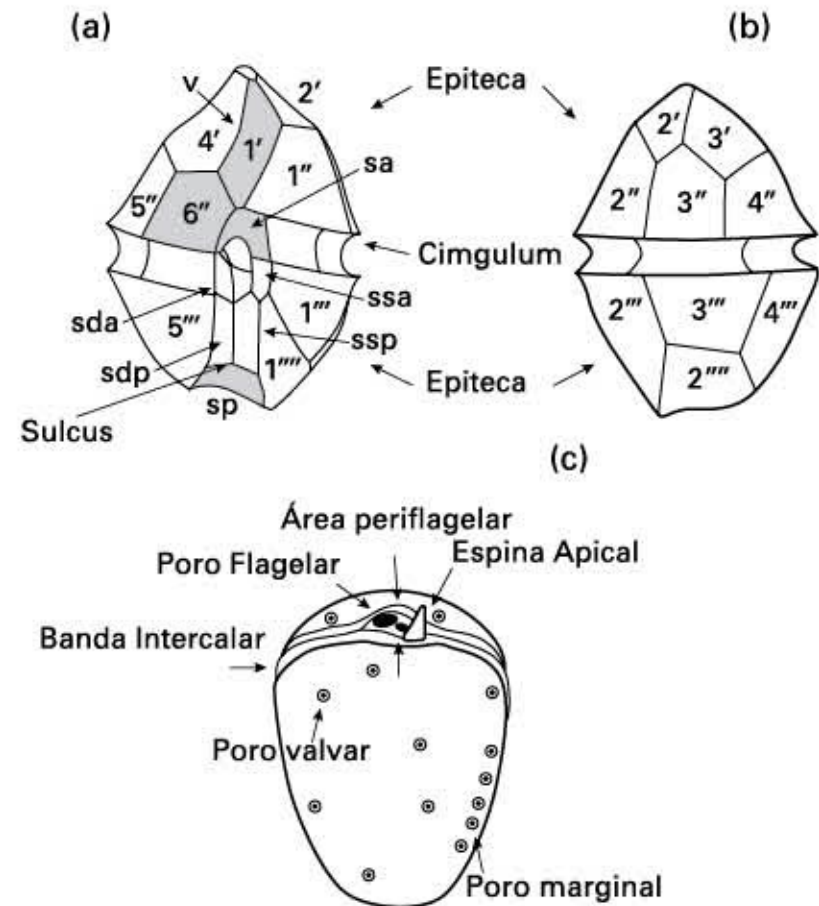


Fig. 4. Morfología de dinoflagelado tecado
(a) Vista ventral de los dinoflagelados tecados
(b) Vista dorsal de dinoflagelados tecados
(c) Adaptado (Balech, 1995; Faust, 1999).

Diatomeas

Las diatomeas se caracterizan por presentar una pared celular constituida de sílice, estas se clasifican en dos grupos principales de acuerdo a su forma, la disposición de sus estrías y a su morfología, estas son: en diatomeas centrales y diatomeas pennada o pennales.

Diatomeas centrales

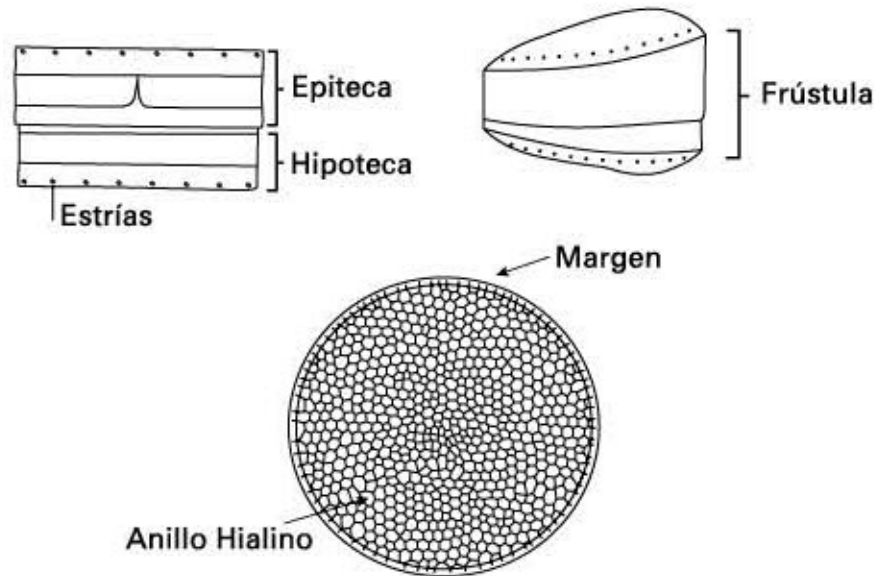


Fig. 5. Frústula o cubierta en forma de caja, dividida en partes con numerosos rasgos morfológicos que permiten su identificación taxonómica.

Diatomeas pennadas

Las diatomeas pennales se distinguen de las centrales principalmente por su morfología y simetría, la capacidad de desplazarse en las masas de agua y su tipo de reproducción.

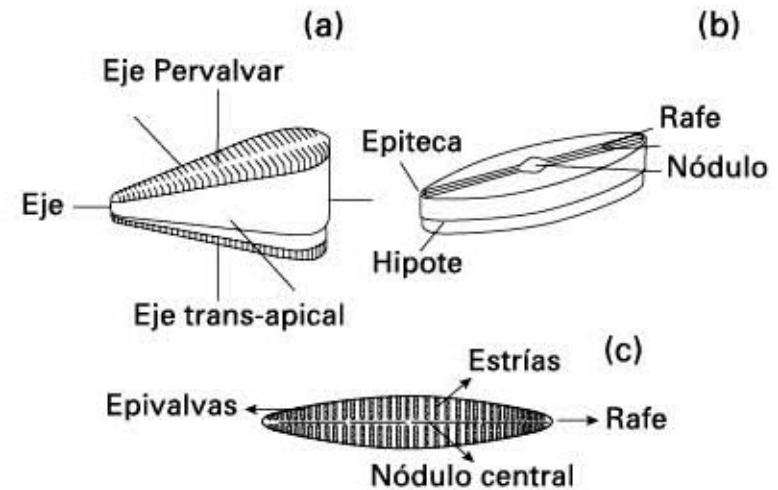
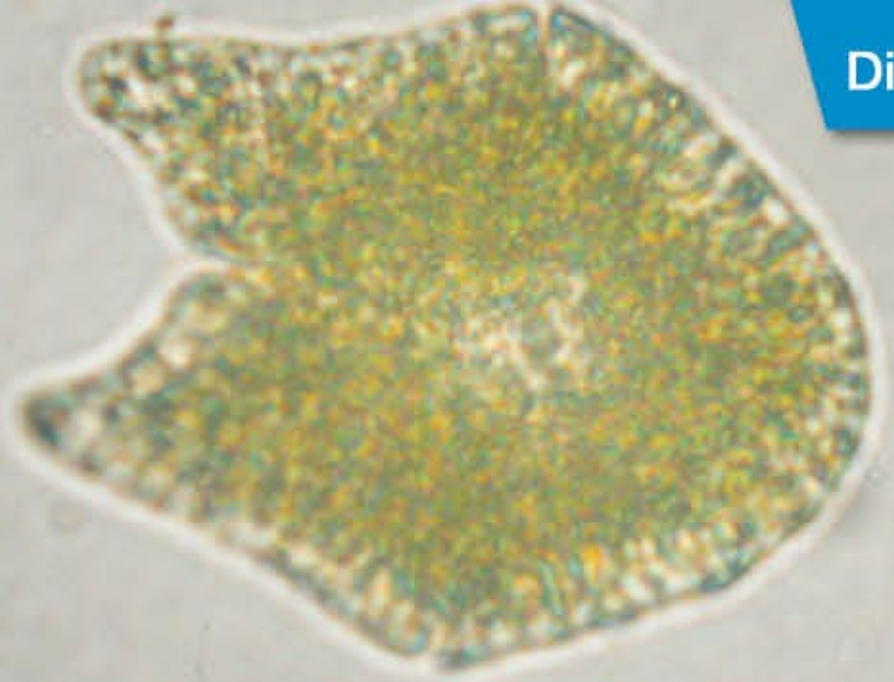


Fig. 6. (a) Vista de los ejes de las diatomeas pennadas, (b) Vista de la epiteca e hipoteca de las diatomeas pennadas, (c) Morfología de las diatomeas pennadas. Adaptado de Hasle y Syvertsen (1997).



16

Akashiwo sanguinea

(Hirasaka 1922) Hansen et Moestrup 2000

Descripción

Es un dinoflagelado plantónico desnudo. Las células son de color variable, pueden estar muy pigmentadas, amarillo pálido o casi sin color. Las células están aplanadas dorso-ventralmente y tienen una forma levemente pentagonal. Presenta numerosos cloroplastos en forma de huso y de color óxido. La hipoteca es bilobada y la epiteca es generalmente cónica. Presenta una ranura apical. El sulcus no invade la epiteca, pero se expande posteriormente hacia la hipoteca.

Longitud

40-75 μm .

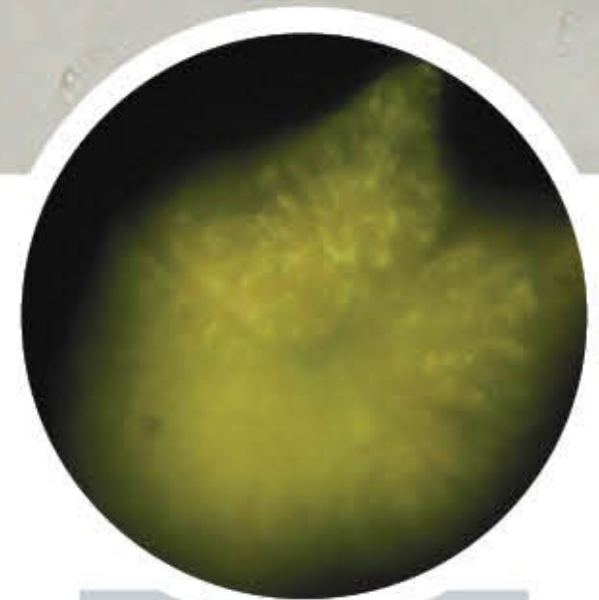
Toxicidad

No se ha logrado identificar las toxinas que esta especie produce pero ha sido asociada a la mortandad de peces e invertebrados por anoxia e hiperoxidación produce micosporinas surfactantes que han causado mortandad de aves en California.

Distribución y hábitat

Se distribuye en aguas templadas a tropicales, estuarinas y costeras; cosmopolita.

Referencias: Tomas et al. 1997.



Akashiwo sanguinea. Aumento: 40X.



Alexandrium ostenfeldii

(Paulsen) Balech & Tangen 1985

Descripción

Es un dinoflagelado tecado. Células grandes y relativamente esféricas; no forma cadenas pero se pueden encontrar colonias de dos individuos; la epiteca y la hipoteca son levemente redondeadas. El cíngulum está ligeramente excavado. Tecas delgadas y un poro ventral grande en la primera placa apical. La superficie de las tecas tiene numerosos poros distribuidos irregularmente y son poco visibles.

Longitud

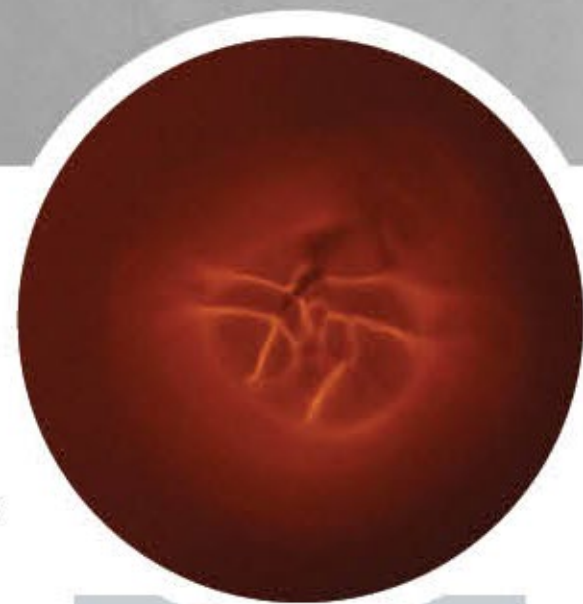
40-56 μm y diámetro 40-50 μm .

Toxicidad

Existen dudas sobre la toxicidad de esta especie, pero se ha reportado como productora de toxinas paralíticas (PSP).

Distribución y hábitat

Generalmente es una especie de aguas costeras frías y se encuentra en concentraciones celulares bajas.



Alexandrium ostenfeldii.

18

Alexandrium monilatum

Balech y Tangen 1985

Descripción

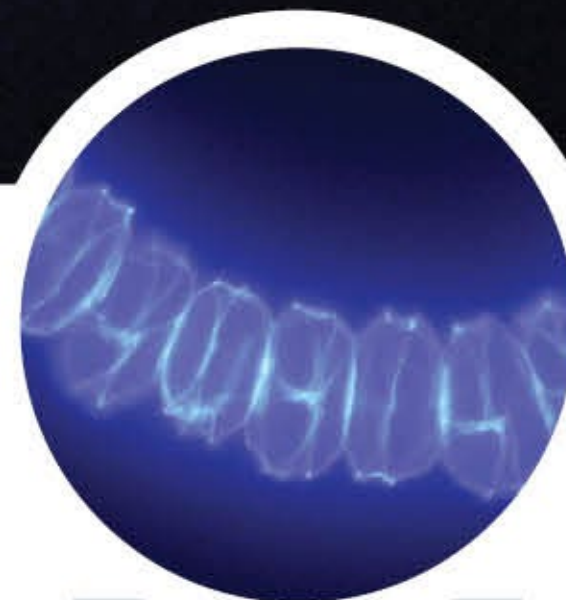
Es un dinoflagelado tecado. Células grandes y formadoras de cadenas de 16 o más individuos. Las células en cadena son bastante aplanadas antero-posteriormente. Las células individuales son de tamaño mediano a grande, más anchas que largas y aplanadas antero-posteriormente. Las placas son delgadas y con poros delicados.

Longitud

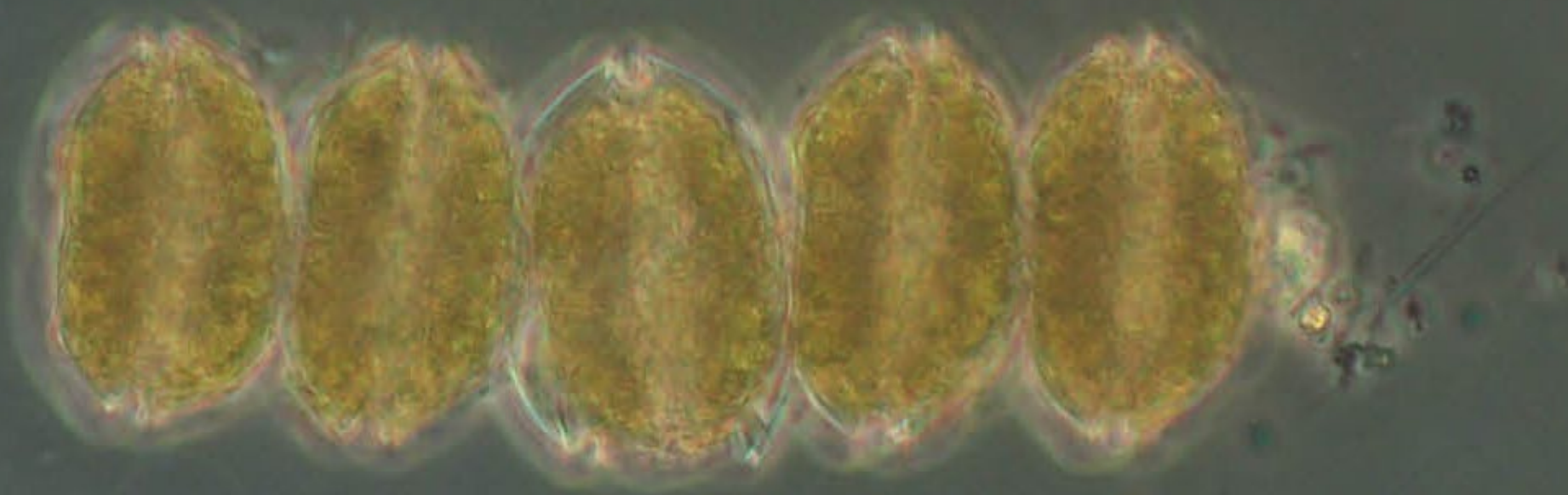
28-52 μm y diámetro 33-60 μm .

Toxicidad

Esta especie se reconoció, recientemente, que era tóxica, se ha determinado que produce una extraña ictiotoxina que produce efectos de parálisis en los peces (Ray y Aldrich, 1967).



Alexandrium monilatum.



Alexandrium monilatum.

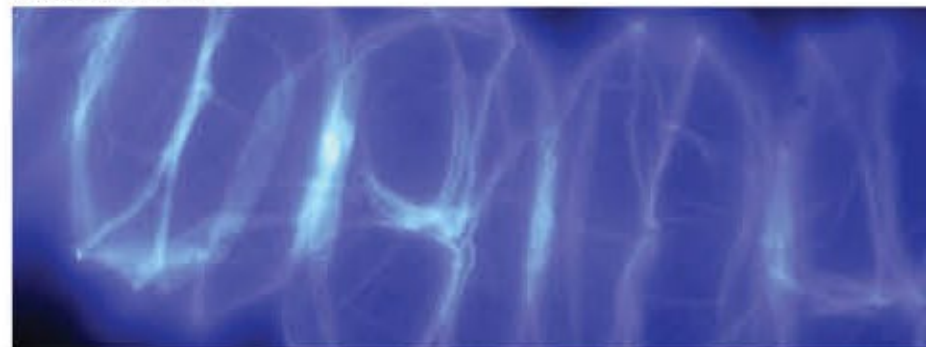
Otros estudios determinaron que produce Veneno Paralizante de Molusco (VPM) (Loeblich 1979) y las siguientes toxinas: Saxitoxinas (STX), Gonyaulatoxina-1 (GTX-1), estas son neurotóxicas y hemolíticas (Bass y Kuvshinoff, 1982; Pate 2006), también produce Gonodiomina A y Toxinas Lipofílicas (Hsia et al., 2006; Pate 2006.).

Distribución y hábitat

Es una especie de aguas cálidas; costera y estuarina; ha sido reportada en regiones tropicales y subtropicales del Océano Atlántico.



Alexandrium monilatum.



20

Ceratium breve

(Ostenfeld & Schmidt) Schroder 1906

Descripción

Células con la hipoteca convexa. Presenta dos cuernos antapicales arqueados y de paralelos a ligeramente divergentes. El cuerno apical es bastante reducido y raramente es más largo que el cuerpo central.

Longitud

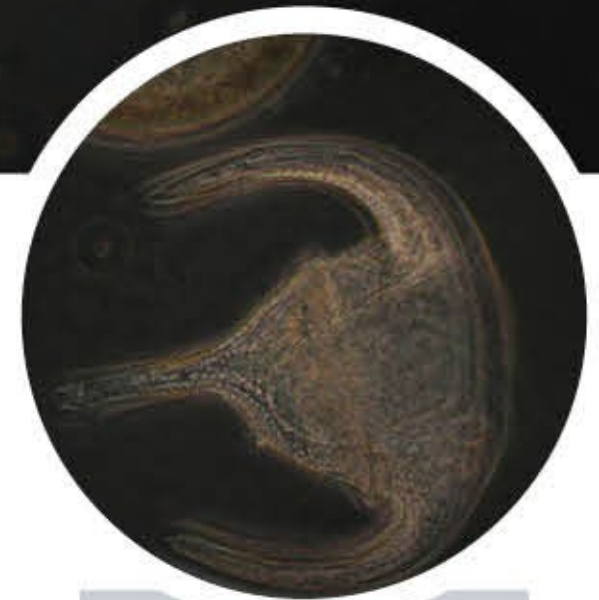
De 70 a 130 μm y transdiámetro de 21 a 78 μm .

Toxicidad

No se reporta como especie productora de toxinas.

Distribución y hábitat

Especie estrictamente tropical, encontrándose tanto en aguas oceánicas como neríticas y siendo más común en la zona eufótica de aguas neríticas.



Ceratium breve.



Ceratium candelabrum

(Ehrenberg) Stein 1883

Descripción

Células solitarias o en cadena, grandes, con cuerpo muy amplio comparado con su largo. Pueden formar cadenas. Hombros epitecales angulosos reduciéndose hacia un cuerno apical. Dos cuernos hipotecales divergentes dirigidos hacia la parte posterior de la célula. Cuerno izquierdo más largo y usualmente serrado.

Longitud

Sus dimensiones varían de 150-370 μm de largo y ancho de 60-110 μm .

Toxicidad

No es considerado como especie tóxica.

Distribución y hábitat

Global, en aguas neríticas y oceánicas, templadas cálidas hasta tropicales.



Ceratium candelabrum.
Aumento: 200X.



22

Ceratium carriense

Gourret 1833

Descripción

Células largas con un cuerno apical que se forma a partir de la epiteca redondeada. Presenta dos cuernos en la hipoteca; el cuerno izquierdo se curva ligeramente para dirigirse hacia la parte anterior de la célula; el cuerno derecho se curva proximalmente y luego se dirige hacia el lado derecho de la célula.

Toxicidad

No se reporta como especie tóxica.

Distribución y hábitat

Especie oceánica; se distribuye mundialmente en aguas cálidas y tropicales.



Ceratium carriense. Aumento: 200X.
Fotografía tomada con función de contraste de fases.



Ceratium dens

Ostenfeld & Schmidt 1901

Descripción

Presenta dos cuernos antapicales generalmente alejados del cuerpo, siendo el izquierdo poco desarrollado. Además, posee un cuerno apical. La estructura de la teca es marcada.

Longitud

De 80 μm y transdiámetro de 27 μm .

Toxicidad

No se reporta como especie productora de toxinas, pero las proliferaciones del género *Ceratium* son comunes en algunas partes del mundo.

Distribución y hábitat

Especie tropical y nerítica. Se ha reportado en el océano Indo-Pacífico.



Ceratium dens. Aumento: 200X.
Fotografía tomada con función de campo claro.

24

Ceratium furca

(Ehrenberg) Claparède & Lachmann 1859

Descripción

Célula delgada con dos cuernos hipotecales dentados, el izquierdo con mayor longitud que el derecho, paralelos o ligeramente divergentes; también posee un cuerno hipotecal. Las placas son altamente reticuladas.

Longitud

De 100-250 μm y ancho de 30-50 μm .

Toxicidad

Se ha reportado como especie productora de mareas rojas, causando muertes por la disminución del oxígeno. También se ha reportado como productora de toxinas parálíticas, aunque esto no ha sido confirmado.

Distribución y hábitat

Habita principalmente en zonas costeras; altamente tolerante y cosmopolita en aguas frías a tropicales.

Referencias: Licea et al. 1995. Tomas et al. 1997. Dowidar, 1981. Vargas-Montero & Freer, 2004.



Ceratium furca. Aumento: 200X.
Fotografía tomada con función campo claro (Bf).



Ceratium fusus

Dujardin 1841

Descripción

Célula larga y fusiforme con un cuerno apical pronunciado y dos cuernos antapicales, el izquierdo bien desarrollado y ligeramente curvado y el derecho es muy reducido. Superficie con marcas lineales.

Longitud

De 150-300 μm y diámetro de 15-30 μm .

Toxicidad

No se reporta toxicidad, pero ha sido vinculado a la mortalidad de larvas de invertebrados.

Distribución y hábitat

Ampliamente distribuida en aguas costeras, donde puede tolerar grandes rangos de salinidad; especie cosmopolita en aguas frías a tropicales.



Ceratium fusus. Aumento: 100X.

25

26

Ceratium massiliense (Gourret) Jörgensen 1911

Descripción

Células largas con la epiteca redondeada y un cuerno apical ligeramente orientado hacia la derecha. El margen posterior del cuerpo celular es recto y diagonal. Presenta dos cuernos antapicales con finales abiertos; el cuerno izquierdo es curvado y está casi dirigido anteriormente y el cuerno derecho se dobla orientándose hacia la derecha.

Longitud

De 250 a 680 μm y transdiámetro de 60 a 75 μm .

Toxicidad

No se reporta como especie productora de toxinas.

Distribución y hábitat

Especie cosmopolita en aguas cálidas a tropicales. Se encuentra en zonas costeras y oceánicas.

Referencias: Tomas et al. 1997. Dowidar, 1981.



Ceratium massiliense. Aumento: 100X.
Fotografía tomada con función de campo claro.



Ceratium symmetricum

Pavillard 1905

Descripción

Células con la epitoca redondeada y un cuerno apical recto. La hipoteca presenta dos cuernos que se encuentran casi a la misma distancia del cuerno apical y son casi simétricos; la longitud de estos cuernos se aproxima a la longitud del cuerno apical. El margen posterior del cuerpo de la célula es redondeado. La superficie está cubierta con poros y marcas finas.

Longitud

De 150 a 200 μm .

Toxicidad

No se reporta como especie productora de toxinas.

Distribución y hábitat

Se distribuye mundialmente en aguas cálidas a tropicales. Se considera una especie tropical interoceánica.



Ceratium symmetricum. Fotografía tomada con función de contraste de fases.



28

Ceratium tripos (Müller) Nitzsch 1817

Descripción

Célula larga con una epiteca de forma triangular que abruptamente forma un cuerno recto. Placas con superficie rugosa y marcas lineales.

Ceratium tripos es la especie más compleja y altamente variable del género.

Toxicidad

No se reporta producción de toxinas.

Distribución y hábitat

Se distribuye mundialmente; cosmopolita desde aguas frías a tropicales.



Ceratium tripos. Aumento: 200X.



Dinophysis acuminata

Claparède & Lachmann 1859

Descripción

Especie bastante pequeña, polimórfica, elíptica más o menos alargada pero con relación largo-ancho muy variable. Epiteca pequeña, en general, irregularmente convexa y baja. Aleta cingular anterior sin radios y oblicua. Aleta sulcal izquierda bastante más corta que la hipoteca, de borde libre convexo o sigmoideo, con frecuencia bastante doblada hacia la derecha. Puede haber una o más pequeñas protuberancias o verrugas antapicales, es gruesamente areolada. Posee tres costillas (R1 o anterior, R2 o media, R3 o posterior) extendidas hasta $1/2$ o $2/3$ de la longitud de la célula.

Longitud

De 39-53 μm . Profundidad dorso-ventral 30-40 μm .

Toxicidad

Ha sido asociada a toxicidad en moluscos. Productora de toxinas de tipo diarreico (DSP), se cree que la producción de toxinas varía mucho con la localidad y época del año.

Referencias: Balech, 2003.



Dinophysis acuminata.

Distribución y hábitat

La especie se distribuye ampliamente en aguas cálidas y es abundante en aguas costeras, especialmente, en áreas eutróficas.

30

Cochlodinium polykrikoides

Margelef 1961

Descripción

Dinoflagelado desnudo. Las células son pequeñas, ovaladas y ligeramente aplanadas dorso-ventralmente.

Cuando forman cadenas, las células se observan comprimidas; cuando están libres, son elipsoidales y de tamaño pequeño. La epiteca es cónica y la hipoteca es bilobada. El cíngulum es excavado y desplazado, con forma de espiral. El sulcus es más profundo en la hipoteca, dividiéndola en dos lóbulos asimétricos.

Longitud

De 30-40 μm y ancho de 20-30 μm .

Toxicidad

Produce sustancias ictiotóxicas con tres propiedades: neurotóxicas, hemolíticas y hemoaglutinantes. También produce el superóxido (O_2^-) y el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), que al reaccionar en presencia de hierro y cobre, producen el radical hidroxilo ($\text{OH}\cdot$), que es aún más tóxico.



Cochlodinium polykrikoides.

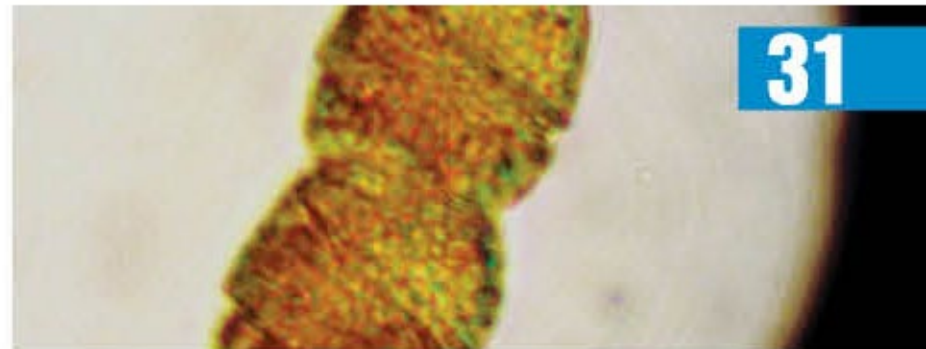


Cochlodinium polykrikoides.

Son responsables de daños oxidativos, asociada al aumento de la permeabilidad de solutos en las membranas vesiculares, que controlan la hinchazón y la lisis celular. Provocando edema en las branquias y muerte por asfixia en peces.

Distribución y hábitat

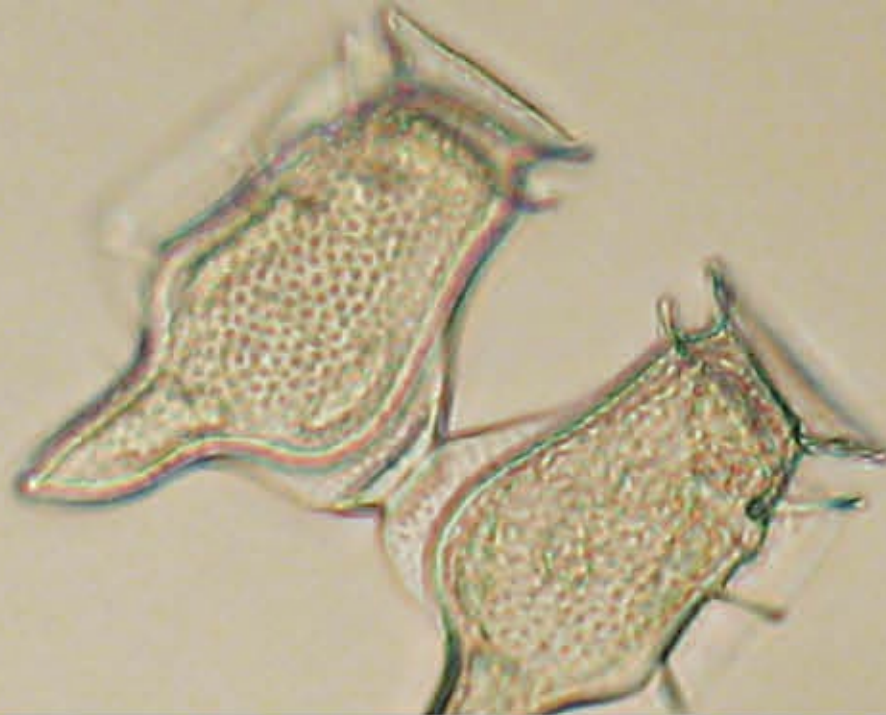
Cosmopolita; se distribuye en aguas cálidas y tropicales. En marzo de 2012, por primera vez se encontró proliferando en altas densidades celulares, iniciando en el departamento de La Libertad y luego se extendió en toda la costa salvadoreña, llegando hasta Guatemala.



Cochlodinium polykrikoides.



Muelle del Puerto de La Libertad.



32

Dinophysis caudata

Saville-Kent 1881

Descripción

Las células presentan tres regiones, en sentido anteroposterior: epiteca (o epicono), cingulum e hipoteca (o hipocono). La epiteca puede ser baja (en forma de corona), casi indistinguible en visión lateral o alta. El cingulum es estrecho y está delimitado por dos aletas, anterior y posterior. La aleta sulcal izquierda suele ser muy prominente y sostenida por 3 costillas o radios bien visibles (R1, R2, R3).

La especie Caudata presenta células aplanadas de tamaño medio, con un proceso característico en forma de dedo en la parte posterior; más ancha hacia la parte media; con epiteca corta e hipoteca larga. Tiene una aleta sulcal izquierda y muy larga.

Longitud

De 85-100 μm y ancho de 40-60 μm . Es común encontrar pares de células adheridas dorsalmente.



Células de *Dinophysis caudata* adheridas dorsalmente. Aumento: 200X.
Fotografía tomada con la función de campo claro.



Dinophysis caudata.

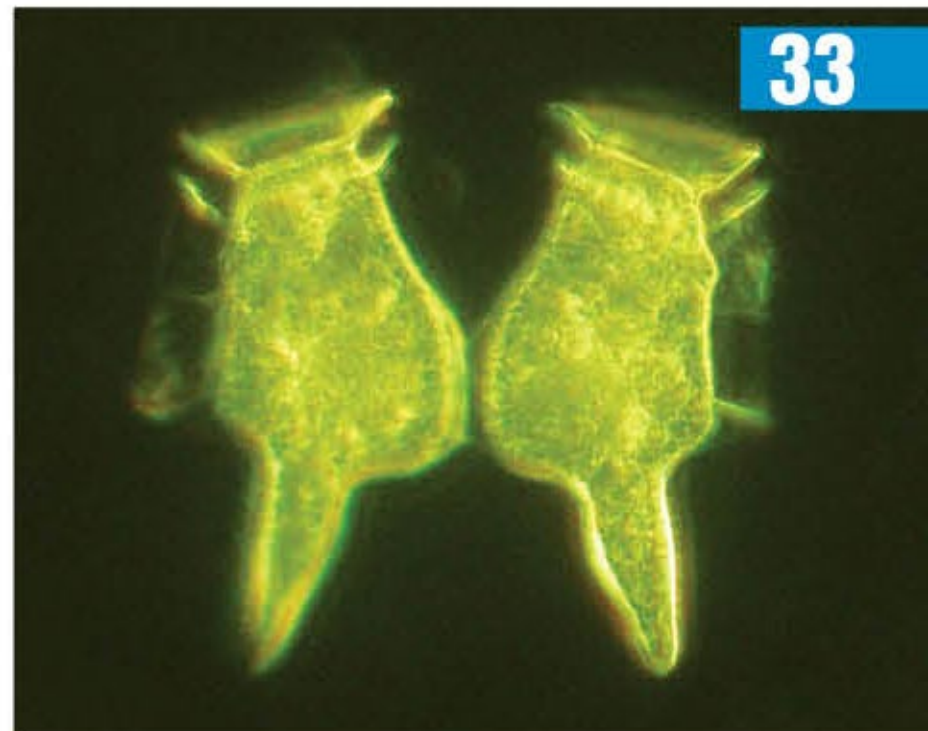
Toxicidad

Productora de toxinas de tipo diarreico (DSP).

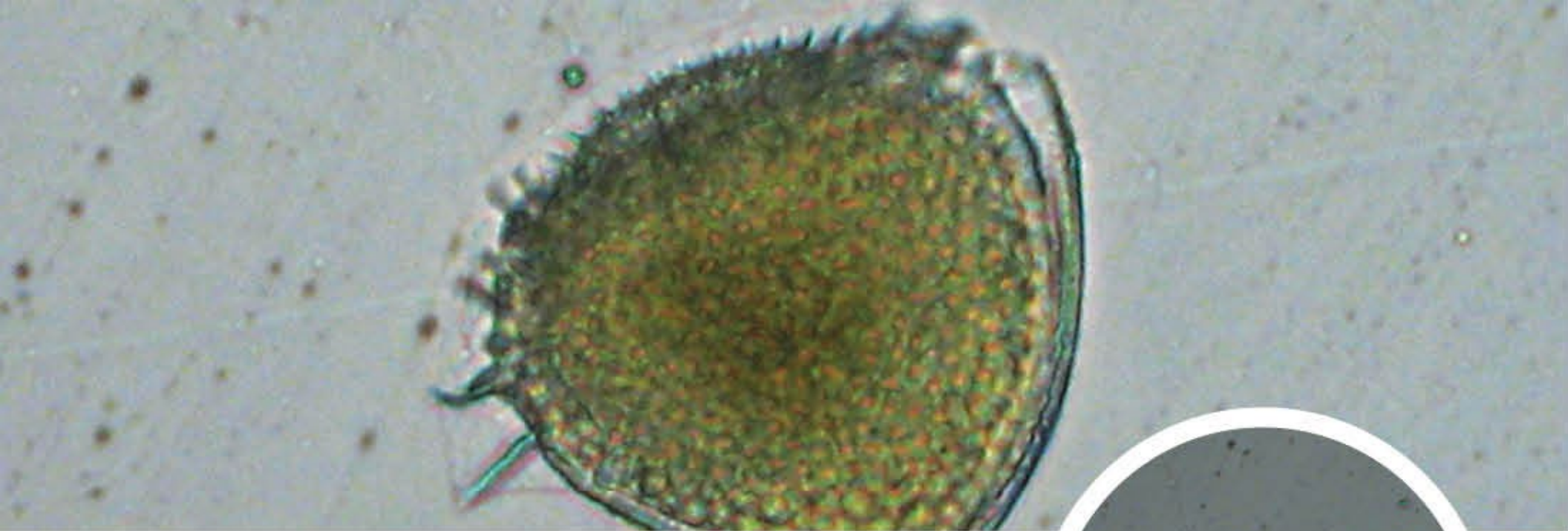
Distribución y hábitat

Especie cosmopolita principalmente nerítica, incluso oceánica, ocasionalmente abundante en aguas costeras, tropicales, subtropicales y regiones cálido-templadas. Rara vez se encuentra en aguas frías.

Reportada en el Atlántico tropical y templado, en el Océano Pacífico e Índico, Mar Árabe, Mediterráneo y Cantábrico.



Dinophysis caudata.



34

Dinophysis mitra

Abé 1967

Descripción

Células anchas, comprimidas lateralmente y con forma de cuña; epiteca ligeramente convexa y de menor tamaño que la hipoteca. Tecas gruesas y con areolas grandes y bien marcadas.

Longitud

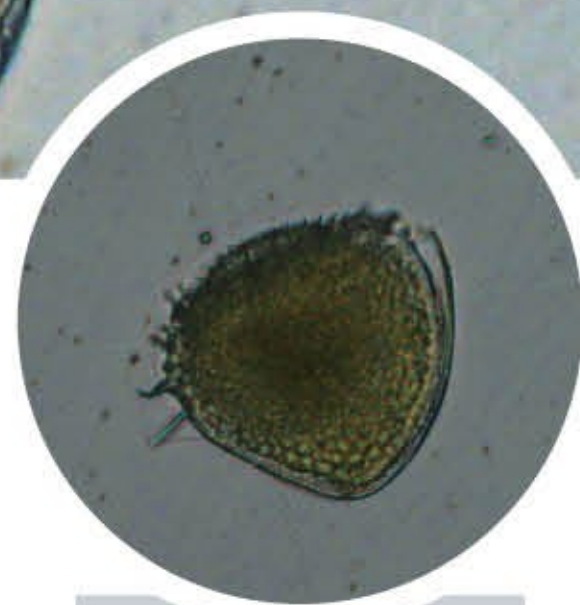
70-95 μm y ancho de 58-70 μm .

Toxicidad

Productora de toxinas de tipo diarreico.

Distribución y hábitat

Se distribuye mundialmente en aguas templadas a tropicales, en la zona nerítica y oceánica. No se reportan floraciones para esta especie tanto nerítica como oceánica.



Dinophysis mitra. Aumento: 400X.



Dinophysis doryphorum

(Stein) Abé 1967

Descripción

Células solitarias de talla grande, epitoca moderadamente convexa. La hipoteca es grande y obovada con un apéndice triangular en el extremo posterior.

Longitud

51-72 μm y ancho de 44-66 μm .

Toxicidad

La especie no se encuentra entre las conocidas que producen toxinas diarreicas (DSP).

Ecología, distribución y hábitat

Especie heterótrofa, se distribuye en aguas neríticas o pelágicas tropicales y templadas.



Dinophysis doryphorum.

36

Gambierdiscus spp.

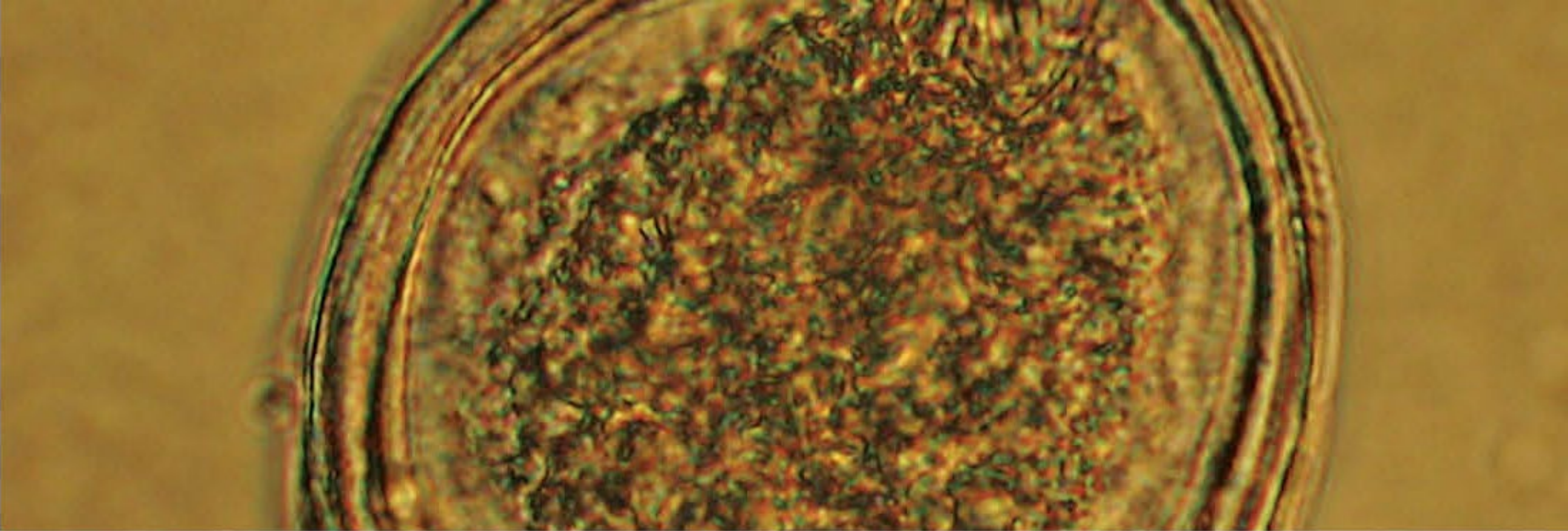
Adachi & Fukuyo 1979

Descripción

Células de tamaño grande y aplanadas antero-posteriormente; más anchas que largas, con forma lenticular. El cingulum es circular, angosto y profundo; el sulcus es corto, hueco y profundo. Presentan tecas gruesas con poros profundos. No presenta cuernos ni espinas. La epiteca e hipoteca tienen forma de boina y tienen casi la misma altura.



Gambierdiscus spp.



Gambierdiscus spp.

Longitud

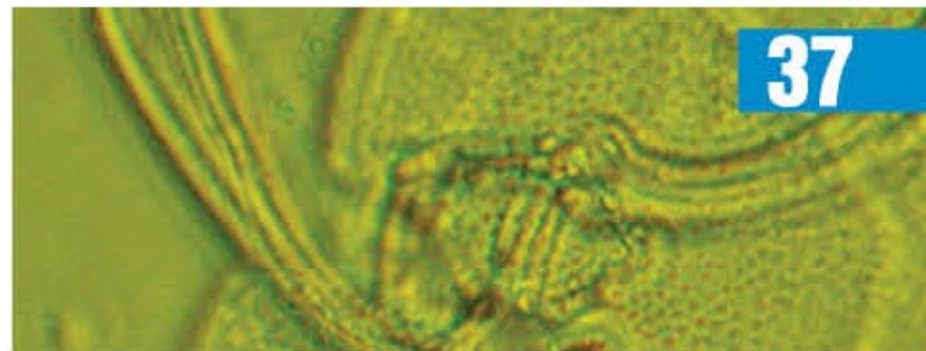
De 24 a 60 μm y ancho de 42 a 140 μm .

Toxicidad

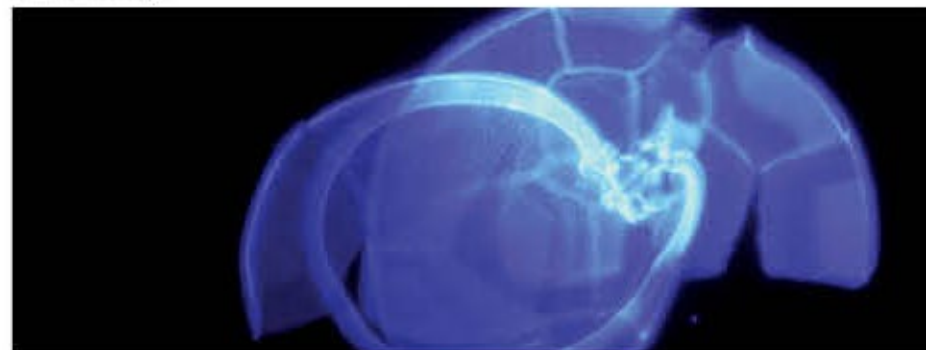
Este género tiene varias especies tóxicas, productoras de ciguatoxina y causante de envenenamiento por ciguatera (CFP).

Distribución y hábitat

Especie bentónica y epífita. Habita corales muertos y algas marinas. Tiene una distribución pantropical y se encuentra en arrecifes de coral, lagunas someras y bahías.



Gambierdiscus spp.



38

Gonyaulax fragilis

(Schütt) Kofoid 1911

Descripción

Células pequeñas y ovaladas, ligeramente infladas en vista ventral. La epiteca e hipoteca son diferentes; siendo la epiteca cónica y con lados ligeramente convexos y la hipoteca asimétrica y redondeada.

El cingulum es medio y desplazado. Las tecas son delgadas y con estrías longitudinales; se observan más estrías en la hipoteca.

Longitud

De 65-105 μm y transdiámetro de 53 a 80 μm .

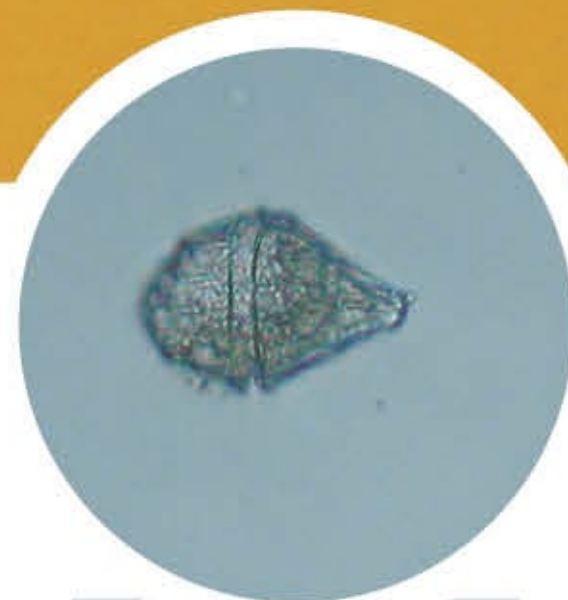
Toxicidad

No se reporta como especie productora de toxinas.

Distribución y hábitat

Se encuentra en zonas tanto oceánicas como costeras; en aguas cálidas y tropicales.

Referencias: Tomas et al. 1997. Licea et al. 1996.



Gonyaulax fragilis. Aumento: 200X.
Fotografía tomada con función de campo claro.



Gonyaulax polygramma

Stein 1883

Descripción

Dinoflagelado armado. Las células son alargadas y pentagonales; la epiteca es estrecha, angular y con un cuerno apical prominente. La hipoteca es simétricamente truncada. El cingulum es descendiente. El sulcus está ligeramente excavado y se ensancha hacia la parte posterior, invadiendo ligeramente la hipoteca. En células maduras, las tecas son reticuladas y estriadas.

Longitud

De 29 a 66 μm y profundidad dorso-ventral de 26 a 56 μm .

Toxicidad

No produce toxinas, pero es causante de mareas rojas asociadas a muertes de peces y moluscos por anoxia y altos niveles de amonio y sulfuro, como productos de la descomposición de las células.

Distribución y hábitat

Esta especie se distribuye mundialmente y es cosmopolita en aguas templadas a tropicales. Es tanto nerítica como oceánica.

Referencias: Tomas et al. 1997. Faust & Gullledge, 2002.



Gonyaulax polygramma. Aumento: 200X.

40

Gonyaulax spinifera (Claparède & Lachmann) Diesing 1866

Descripción

Células pequeñas con un cingulum prominente y excavado. La epitoca es cónica y tiene un cuerno apical corto. Presenta dos espinas antapicales.

Longitud

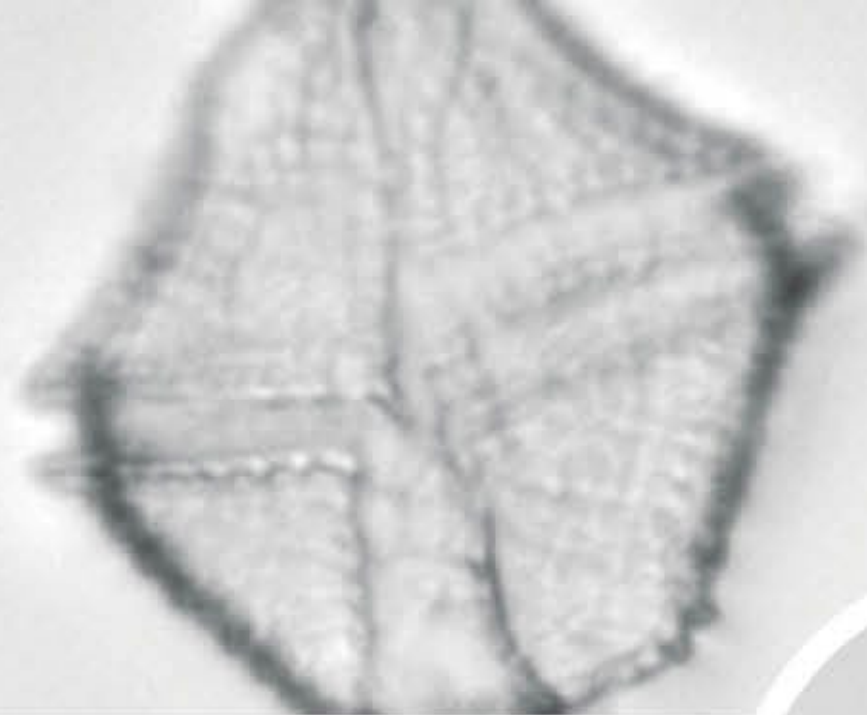
39-59 μm y ancho de 33-38 μm .

Toxicidad

Se ha reportado como especie productora de yesotoxinas (YTX).

Distribución y hábitat

Especie nerítica, estuarina y oceánica; cosmopolita. Se reporta en los Océanos Pacífico y Atlántico, Mar Mediterráneo y Golfo de México.



Gonyaulax spinifera.



Gyrodinium cf. spirale (Bergh) Kofoid & Swezy 1921

Descripción

Dinoflagelado desnudo. Células de tamaño mediano a grande, asimétricas, con forma de huso y con un leve giro longitudinal. El cingulum es excavado, angosto y desplazado cerca del 40% de la longitud de la célula. El epicono es un tanto cónico, con el ápice puntiagudo y dirigido hacia la derecha. El hipocono es más ancho que el epicono y tiene una protuberancia antapical pequeña y puntiaguda. No presenta cloroplastos.

Longitud

70-80 μm y de ancho cerca de 30 μm .

Toxicidad

No es productora de toxinas, pero forma parte de proliferaciones algales.

Distribución y hábitat

En aguas templadas a subtropicales, cosmopolita.



Gyrodinium cf. spirale



42

Gymnodinium catenatum

Graham 1943

Descripción

Es un dinoflagelado desnudo. Forma cadenas de más de 64 células. La morfología de las células varía dependiendo de si se encuentran en cadena o solas. Si se encuentran solas, las células son generalmente alargadas u ovoides, ligeramente comprimidas dorso-ventralmente. La región apical es truncada o ligeramente cónica y la antapical es redondeada y con una muesca. Cuando forman cadenas, las células tienen forma cuadrada a ovoide y están comprimidas antero-posteriormente.

El sulcus es profundo y se extiende en casi toda la longitud de la célula, tienen numerosos cloroplastos de color amarillo-marrón, un núcleo grande localizado en la parte central.

Longitud

34-65 μm y ancho de 27-43 μm .



Gymnodinium catenatum.



Gymnodinium catenatum.

Esta especie produce quistes de resistencia de color pardo y esféricos, su superficie es cubierta por micro reticuladas ornamentaciones y puede germinar en el término de dos semanas.

Toxicidad

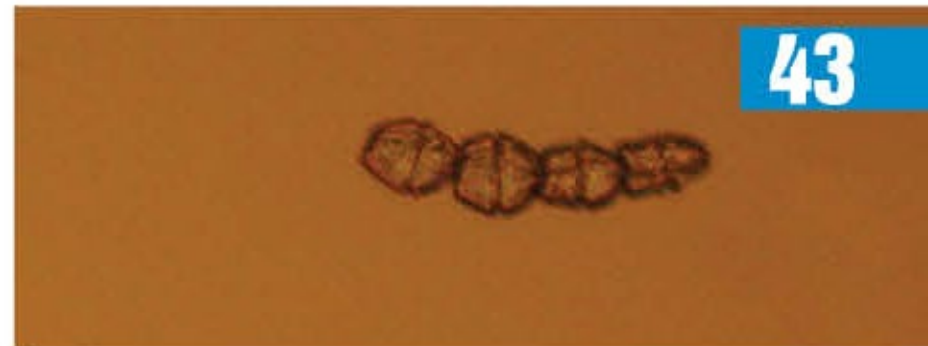
Esta especie es conocida por producir Veneno Paralizante de Moluscos (VPM) o Paralytic Shellfish Poisoning (PSP). Produce neo-Saxitoxina, decarbamol Saxitoxina, decarbamol Gonyaulotoxina 2, B1-B2, C1-C2, Saxitoxina. Investigaciones recientes demuestran la presencia de sulfacarbamol, C 3-4 y Gonyaulotoxina-6.

Distribución

Es una especie de carácter cosmopolita. Predominante en el Océano Pacífico. Es marino planctónico de temperaturas templadas y tropicales. Produce marea roja y ha provocado la muerte a personas y fauna marina por la intoxicación del veneno paralítico, también ha provocado la muerte a larvas de camarones y peces.

Encontrado en altas densidades celulares (5480 cel l⁻¹) en la mortandad de tortugas en octubre 2013, en la costa salvadoreña.

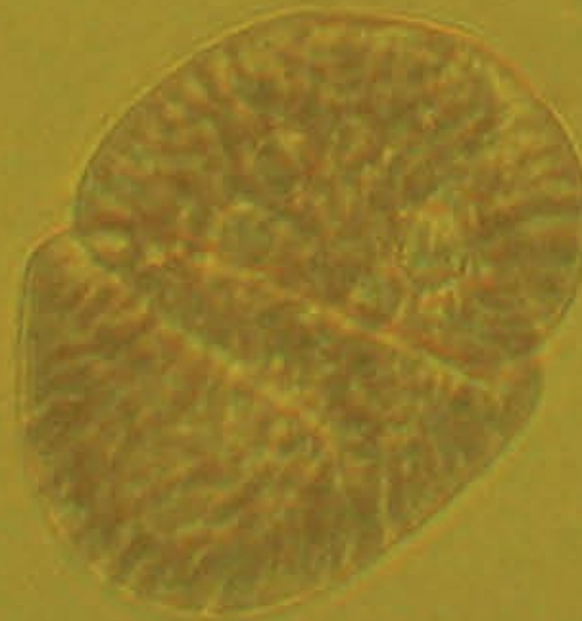
43



Gymnodinium catenatum.



Se registró en episodio tóxico 2013.



44

Gyrodinium instriatum

Freudenthal et Lee 1963

Descripción

Dinoflagelado desnudo de forma elipsooidal con un grado de aplanamiento dorso-ventral variable. La epiteca se reduce hasta una forma plana en el ápice; la hipoteca es ligeramente más larga y ancha, también puede aplanarse un poco hacia su ápice. El sulcus se extiende ventralmente como una muesca en el área sub-apical. En las células vivas, se observa un núcleo esférico de gran tamaño y ubicado en la porción anterior de la epiteca.

Sus dimensiones son muy variables pero se ha encontrado:

Longitud

De 40 a 70 μm y ancho de 10 a 50 μm .



Gyrodinium instriatum.



Gyrodinium instriatum.

Toxicidad

Es causante de marea roja, pero aún no se ha comprobado totalmente su toxicidad; sin embargo, se cree que su toxicidad está asociada a bacterias presentes en su interior. Es una especie potencialmente nociva, en Hong Kong ha sido asociada a la mortandad de peces.

Distribución y hábitat

Se distribuye mundialmente y crece en condiciones de variada temperatura y salinidad.



Gyrodinium instriatum.



Karenia brevis

(Davis) Hansen & Moestrup 2000

Descripción

Dinoflagelado desnudo con numerosos cloroplastos. Las células son aparentemente cuadradas, pero presentan un proceso apical prominente y un episoma redondeado. El hiposoma es ligeramente bilobulado. Además, son fuertemente aplanadas dorso-ventralmente. El cingulum no está desplazado y desciende en forma de espiral; el sulcus se extiende hacia el episoma. Una ranura apical se extiende desde la extensión del sulcus en el episoma hasta la parte dorsal de la célula.

Longitud

23 a 34 μm y ancho de 24 a 36 μm .

Toxicidad

Produce brevetoxinas responsables de intoxicación neurotóxica (NSP) que pueden ser dañinas para peces y mamíferos; el aerosol de la toxina puede causar irritaciones respiratorias y dérmicas.

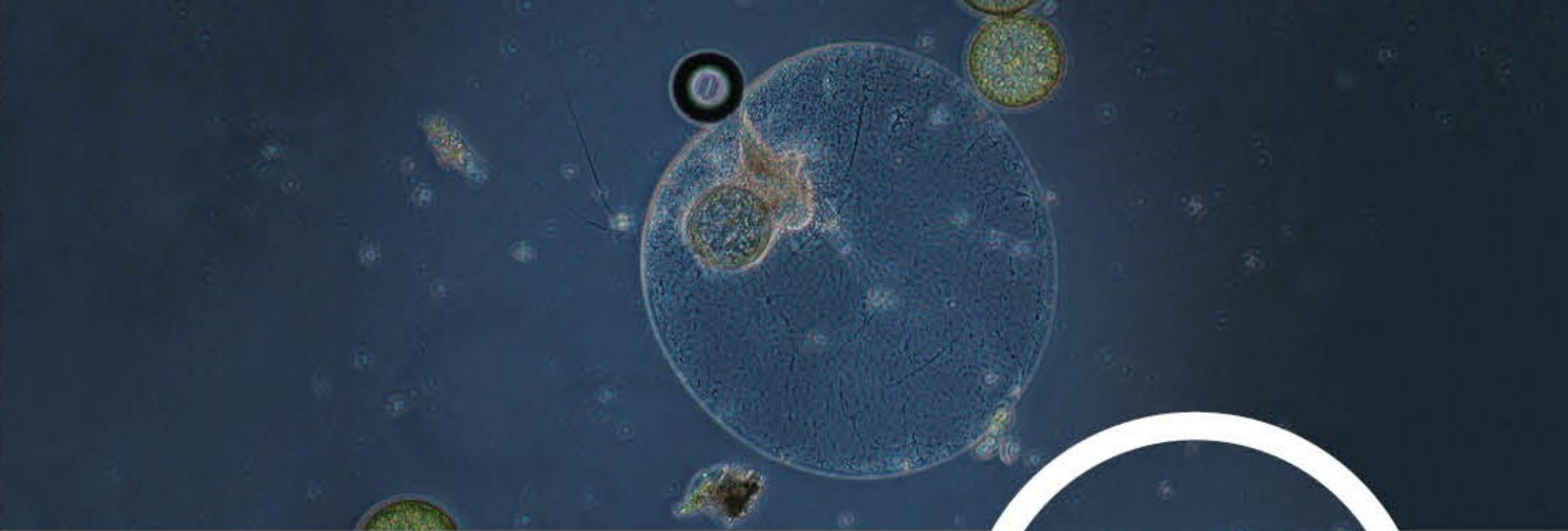
Referencias: Hallegraeff et al. 2003. Tomas et al. 1997.



Karenia brevis.

Distribución y hábitat

Se distribuye en aguas oceánicas y estuarinas, de cálidas a tropicales.



Noctiluca scintillans

(Macartney) Kofoed & Swezy 1921

Descripción

Células desnudas, grandes y más o menos esféricas. Es fagotrófica (se alimenta de fitoplancton, protozoos, detritus y huevos de peces) y las células usualmente no tienen color. Las células no se dividen en episoma e hiposoma. Tienen una ranura ventral profunda y ancha, alberga un flagelo, un tentáculo estriado y un diente que es una extensión de la pared celular.

Longitud

Diámetro de 200 a 2000 μm .

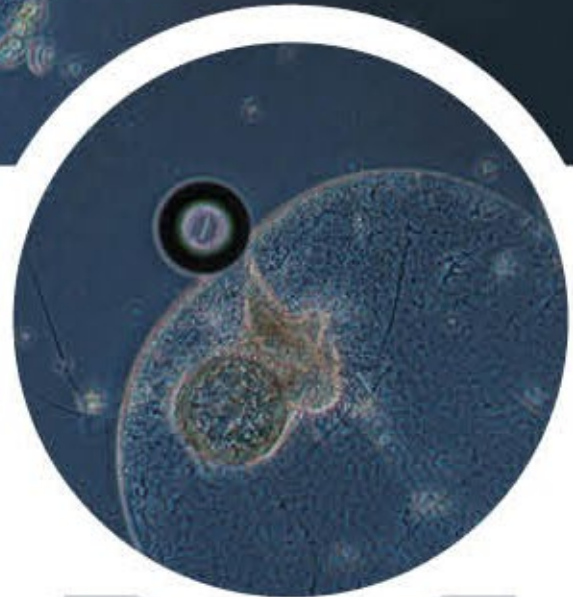
Toxicidad

A pesar de que esta especie no produce toxinas, puede acumular grandes cantidades de amoníaco, lo cual puede ser tóxico en peces e invertebrados marinos. Las proliferaciones de esta especie pueden causar una marcada coloración roja en el agua. En algunos casos puede ser bioluminiscente.

Distribución y hábitat

Las poblaciones de esta especie se encuentran comúnmente en áreas costeras

Referencias: Tomas et al. 1997. Hallegræff et al. 2003. Faust & Gualledge, 2002.



Noctiluca scintillans (de mayor tamaño) rodeada por diatomeas (menor tamaño).

y en ensenadas de regiones tropicales y subtropicales. Es una especie cosmopolita en aguas frías y cálidas. Se distribuye ampliamente y ha causado proliferaciones en aguas templadas, subtropicales y tropicales.



48

Ornithocercus magnificus

Stein 1883

Descripción

Células de tamaño pequeño, con aletas. La aleta sulcal izquierda está bien desarrollada y su parte posterior presenta tres lóbulos; el lóbulo medio tiene forma de "V" y una costilla accesoria. La aleta cingular anterior presenta radios, y entre estos se encuentran otros segmentos cortos. La superficie presenta areolas y poros dispersos.

Longitud

De 32-120 μm y transdiámetro de 33 a 60 μm .

Toxicidad

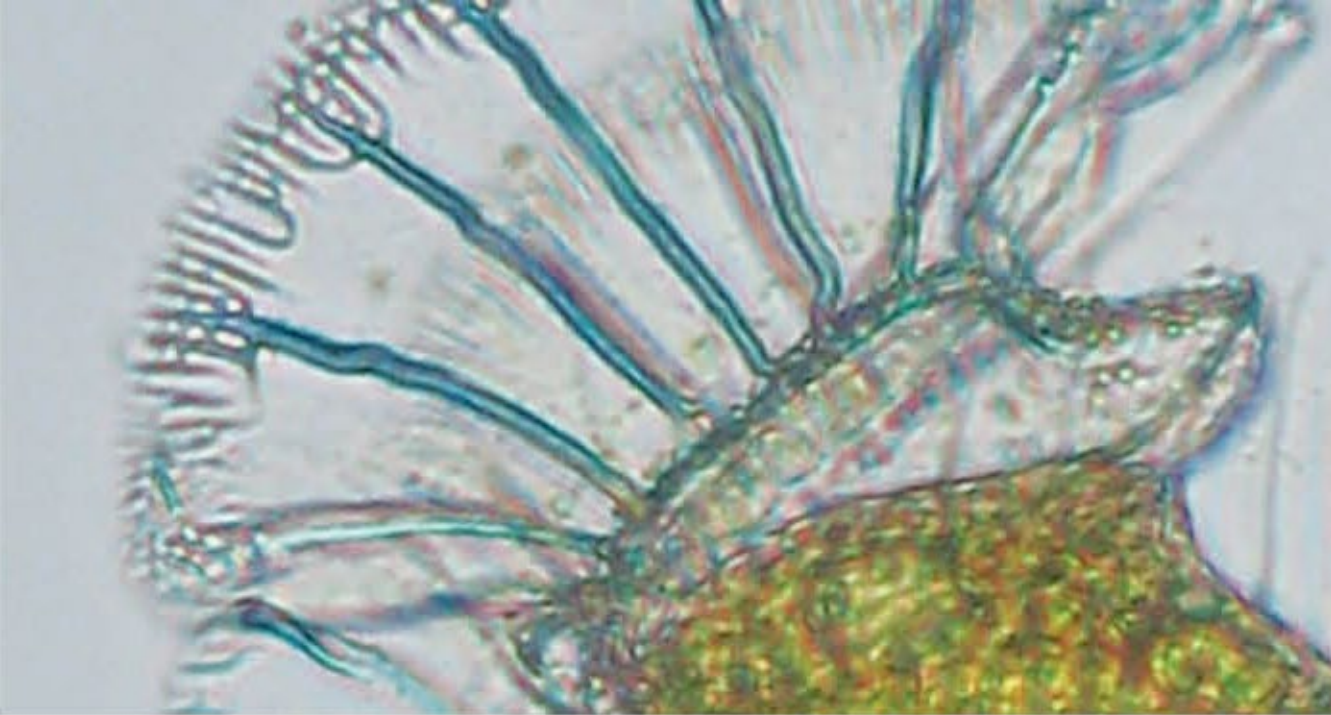
No se reporta como especie tóxica.

Distribución y hábitat

Se encuentra en zonas oceánicas; es cosmopolita en aguas cálidas a tropicales.



Ornithocercus magnificus. Aumento: 200X.
Fotografía tomada con función de campo claro.



Ornithocercus steinii

Schütt 1900

Descripción

Células subcirculares de tamaño mediano, con la epiteca plana y oblicua. Las paredes de la célula presentan areolas grandes. Posee aletas bien desarrolladas. La aleta cingular posterior está sustentada por numerosos radios; la aleta cingular anterior presenta costillas pero en menor número; la aleta sulcal izquierda presenta cuatro lóbulos posteriores débilmente desarrollados, cada uno con una costilla, las cuales no se conectan entre sí; y la aleta sulcal derecha no se extiende más allá de la parte posterior del cuerpo de la célula.

Longitud

De 50-114 μm y ancho de 61-71 μm .

Toxicidad

No se reporta como especie tóxica.

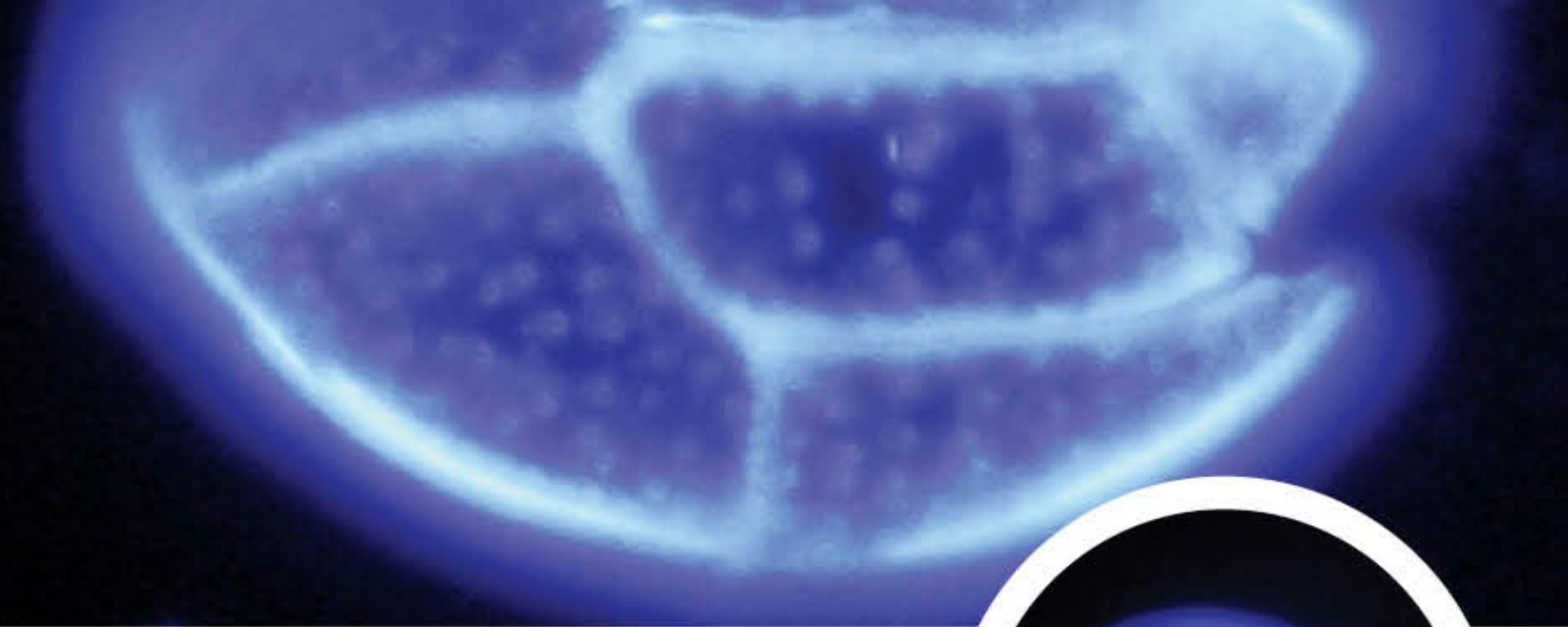
Distribución y hábitat

Se encuentra en zonas oceánicas; es cosmopolita en aguas cálidas a tropicales.

Referencias: Tomas et al. 1997. Licea et al. 1995.



Ornithocercus steinii.



50

Ostreopsis spp.

Schmidt 1901

Descripción

Pertenece a los dinoflagelados tecados, células solitarias de tamaño mediano a grande, de forma oval y comprimidos dorso-ventralmente. En vista apical, las células tienen forma de lágrima y son ventralmente estrechas. En vista lateral, el área de cingulum se observa ondulada o recta.

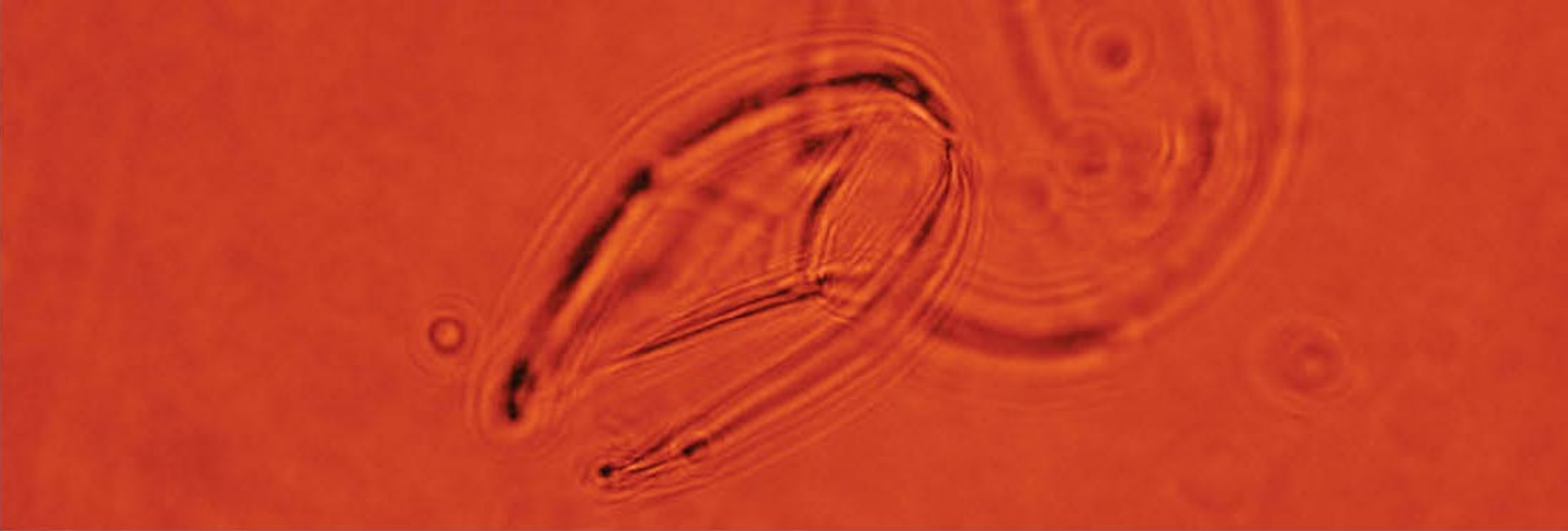
La placa del poro apical es excéntrica, marcado por un área delgada en forma de hendidura o muesca larga y curvada. No se observa que la epitoca sea más pequeña que la hipoteca. La superficie de las tecas posee poros de diferentes tamaños.

Longitud

Diámetro transversal de 25 a 138 μm y largo de 22 a 70 μm .



Ostreopsis spp.



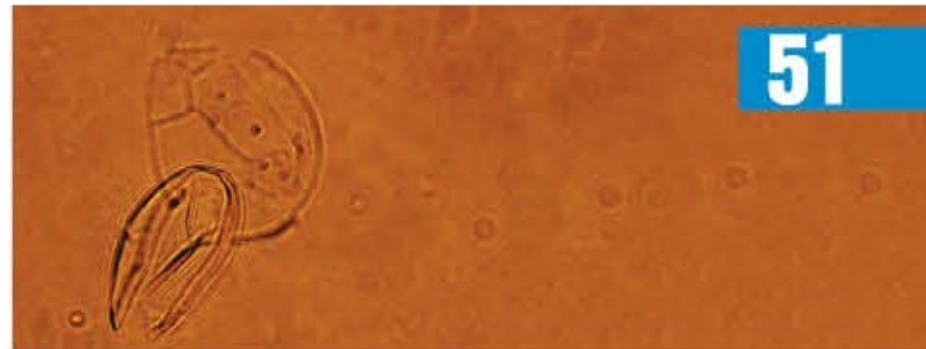
Ostreopsis spp.

Toxicidad

Algunas especies son productoras de palitoxinas, las cuales están asociadas a la intoxicación ciguatera. Causan intoxicaciones humanas fatales al ingerir peces que han acumulado las toxinas en sus músculos. En varias localidades de la costa italiana se han reportado eventos tóxicos, en Liguria, el año 2005, más de 200 personas fueron hospitalizadas por problemas respiratorios y conjuntivitis. En Apulia, en 2004, hubo varias denuncias de casos de dermatitis causados por esta microalga.

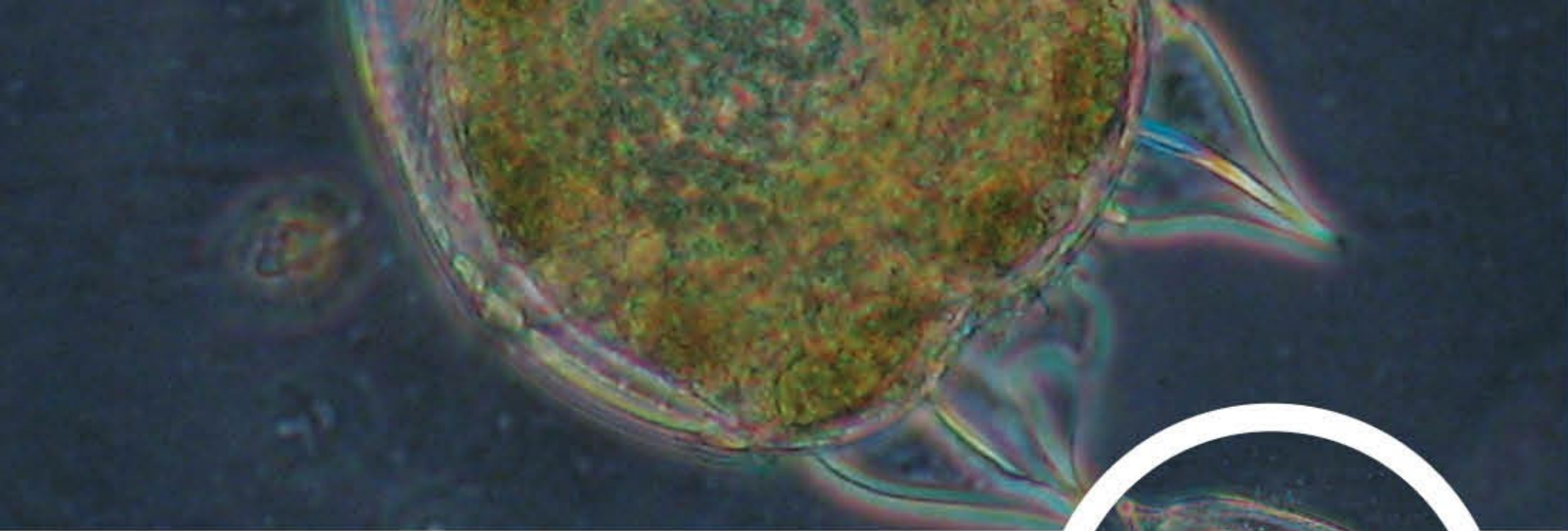
Distribución

El género se distribuye mundialmente en áreas costeras tropicales y algunas áreas templadas cálidas. Se ha reportado en varias localidades del Mar Mediterráneo, con mayor presencia en playas de Italia. *Ostreopsis* tiene hábitos bentónicos y epífitos, crece sobre macroalgas, aunque a veces se puede encontrar con mucha frecuencia en sedimentos.



Ostreopsis spp.





52 *Podolampas bipes*

Stein 1883

Descripción

Células de tamaño grande, piriformes, con dos espinas antapicales prominentes, aladas y curvadas; y la espina derecha diverge del cuerpo de la célula. Las alas de las espinas usualmente son reticuladas en su zona distal. La célula suele ser más ancha hacia su parte post-mediana.

Longitud

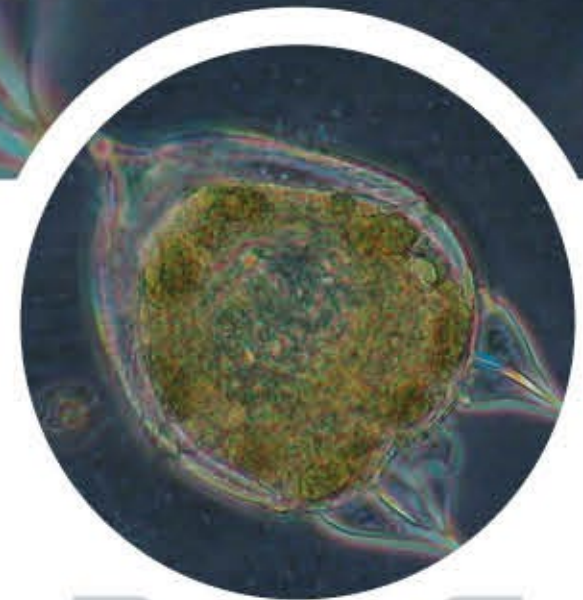
70-104 μm y transdiámetro de 53 a 85 μm .

Toxicidad:

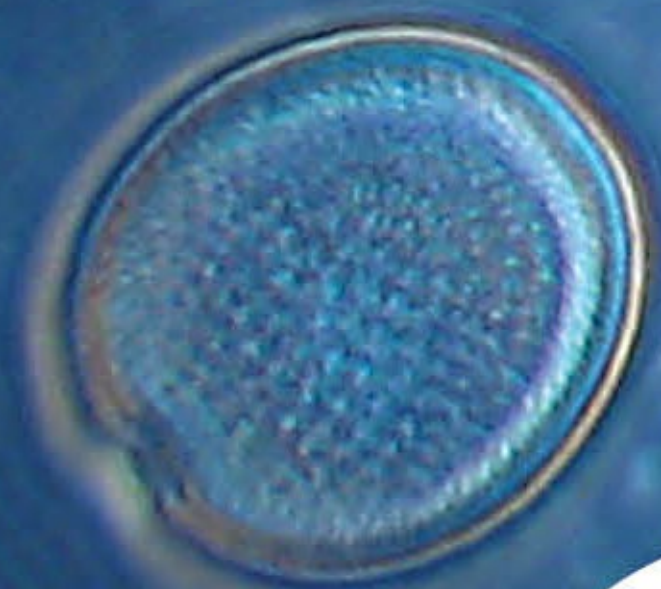
No se reporta como especie productora de toxinas.

Distribución y hábitat

Se distribuye mundialmente, en zonas oceánicas, por lo general en aguas templadas a tropicales.



Podolampas bipes. Aumento: 200X.
Fotografía tomada con función de contraste de fases.



Prorocentrum compressum

(Bailey) Abé ex Dodge 1975

Descripción

Células de tamaño pequeño a mediano. En vista valvar se observan con forma oval y vistas lateralmente son comprimidas. Usualmente, la parte anterior de la célula con una depresión ligera. Presenta 2 espinas cortas y opuestas en la parte anterior de la célula. Las valvas están cubiertas con poros y depresiones poco profundas. Hacia el centro de la célula las ornamentaciones son más marcadas.

Longitud

30-50 μm y ancho cerca de 25 μm .

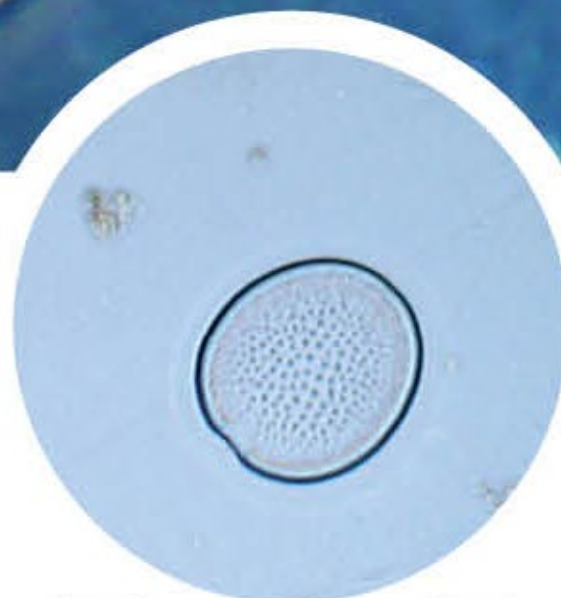
Toxicidad

No se reporta como especie tóxica.

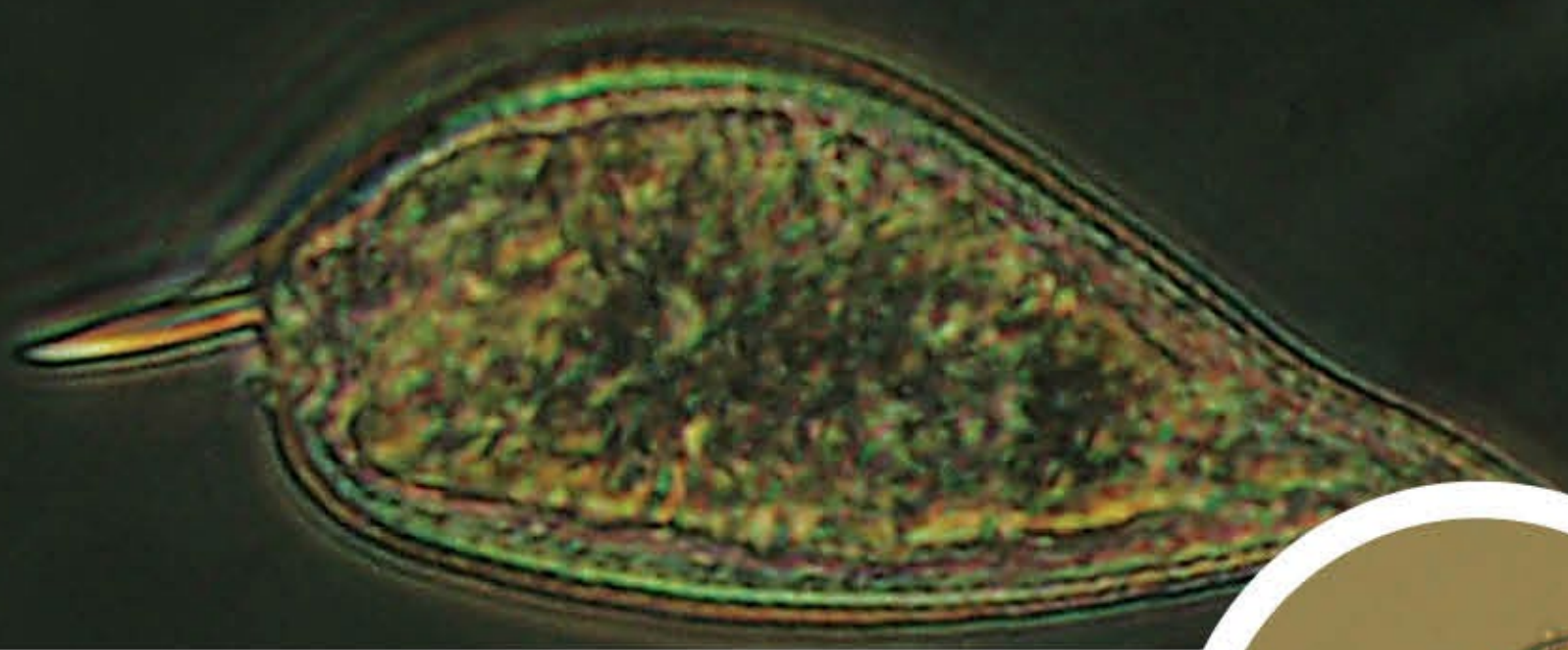
Distribución y hábitat

Generalmente planctónica, tanto nerítica como oceánica. Cosmopolita en aguas templadas a tropicales. Suele encontrarse embebida en mucílago.

Referencias: Tomas et al. 1997. Dodge, 1975.



Prorocentrum compressum.



54

Prorocentrum gracile

Schütt 1895

Descripción

Células de tamaño pequeño a mediano y alargadas, siendo la longitud casi el doble del ancho. La parte anterior es redondeada, en algunos casos con una espina basal corta y la parte posterior es puntiaguda. Las tecas tienen la superficie cubierta por poros y presentan un patrón de depresiones.

Longitud

De 50-70 μm y diámetro de 17-23 μm .

Toxicidad:

No se reporta como especie tóxica.

Distribución y hábitat

Se distribuye en el Atlántico, Pacífico y Mediterráneo. Es principalmente nerítica y estuarina; cosmopolita en aguas frías hasta tropicales.



Prorocentrum gracile.



Prorocentrum lima

(Ehrenberg) Stein 1878

Descripción

Células oblongas a ovadas, de tamaño pequeño a mediano, más anchas en la región media y más angostas hacia la parte anterior. Las tecas son gruesas y suaves con poros superficiales dispersos. Cada valva contiene de 50 a 80 pequeños poros marginales distribuidos de manera relativamente equitativa en la periferia de la valva; el centro de la valva carece de poros. Presenta una depresión en forma de "V" en el área periflagelar de la valva derecha.

Longitud

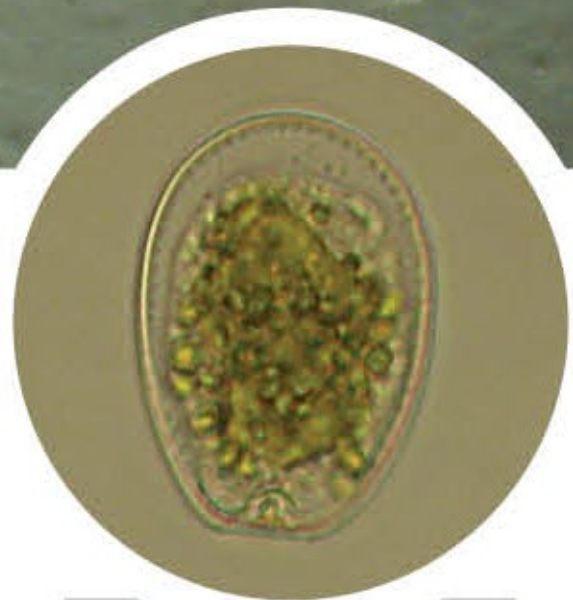
32-50 μm y ancho de 20-28 μm .

Toxicidad

Es una especie productora de toxinas de acción rápida (FAT, por sus siglas en inglés), toxinas diarreicas (DSP).

Distribución y hábitat

Es una especie nerítica y estuarina distribuida mundialmente que se encuentra



Prorocentrum lima.

en aguas tanto templadas como tropicales. Se puede encontrar en arena, adherida a la superficie de macroalgas y restos bentónicos, asociada a arrecifes de coral.

56

Prorocentrum mexicanum

Tafall 1942

Descripción

Dinoflagelado tecado con una espina apical. Las células son pequeñas, de ovaladas a oblongas, con lados rectos. La superficie valvar de las células jóvenes es suave, pero en células más viejas puede aparecer rugosa. Ambas tecas tienen numerosos poros (100 por valva) dispuestos radialmente en depresiones surcadas. Las tecas son además excavadas y carecen de poros en el centro. Generalmente las células se encuentran embebidas en mucílago.

Longitud

30 a 38 μm y ancho de 20 a 25 μm .

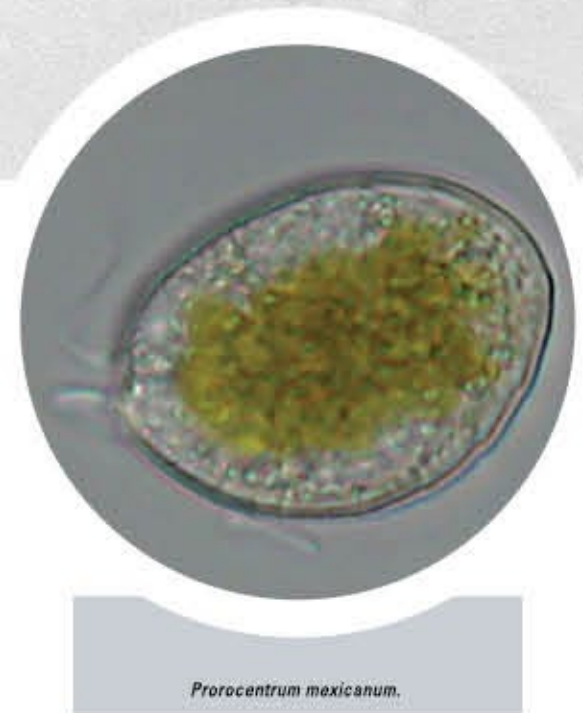
Toxicidad

Produce toxinas de rápido efecto (FAT).

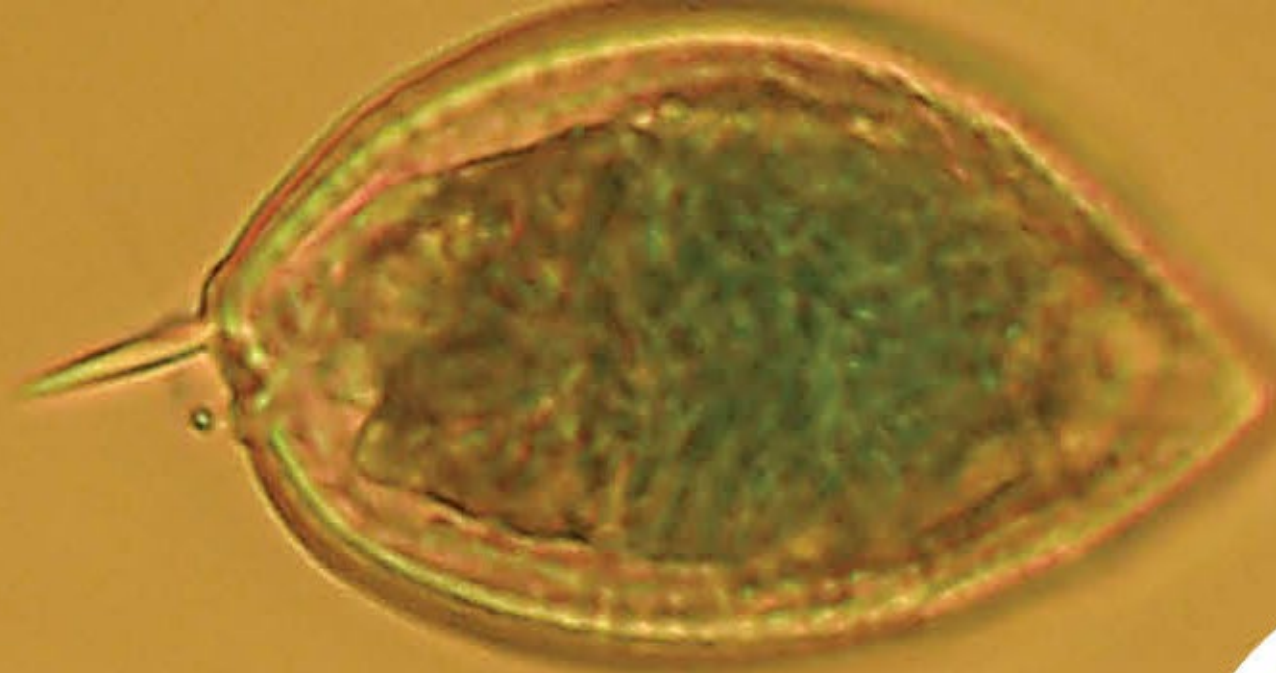
Distribución y hábitat

Esta especie se encuentra en comunidades bentónicas de ensenadas someras, tanto tropicales como subtropicales.

Referencias: Tomas et al. 1997. Faust & Gualledge, 2002.



Prorocentrum mexicanum.



Prorocentrum micans

Ehrenberg 1833

Descripción

Dinoflagelado armado. Células de tamaño mediano, con forma de gota o de corazón, redondeadas en su parte anterior, puntiagudas en su parte posterior y más ancha hacia la parte media. En vista valvar, típicamente, las células tienen un lado convexo y un lado arqueado. Este patrón es marcado en la parte media de la célula. En vista lateral, la célula es aplanada. Tiene una espina apical alada bastante desarrollada, de 10 μm de largo, en la valva izquierda.

Las células tienen superficie rugosa, cubierta con depresiones diminutas y poco profundas.

Longitud

35-70 μm y ancho de 20-50 μm .

Toxicidad

Aunque no produce ninguna toxina, esta especie es productora de mareas rojas en muchas partes del mundo, causando la muerte de peces en algunos casos.

Referencias: Tomas et al. 1997. Faust & Gualledge, 2002.



Prorocentrum micans.

Distribución y hábitat

Plantónica; nerítica y estuarina, pero también se encuentra en ambientes oceánicos. Cosmopolita en aguas templadas a tropicales. Tolerancia salinidad arriba de 90‰ en algunas lagunas del Caribe.



58

Prorocentrum sigmoides

Böhm 1933

Descripción

Células solitarias de talla grande y a veces en forma de "S". Es bastante alargada en proporción de tres veces el ancho. Presenta una teca bivalvar con aplastamiento bilateral. El polo posterior es agudo y menor que el anterior. Los márgenes de las valvas son asimétricos con un lado convexo y otro sigmoide. Presenta una espina ligeramente sigmoide.

Longitud

85 μm y de ancho 25 μm .

Toxicidad

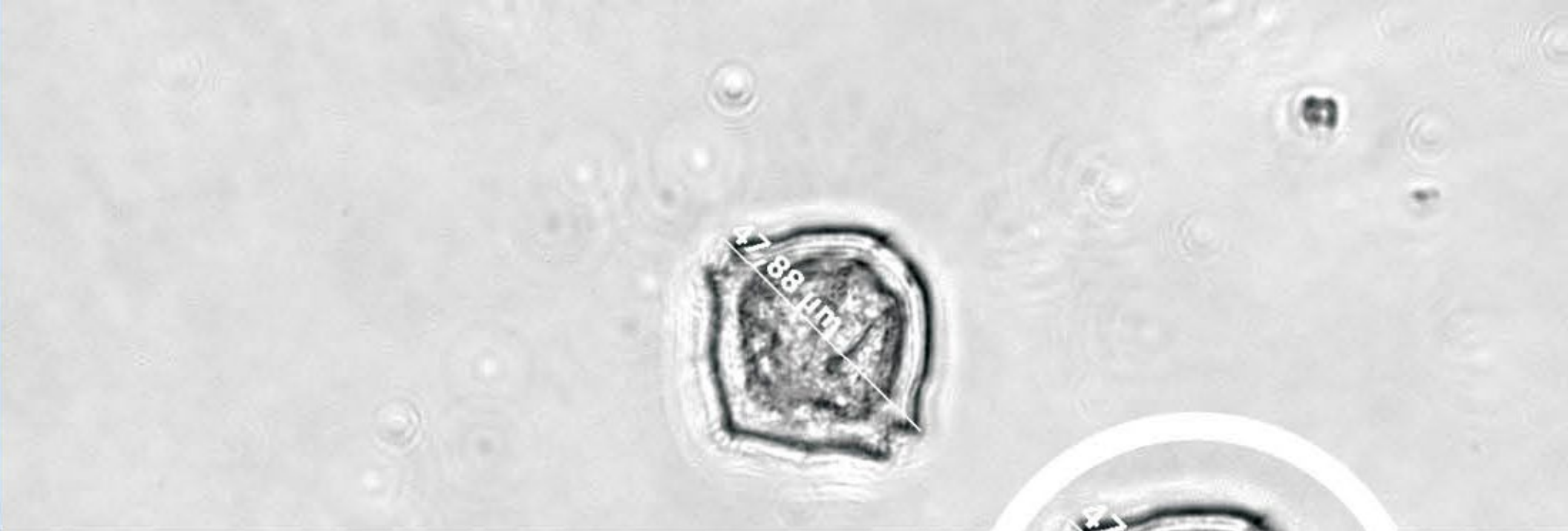
No es considerada tóxica, pero es dañina para organismos marinos al agotarse el oxígeno cuando esta especie prolifera en altas concentraciones celulares.

Distribución y hábitat

Ampliamente distribuida en aguas tropicales y subtropicales. Es una especie cosmopolita, nerítica, de temperaturas cálidas y frías.



Prorocentrum sigmoides.



Protoperidinium brevipes

(Poulsen) Balech 1974

Descripción

Células de tamaño pequeño, con forma pentagonal. El picono es aproximadamente triangular. El cingulum es ligeramente desplazado ascendente y muy amplio. La epitoca tiene lados rectos terminados posteriormente en dos distintos lóbulos que llevan a una espina corta. Las células son comprimidas dorso-ventralmente. La hipoteca es hendida y ligeramente bilobada con dos espinas antapicales cortas. Las células tienen un diámetro aproximado de 20 a 40 μm .

Longitud

De 18 a 40 μm .

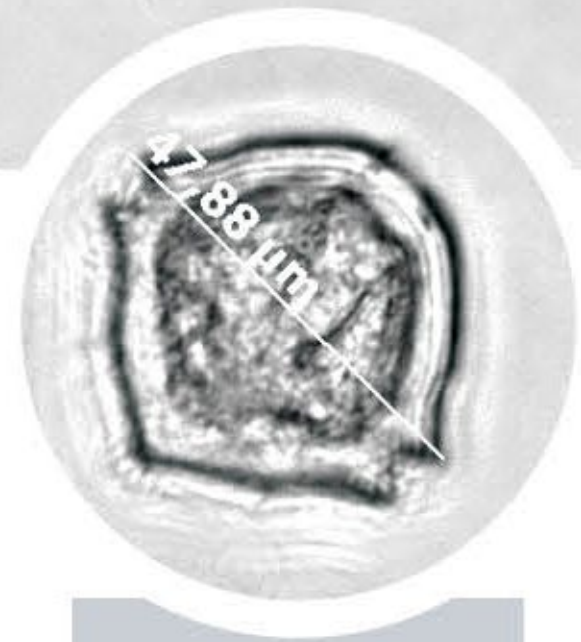
Toxicidad

No se reporta como especie productora de toxinas.

Distribución y hábitat

De aguas costeras, reportado para el Atlántico y el Pacífico.

Referencias: Tomas et al. 1997.



Protoperidinium brevipes.
Aumento: 400X.

60

Protoperidinium conicum (Gran) Balech 1974

Descripción

Células pentagonales de tamaño medio y comprimidas dorsoventralmente; sin cuerpo apical. La hipoteca carece de poro y forma dos cuernos cónicos grandes que terminan en espinas cortas. La epiteca ventral es cóncava y el cingulum es circular. Las placas están cubiertas con retículos irregulares y delicados.

Longitud

De 52 a 100 μm y ancho de 45 a 83 μm .

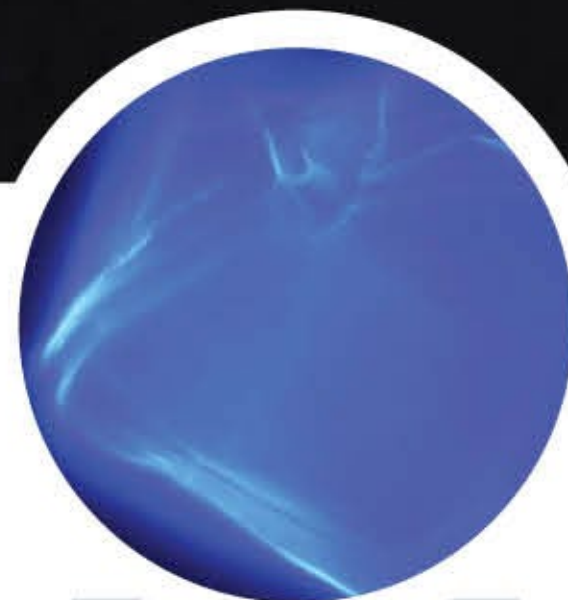
Toxicidad

No produce toxinas.

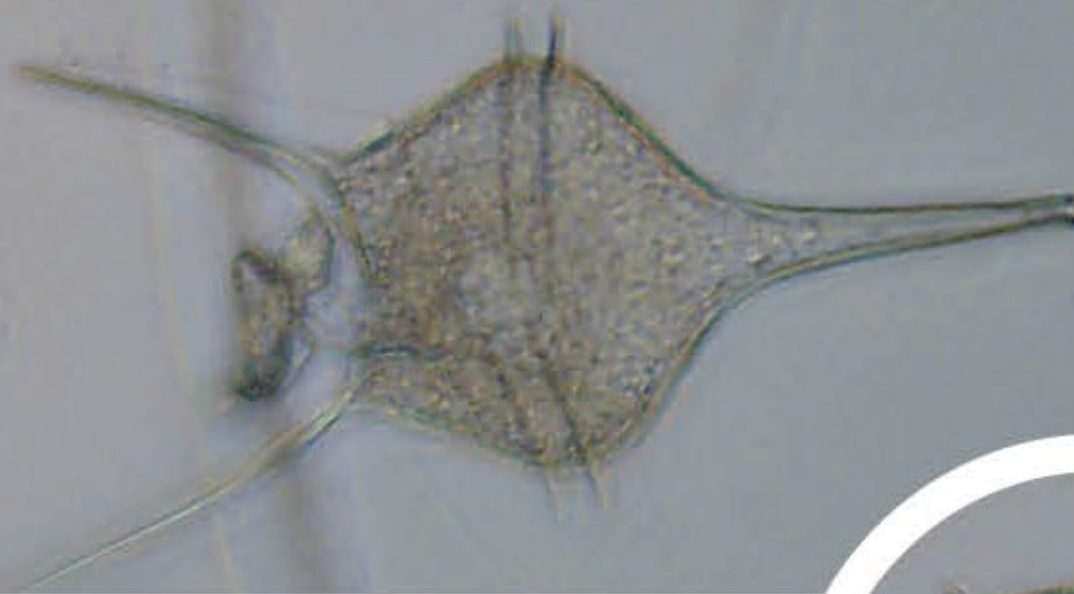
Distribución y hábitat

Se encuentra en aguas costeras y oceánicas; es cosmopolita en regiones templadas a tropical.

Referencias: Dodge 1983. Tomas 1997. Okolodkov 2008.



Protoperidinium conicum.
Aumento: 400X.



Protoperidinium diabolus

(Cleve) Balech 1974

Descripción

Células en forma de pera y ligeramente comprimidas dorsoventralmente, con un cuerno apical en la epiteca. La hipoteca es semiesférica y produce dos espinas antapicales sólidas y aladas. El cingulum, que está orientado hacia el lado derecho y separa notablemente la epiteca de la hipoteca, presenta costillas transversales distribuidas regularmente. La superficie de las placas presenta una red irregular y poco visible.

Longitud

De 97 a 106 μm y ancho de 56 a 63 μm .

Toxicidad

No es una especie productora de toxinas.

Distribución y hábitat

Es una especie interoceánica que se encuentra desde aguas tropicales hasta templadas.

Referencias: Economou-Amilli 1986. Evagelopoulos 2002.



Protoperidinium diabolus.

Protoperidinium leonis (Pavillard) Balech 1974

Descripción

Células de tamaño mediano, con forma pentagonal o de rombo. La superficie está cubierta con espinas de base ancha que pueden fusionarse.

El margen posterior es hendido con dos espinas antapicales cortas. La superficie ventral de la epiteca es excavada o ligeramente cóncava. El ancho y largo de las células son casi iguales.

Longitud

53 a 95 μm y transdiámetro de 53 a 95 μm .

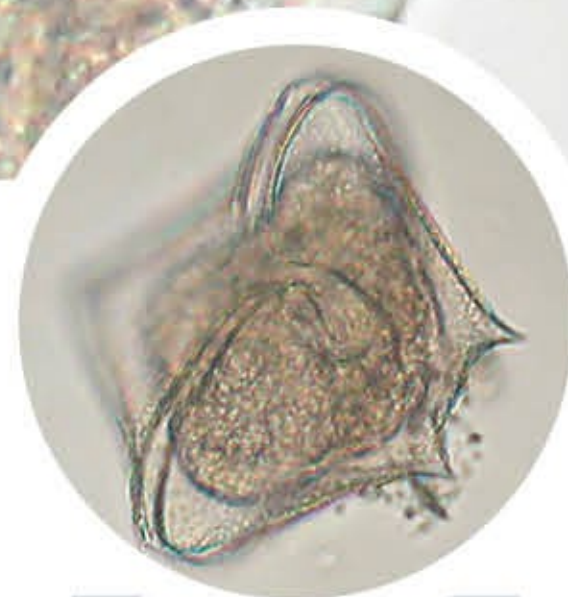
Toxicidad

No se reporta como especie productora de toxinas.

Distribución y hábitat

Se distribuye mundialmente, encontrándose en zonas costeras y oceánicas, en aguas templadas a tropicales.

Referencias: Licea et al. 1995. Tomas et al. 1997.



Protoperidinium leonis.



Pyrophacus horologium

Stein 1833

Descripción

Células discoidales, con la superficie cubierta por microgránulos distribuidos densamente. En vista anterior, se observa casi circular; mientras que en vista dorsal es biconvexa.

Se distingue de las demás especies del género porque posee menor número de placas, tanto en la epiteca como en la hipoteca.

Longitud

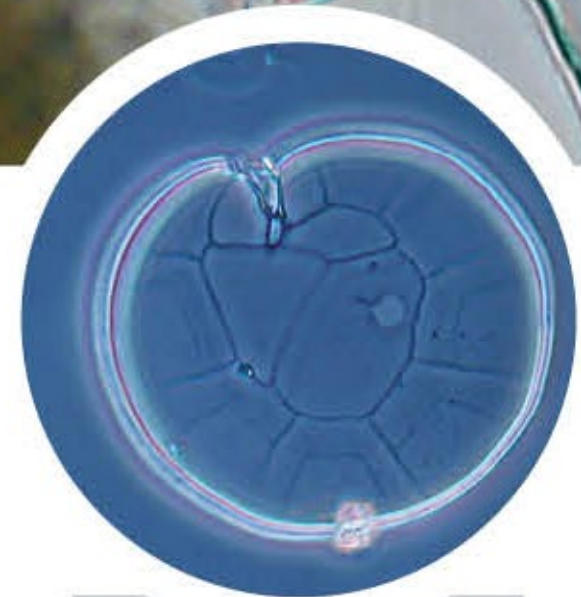
De 35 a 136 μm y transdiámetro de 32 a 125 μm .

Toxicidad

No se reporta como especie productora de toxinas.

Distribución y hábitat

Se encuentra en zonas oceánicas, neríticas y estuarinas. Es cosmopolita en aguas frías templadas a tropicales.



63

Pyrophacus horologium. Aumento: 200X.

64

Pyrophacus steinii (Schiller) Wall & Dale 1971

Descripción

En vista apical, la célula es aplanada, casi circular con una pequeña concavidad en la superficie ventral que corresponde a la posición del sulcus. En vista lateral, las células son de forma lenticular y fuertemente comprimidas en sentido anterior-posterior.

P. Steinii, se presenta en forma unicelular y posee numerosos cloroplastos de color marrón dorado. Es bioluminiscente.

Toxicidad

No se ha reportado toxicidad para esta especie.

Distribución y hábitat

Restringida a los climas templados hasta los trópicos en todos los mares.



Pyrophacus steinii.



Scrippsiella trochoidea

(Stein) Loeblich III 1976

Descripción

Dinoflagelado tecado con forma de pera. La epiteca es cónica con un proceso apical corto y convexo; mientras que la hipoteca es redondeada. Cíngulo amplio; el sulcus no invade la epiteca. Los cloroplastos son discoidales y de color café-amarillento.

Longitud

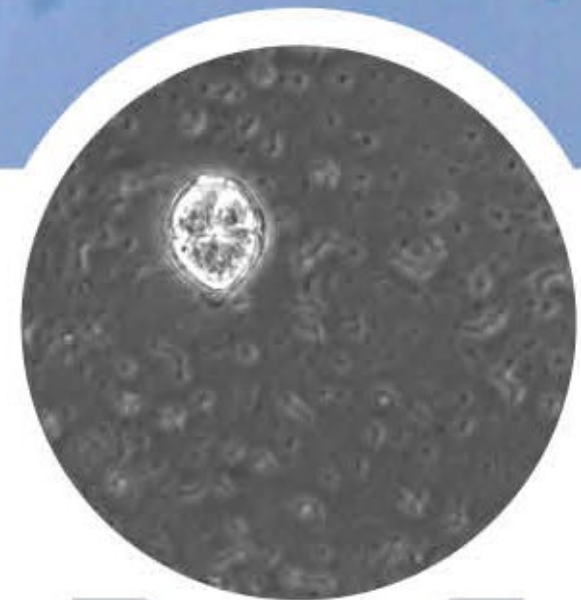
De 16-36 μm y transdiámetro de 20-23 μm .

Toxicidad

No se reporta como especie tóxica; sin embargo, causa proliferaciones algales. En bahías protegidas, las proliferaciones pueden ser muy densas y causar la muerte de peces e invertebrados por anoxia.

Distribución y hábitat

Especie cosmopolita nerítica. Habita en aguas estuarinas y salobres.



Scrippsiella trochoidea

66

Pyrodinium bahamense *var. compressum*

(Böhm) Steidinger, Tester & Taylor 1980

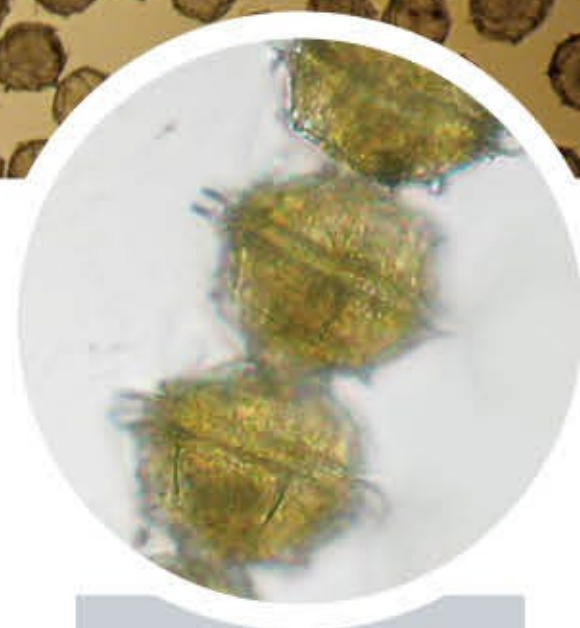
Descripción

La variedad *compressum* presenta células ligeramente comprimidas longitudinalmente respecto de la variedad *bahamense*. Forma largas cadenas mayores de 4 células.

Sus tecas presentan poros grandes en comparación a *Pyrodinium bahamense var. bahamense*.

Célula de 50-81 μm de longitud y 41-15 μm de ancho. Forma quistes.

En la actualidad para distinguir entre la variedad *compressum* de la variedad *bahamense*, se han tomado principalmente características



Pyrodinium bahamense var. compressum.



Pyrodinium bahamense var. *compressum*.

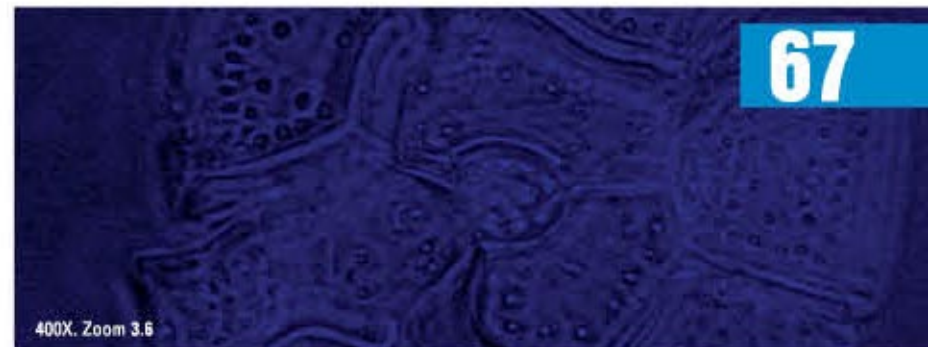
morfológicas y se ha aceptado mayor forma esférica para la variedad *bahamense*, así como la presencia de una espina en la epiteca y un cuerno apical más pronunciado en comparación con la variedad *compressum*, que además presenta un poro en la placa del complejo apical.

Toxicidad

Productor de toxinas paralizantes (PSP). En El Salvador, la mayoría de casos en los que se han encontrado altos niveles de Saxitoxina han estado asociados a la alta proliferación de esta variedad.

Distribución y hábitat

Esta variedad ha sido identificada en los Océanos Pacífico e Índico, pero no en el Atlántico. Habita en aguas cálidas.



400X. Zoom 3.6

Pyrodinium bahamense var. *compressum*.



200X. Zoom 4

Dinoflagelados

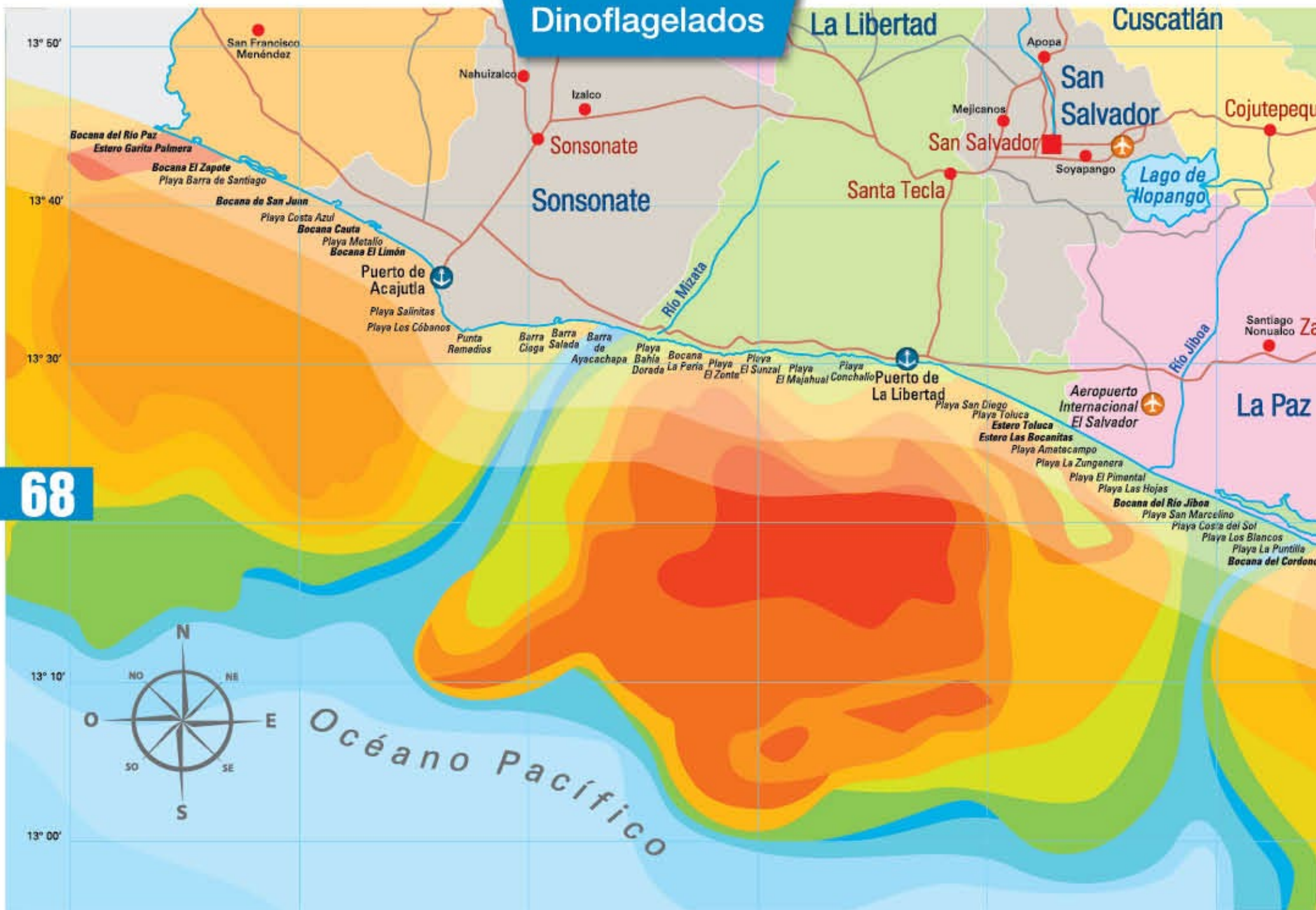
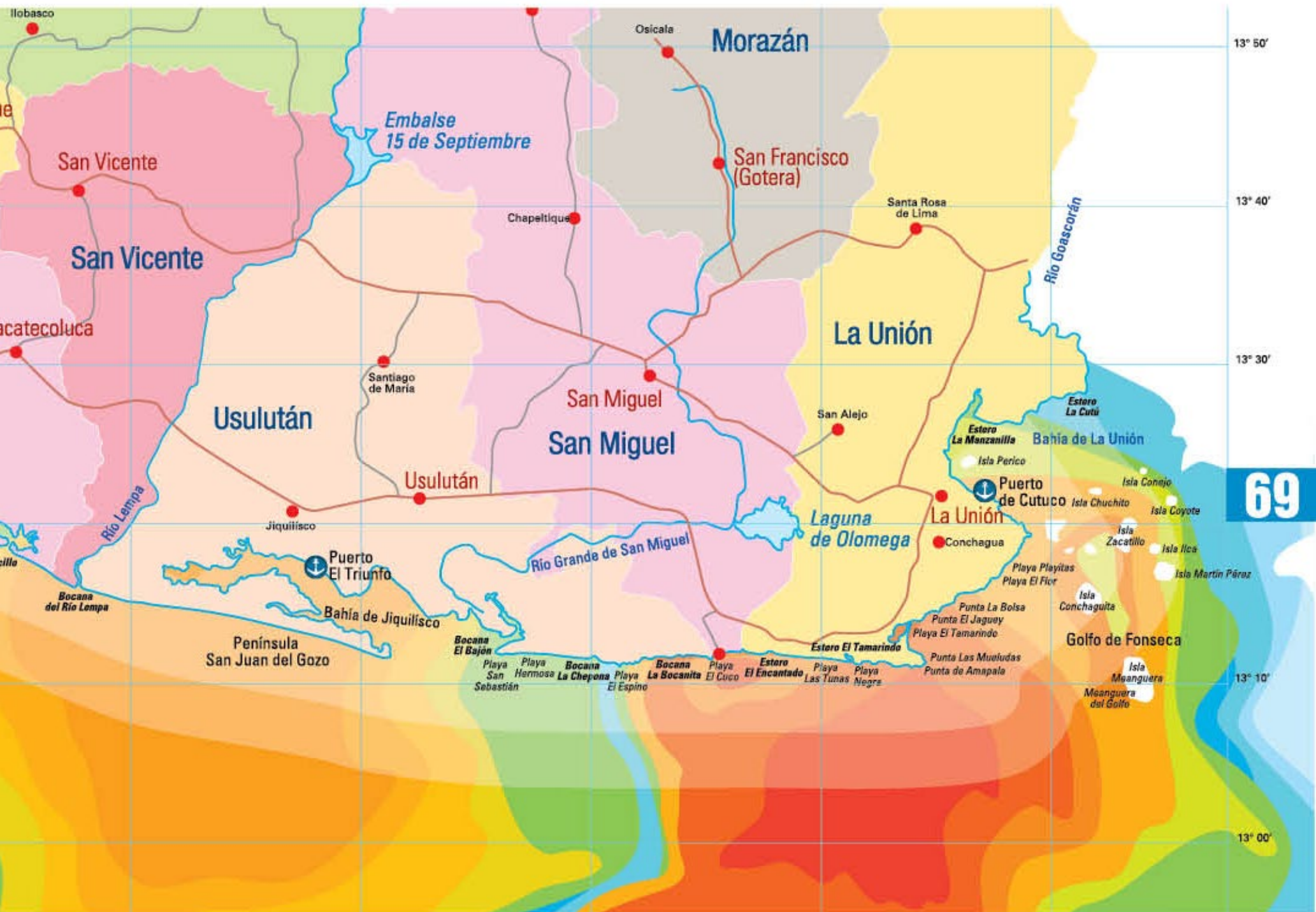


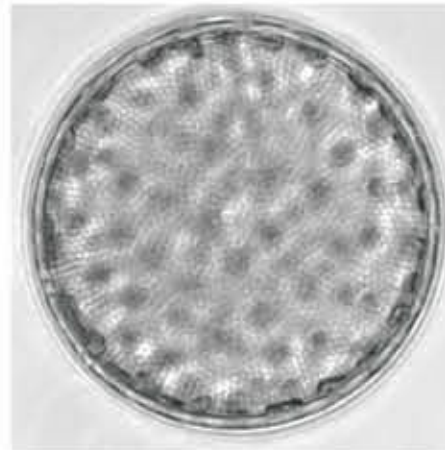
Fig. 7. Áreas de distribución de Floraciones Algas Nocivas formadas por Dinoflagelados. 2009-2013.



Actinocyclus octanarius ehrenberg 1837

Descripción

Valvas circulares con superficie convexa. Areolas agrupadas en hileras, dando la impresión que las valvas están divididas en compartimentos; estas hileras están separadas por estrías que se forman desde el margen de la valva hasta el anillo hialino. La orilla de la valva está cubierta de areolas de menor tamaño que las que se encuentran en el resto de la valva.



Longitud

Diámetro 50-62.5 μm .
De 6-8 areolas en 10 μm .

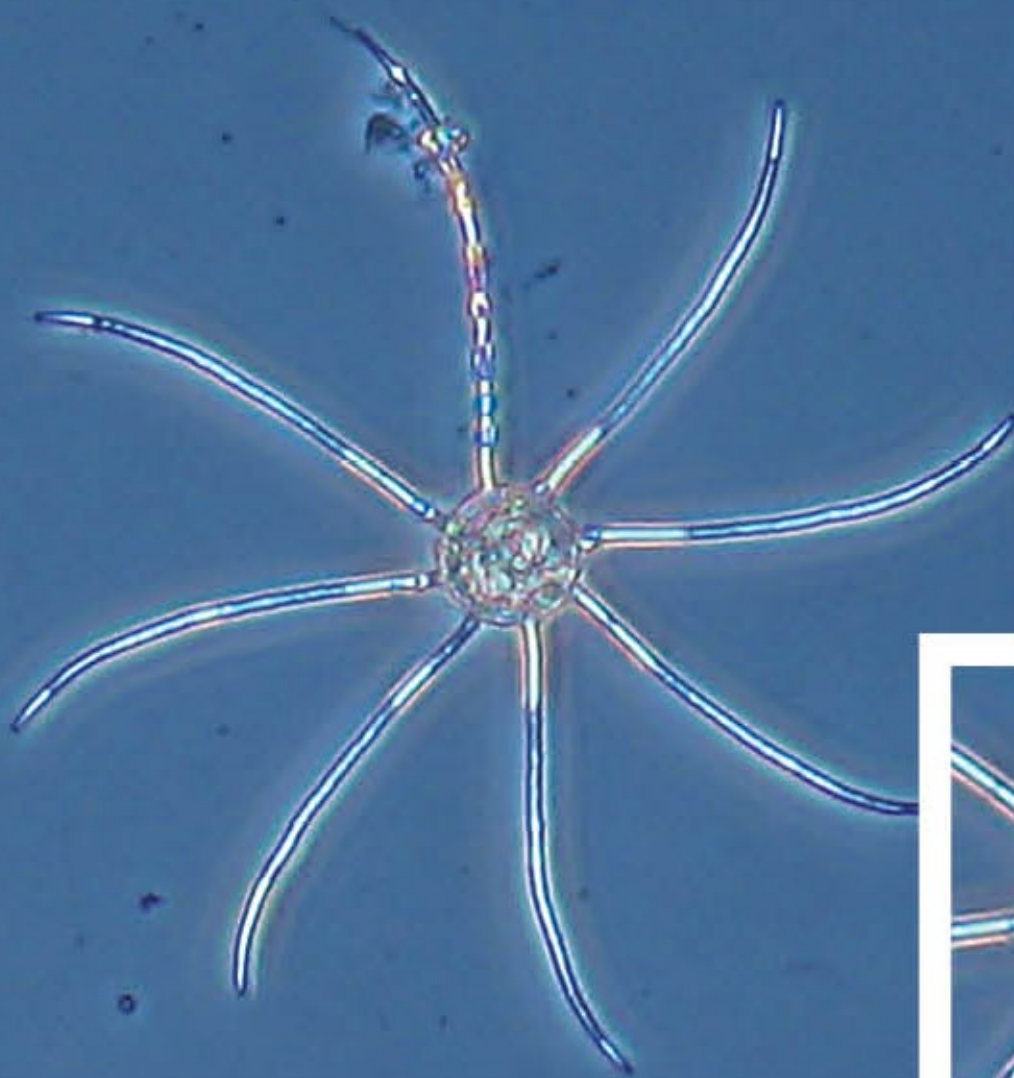
Toxicidad

No se reporta producción de toxinas.

Distribución y hábitat

Golfo de California, Mares del Norte, de Noruega, de Dinamarca, Báltico, Mediterráneo, Canal Inglés, Costas del Atlántico y Pacífico, Océanos Ártico y Antártico.

Actinocyclus octanarius.



Bacteriastrum furcatum

Shadbolt 1854

Descripción

Posee setas terminales transversas al eje de las cadenas que luego son abruptamente curvadas en su parte externa. Posee setas internas distribuidas de 6 a 10 por valva.

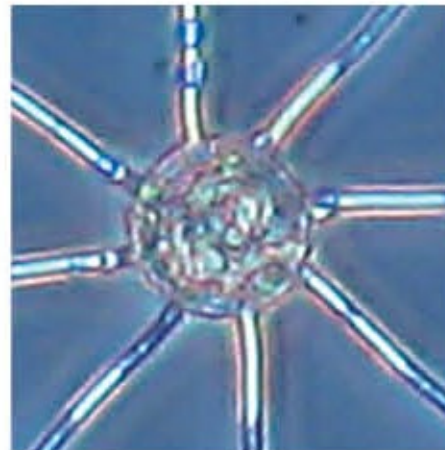
Longitud

Variable por presentar células en cadena.

Toxicidad

No es considerada como especie tóxica.

71



Distribución y hábitat

Es exclusivamente marino y planctónico, se desconocen muchos aspectos biológicos de esta especie.

Bacteriastrum furcatum.
Aumento: 200X.

Referencia: Tomas et al. 1997.

Calyptrrella robusta

(Norman ex Ralfs) Hernández-Becerril & Meave del Castillo 1996

Descripción

Frústula cilíndrica ligeramente curvada. Valva cónica alargada, que termina en un tubo externo corto. Cíngulo alargado, compuesto por numerosas escamas.

Longitud

Diámetro de 25 a 27 μm , eje pervalvar de 280 a 290 μm . Aunque hay referencias de medidas mucho mayores en las que se presenta un diámetro de 400 μm y eje pervalvar de 1000 μm .

Toxicidad

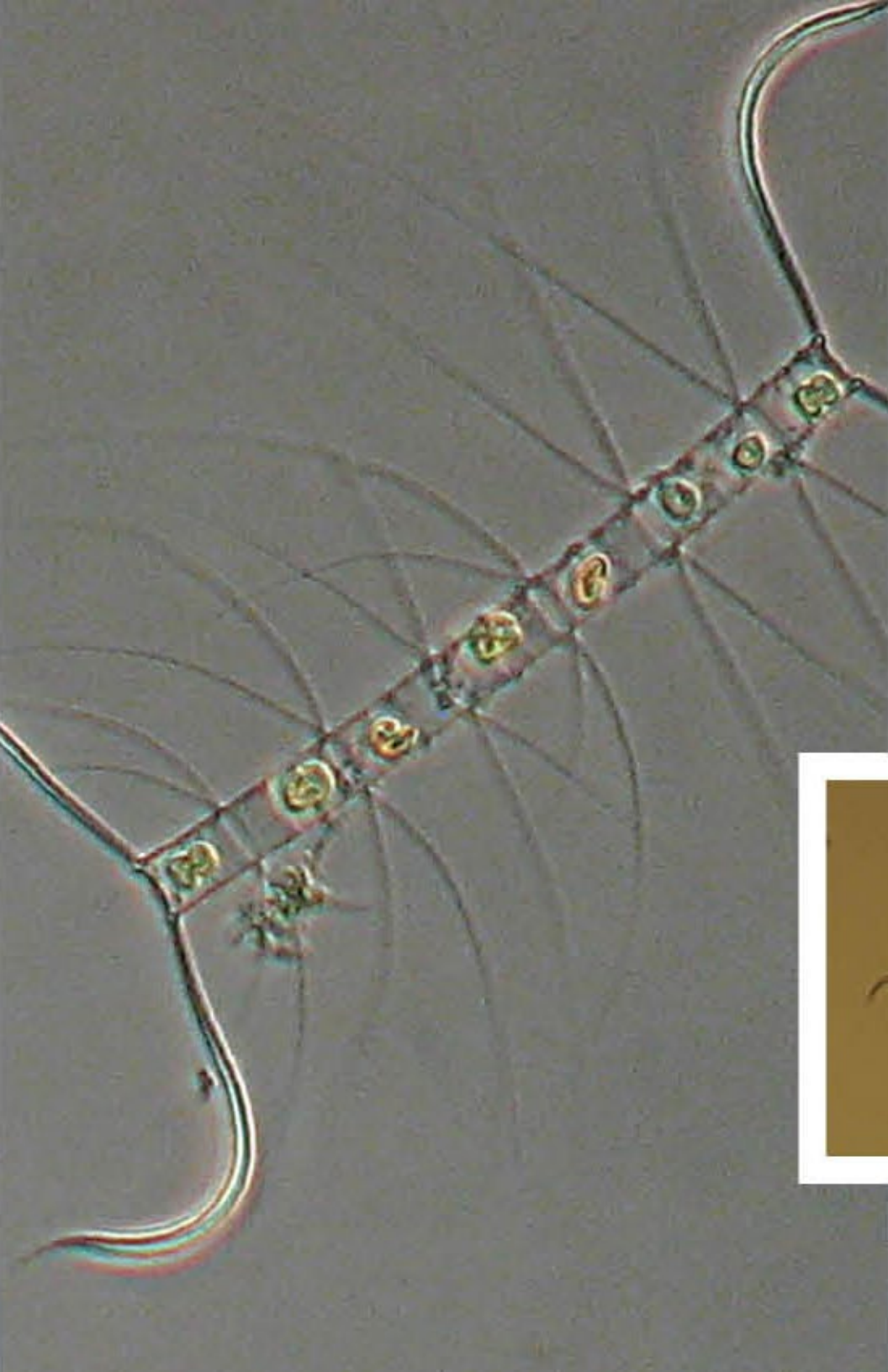
No se reporta como productora de toxinas.

Distribución y hábitat

Se distribuye desde aguas frías hasta aguas cálidas tropicales. Se ha reportado en el Golfo de California, Mar del Norte, Mar Caribe, Canal Inglés y Mar de Irlanda.



Calyptrrella robusta.



Chaetoceros affinis

Lauder 1864

Descripción

Células rectangulares unidas en cadenas rectas de dos a siete células, superficie valvar cóncava. Manto corto, zona cingular con dos líneas. Abertura intercelular ovalada. Setas intercalares delgadas, salen de las esquinas celulares y se fusionan por fuera del margen de la cadena, perpendiculares al eje de la cadena para después curvarse ligeramente; las setas terminales se originan en las esquinas de las células y se dirigen perpendicularmente al eje de la cadena, hasta casi en la mitad de su tamaño se engruesan y ondulan.

73



Chaetoceros affinis.

Después se curvan paralelamente y casi en la punta se doblan para quedar perpendiculares al eje.

Longitud

17 a 25 μm y ancho de 7 a 10 μm .

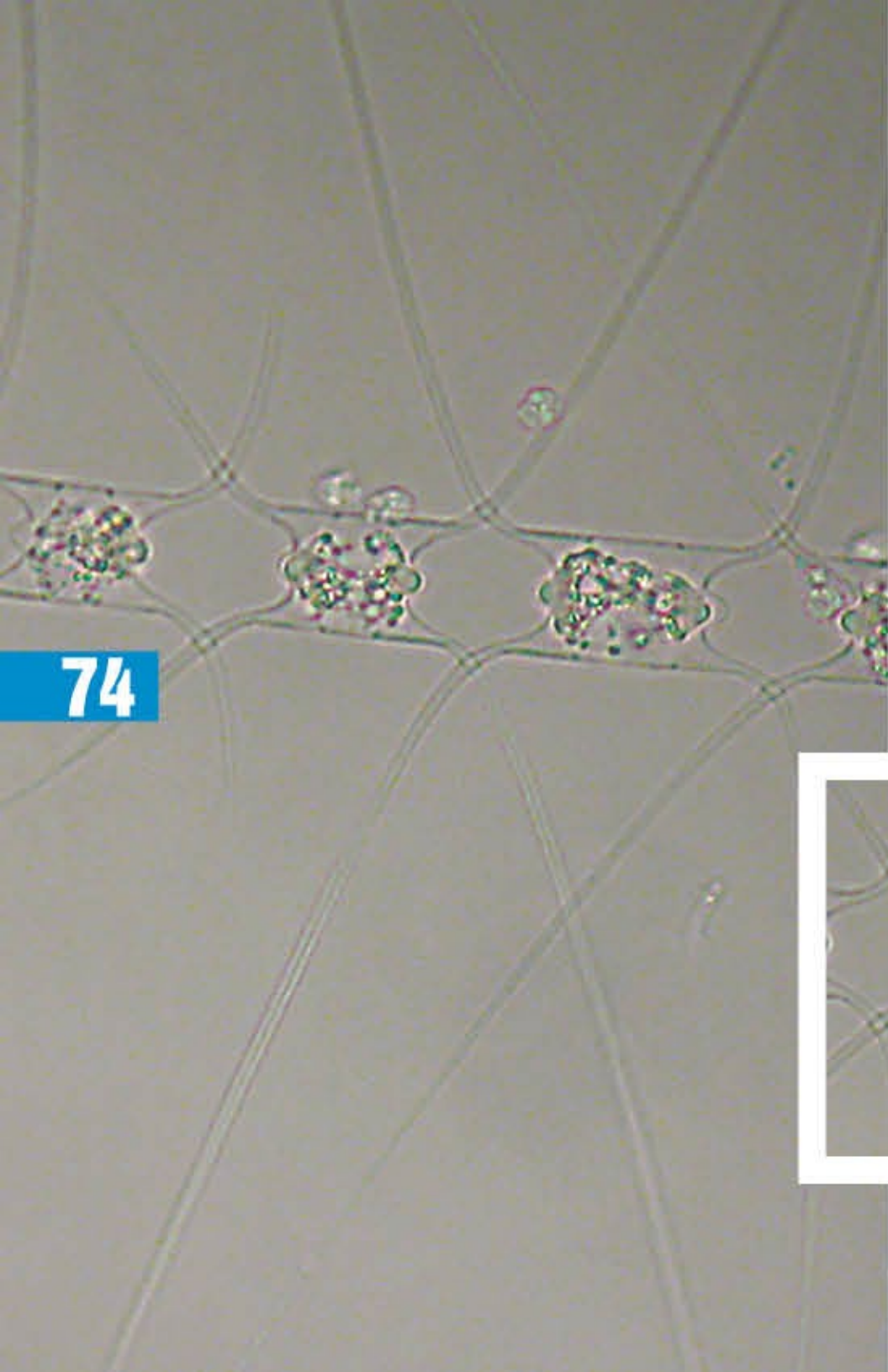
Toxicidad

No se reporta toxicidad.

Distribución y hábitat

Se ha reportado para el Golfo de California, Mar del Norte y Canal Inglés.

Referencia: Moreno et al, 1996.



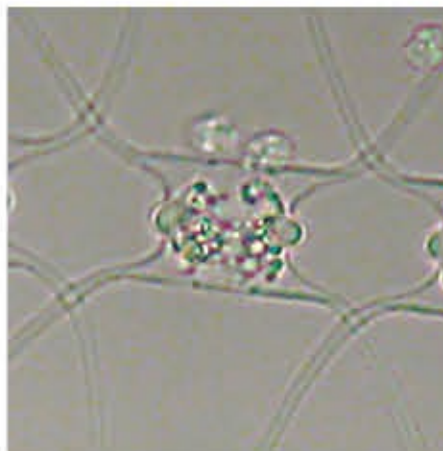
74

Chaetoceros didymus

Ehrenberg 1845

Descripción

Forma cadenas rectas, usualmente largas. Células rectangulares en vista cingular; con esquinas elevadas; valvas con una protuberancia en el centro. Las aberturas entre células son largas. Las setas intercalares y terminales son similares: largas, gruesas, rectas, con una parte basal corta. Las setas intercalares divergen del eje de la colonia; las setas terminales son casi paralelas al eje de la colonia. Células con dos cloroplastos.



Longitud
18-34 μm

Toxicidad
No se reporta toxicidad.

Distribución y hábitat
Comúnmente nerítica.

Chaetoceros didymus.
Aumento: 400X. Fotografía tomada
con la función de campo claro.

Referencia: Tomas et al. 1997. Shevchenko et al. 2006. Moreno et al. 1996.

Chaetoceros diversus

Cleve 1873

Descripción

Las células forman cadenas rectas y usualmente cortas. Las aberturas entre células son estrechas. Células rectangulares en vista cingular. Un cloroplasto por célula. Presenta 2 tipos de setas intercalares: una es delgada y ligeramente curva; la otra es más gruesa y recta. Las setas terminales son delgadas y difieren de las setas intercalares en cuanto a su posición; primero tienen forma de U y luego son casi paralelas al eje de la cadena en su parte distal. Las setas se cruzan fuera del margen de la colonia.

75

Longitud

5-15 μm y de ancho 8-12 μm

Toxicidad

No se reporta como especie tóxica.

Distribución y hábitat

Golfo de California, Sur de California, Baja California, Sur del Golfo de México y Mar de Java.



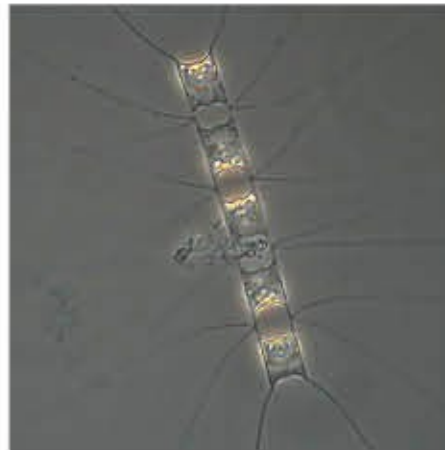
Chaetoceros diversus.

Chaetoceros lorenzianus

Grunow 1863

Descripción

Células rectangulares a cuadrangulares, unidas en cadenas rectas y rígidas de longitud variable. Las aberturas entre las células son elípticas a ovales. Las setas son gruesas, con filas transversales de poros y se fusionan en el margen. Las setas terminales son más cortas que las setas intercalares. Las setas intercalares son perpendiculares o divergentes del eje de la colonia; las setas terminales son casi paralelas al eje de la colonia. Cloroplastos pequeños y numerosos.



Longitud

18-29 μm .

Toxicidad

No se reporta toxicidad.

Distribución y hábitat

Se distribuye principalmente en aguas costeras.

Chaetoceros lorenzianus.

Aumento: 400X. Fotografía tomada con la función de contraste de fases.

Coscinodiscus centralis

Ehrenberg 1838

Descripción

Valvas circulares, deprimidas en el centro (cóncavas). Las areolas muestran un arreglo radial, partiendo del centro y tienen forma hexagonal. La densidad areolar es de 3 a 5 areolas en 10 μm en el centro y de 3 a 6 en los márgenes. Existe una roseta central formada por 6 a 9 areolas de mayor tamaño.

Esta especie guarda una estrecha relación con *Coscinodiscus asteromphalus*, puesto que comparten características comunes muy evidentes como por ejemplo la roseta central.

Diámetro

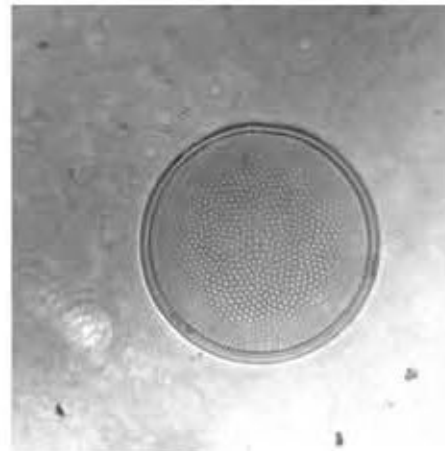
De 81 a 227 μm .

Toxicidad

No se reporta como especie tóxica.

Distribución y hábitat

Se ha reportado en el Golfo de California, Alaska, Atlántico Norte, es una especie considerada cosmopolita en todos los océanos.



Coscinodiscus centralis.

Coscinodiscus gigas

Ehrenberg 1841

Descripción

Valva circular convexa, con hileras radiales primarias y secundarias de areolas. Tiene un anillo de microrrimopórtulas y dos macrorrimopórtulas asimétricas en el manto. Las macrorrimopórtulas presentan un cuello que se engruesa hacia la base, entre los dos labios se observa una fina abertura semicircular y sobre el labio superior se encuentran dos lóbulos opuestos orientados hacia el centro valvar.

Longitud

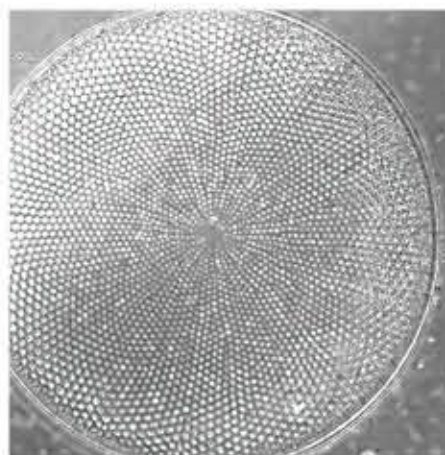
Diámetro valvar de 133 a 180. 4 a 5 areolas marginales en 10 μm . 2 a 4 rimopórtulas en 10 μm .

Toxicidad

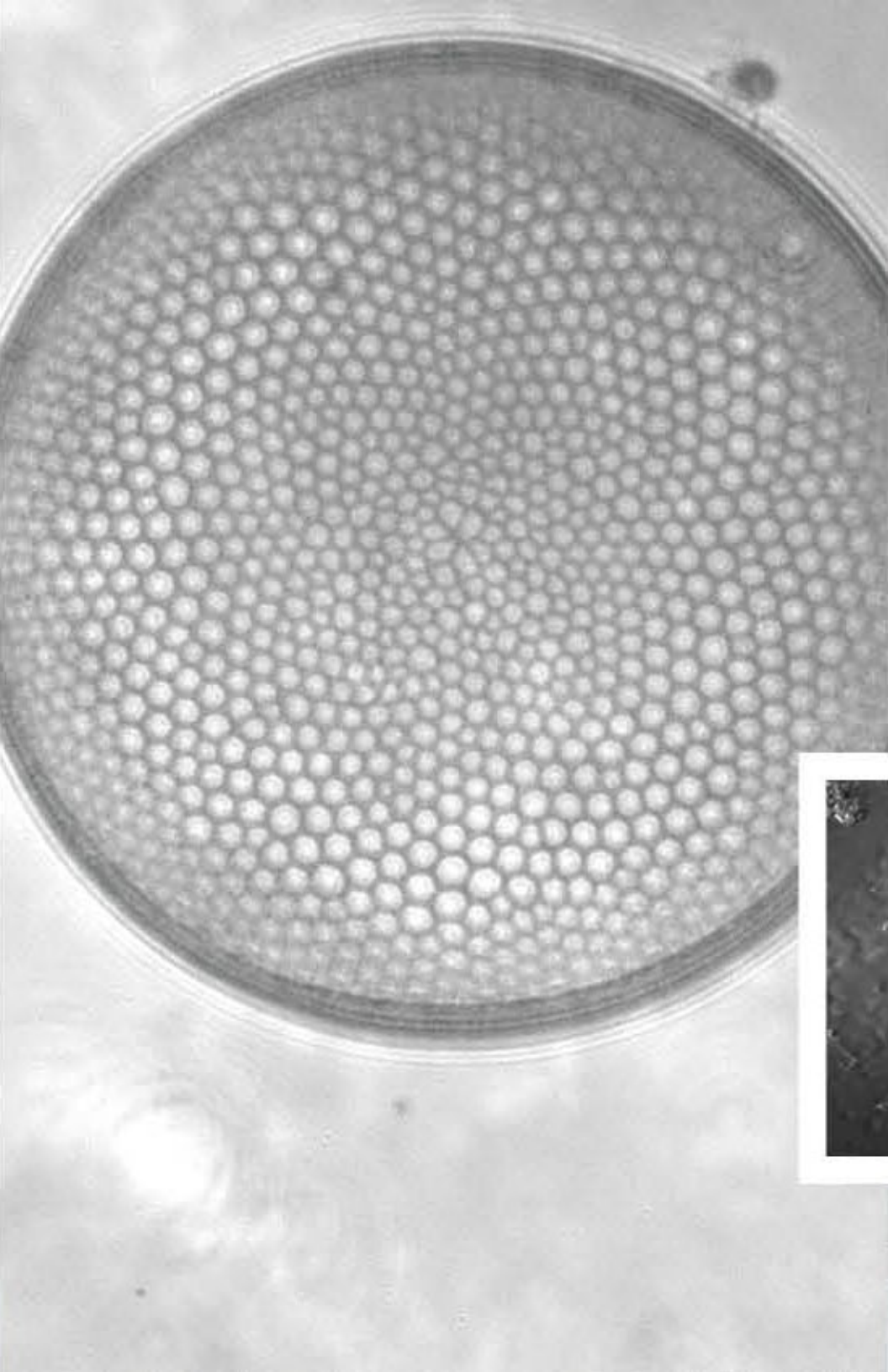
No se reporta como especie tóxica.

Distribución y hábitat

Se distribuye en aguas frías a cálidas, se ha reportado en el Golfo de California, Galveston Texas, Nankori, Mar del Sur, Mar Mediterráneo y Bahía de Tóquio.



Coscinodiscus gigas.



Coscinodiscus radiatus

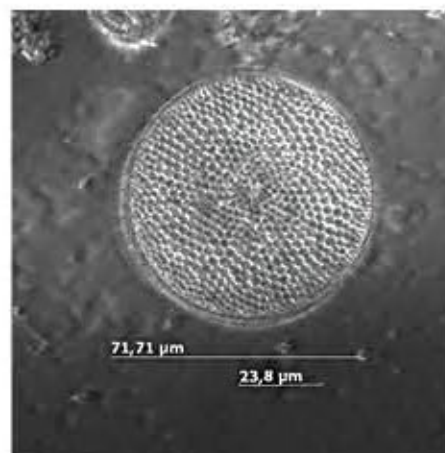
Ehrenberg 1841

Descripción

Presenta frústulas en forma de disco, areolas grandes y uniformes en toda la superficie valvar, con 2-9 areolas en 10 μm .

En vista cingular, se observa plana, con numerosos cloroplastos. En vista valvar, se observa una roseta central indistinta con areolas ligeramente más grandes que en el resto de la célula. Las areolas se presentan en hileras radiales.

79



No muestra líneas hialinas.

Diámetro

30-180 μm .

Toxicidad

No se reporta como productora de toxinas.

Distribución y hábitat

Se ha reportado en el Golfo de California y Golfo de México.

Coscinodiscus radiatus.
Vista valvar.

Referencia: Tomas et al. 1997. Moreno et al. 1996.

80

54,76 μm

Cyclotella stylorum

Brightwell 1860

Descripción

Células usualmente solitarias. Las valvas son alveoladas, a excepción del centro de estas, que es notablemente diferente; presentan cámaras marginales prominentes que cubren de 3 a 4 aberturas de los alvéolos. Presentan un anillo marginal con procesos prominentes agrupados en pares o tríos y un proceso marginal labiado.

Longitud

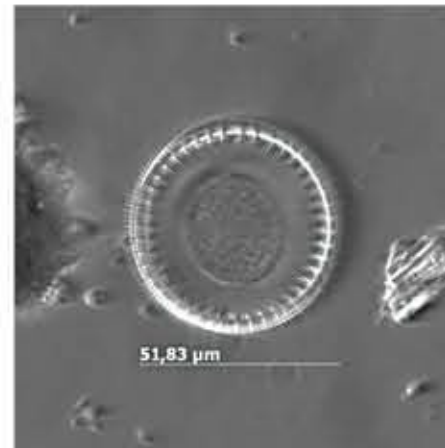
Diámetro de 35 a 67 μm .
De 9 a 12 estrías en 10 μm .

Toxicidad

No es una especie productora de toxinas.

Distribución y hábitat

Se distribuye en la zona costera de regiones de aguas cálidas a regiones templadas del sur. También se encuentra en agua dulce.



Cyclotella stylorum.

Referencia: Tomas 1997.

Guinardia flaccida

(Castracane) Peragallo 1892

Descripción

Células cilíndricas

En vista cingular, las células son rectas o ligeramente curvas; se encuentran muy cercanas formando cadenas fijas. Las valvas son planas o ligeramente cóncavas. Cloroplastos redondos. Cingulum muy desarrollado con numerosas bandas intercalares. La superficie valvar está surcada por areolas y costillas extendidas hasta el margen valvar.

81

Longitud

Diámetro: 33-35 μm .

Eje pervalvar: 55-72 μm .

Toxicidad

No reporta como especie productora de toxinas.

Distribución y hábitat

Especie planctónica nerítica, de aguas tropicales y templadas. Se ha reportado en el Golfo de California, Mar del Norte y el Canal Inglés.



Guinardia flaccida.

Hemiaulus sinensis

Greville 1865

Descripción

En vista cingular, las células se observan con forma rectangular a subcuadrangulares, con cuernos anchos de puntas aplanadas. Se distinguen procesos labiados y de 7 a 9 areolas en el centro de la valva.

Las células forman cadenas rectas o curvadas y los espacios intercelulares son rectangulares a subcuadrangulares.

Longitud

Eje apical: 15 a 36 μm .

Eje pervalvar: 23 a 27.5 μm .

Toxicidad

No se reporta como especie productora de toxinas.

Distribución y hábitat

Se encuentra en aguas cálidas a templadas.



Hemiaulus sinensis.

Odontella sinensis

(Greville) Grunow 1884

Descripción

Células con forma cilíndrica en vista valvar, con 2 cuernos delgados y una espina larga y delgada en cada esquina de la valva. Presenta procesos casi paralelos al eje de la célula; las espinas son cercanas y casi paralelas a estos procesos. Posee numerosos cloroplastos cerca de las paredes de las valvas. Se le puede encontrar formando cadenas.

83

Longitud

Eje apical de 90 a 260 μm . De 16 a 18 areolas en 10 μm de la valva.

Toxicidad

No es una especie productora de toxinas.

Distribución y hábitat

Cosmopolita; en aguas marinas y salobres.

Odontella sinensis.

Referencia: Tomas 1997. Kadiri 2003.

Planktoniella sol

(Wallich) Schütt 1892

Descripción

Células en forma de disco, con superficie valvar plana a ligeramente convexa y de 5 a 9 areolas en 10 μm , distribuidas radialmente. El cingulum presenta extrusiones de material orgánico, formando una extensión hialina, continua y discoidal (también llamada ala) con costillas radiales.

Presenta 2 procesos labiados y un anillo marginal de procesos.

Longitud

El diámetro del cuerpo de la célula va de 10 a 60 μm ; mientras que el diámetro incluyendo el ala es de 120-127 μm .

Toxicidad

No se reporta como especie tóxica.

Distribución y hábitat

Se encuentra en regiones de aguas cálidas, en los mares tropicales a subtropicales.

Planktoniella sol. Vista valvar.
Aumento: 200X. Fotografía tomada con función de campo claro.

Pleurosigma normanii

Ralfs in Pritchard 1861

Descripción

Valvas lanceoladas, con forma sigmoidea y ápices ligeramente redondos. El rafe es sigmoideo y casi central. Presenta un nódulo central cuadrangular. La superficie valvar presenta estrías en dos patrones: transversales y oblicuas. 19-22 estrías transversales y 16-19 oblicuas en 10 μm .

Longitud

Eje apical de 90 a 220 μm ; eje transapical de 28 a 36 μm .

85

Toxicidad

No se reporta como especie productora de toxinas.

Distribución y hábitat

Es la especie más ampliamente distribuida del género, encontrándose desde los trópicos hasta los mares polares.



Célula de *Pleurosigma normanii*.
Vista valvar. Aumento: 200X. Fotografía
tomada con función de campo oscuro.

Referencia: Tomas et al. 1997. Moreno et al. 1996.

Pseudoguinardia recta von Stosch 1986

Descripción

En vista cingular, las células se observan con forma cilíndrica, formando cadenas largas y rectas. Presentan numerosos cloroplastos.

En vista valvar, las células se observa con un contorno circular. Se pueden distinguir pseudonódulos cerca del margen de las valvas; también se observa un anillo marginal de procesos labiados, siendo uno de estos de mayor tamaño. La superficie valvar es plana y cubierta de líneas ramificadas tenues, orientadas hacia una línea y poros dispersos.

Longitud

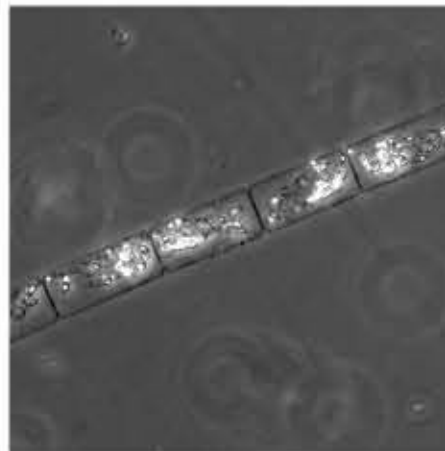
Eje perivalvar de 93-270 μm y diámetro de 26-83 μm .

Toxicidad

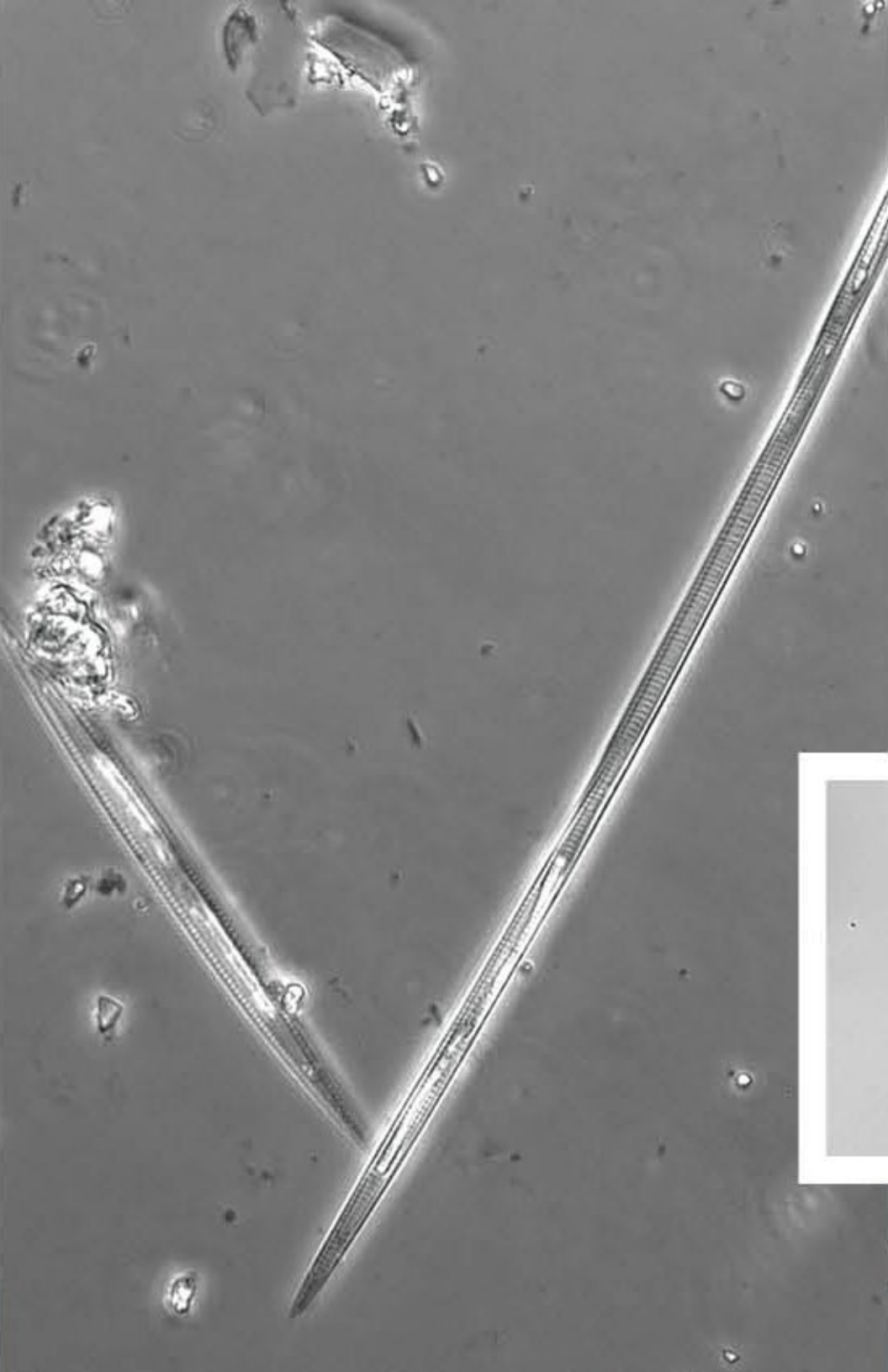
No se reporta como especie tóxica.

Distribución y hábitat

Se presenta en regiones de aguas cálidas. Se ha reportado en Australia, el Océano Índico, noroeste de África, el Mar Mediterráneo y Estados Unidos.



Cadena de células de
Pseudoguinardia recta.



Pseudo-nitzschia pungens

(Grunow ex cleve) Hasle 1965

Descripción

En vista cingular, las células se observan fusiformes. En vista valvar, se observan lineales, con ápices puntiagudos y altamente silicificadas. Presenta de 9-15 estrías y la misma cantidad de fíbulas en 10 μm .

Las células se solapan considerablemente, de un tercio o más de la longitud de la célula.

Longitud

Eje apical de 74-142 μm ; eje transapical de 3-4.5 μm .

87

Toxicidad

Usualmente, se reporta como especie no tóxica; sin embargo, ya se ha reportado como moderada a altamente tóxica, debido a la producción de toxinas amnésicas (ASP).

Distribución y hábitat

Especie cosmopolita.



Células de *Pseudo-nitzschia pungens*.
Aumento: 400X.

Stephanopyxis turris

(Greville y Artnott) Ralfs in Pritchard 1861

Descripción

Es un género marino cosmopolita. Comprende un gran número de especies fósiles y solo 4 especies actuales: *S. nipponica*, *S. orbicularis*, *S. palmeriana* y *S. turris*. La especie *turris* presenta una valva circular convexa, con una corona marginal de 3 a 4 fuertes espinas, 8 a 9 areolas en 10 μm ., red de compartimentos con forma hexagonal que cubre cada célula.

Longitud

19 a 35 μm ; eje perivalvar: 50 a 57.5 μm .

Toxicidad

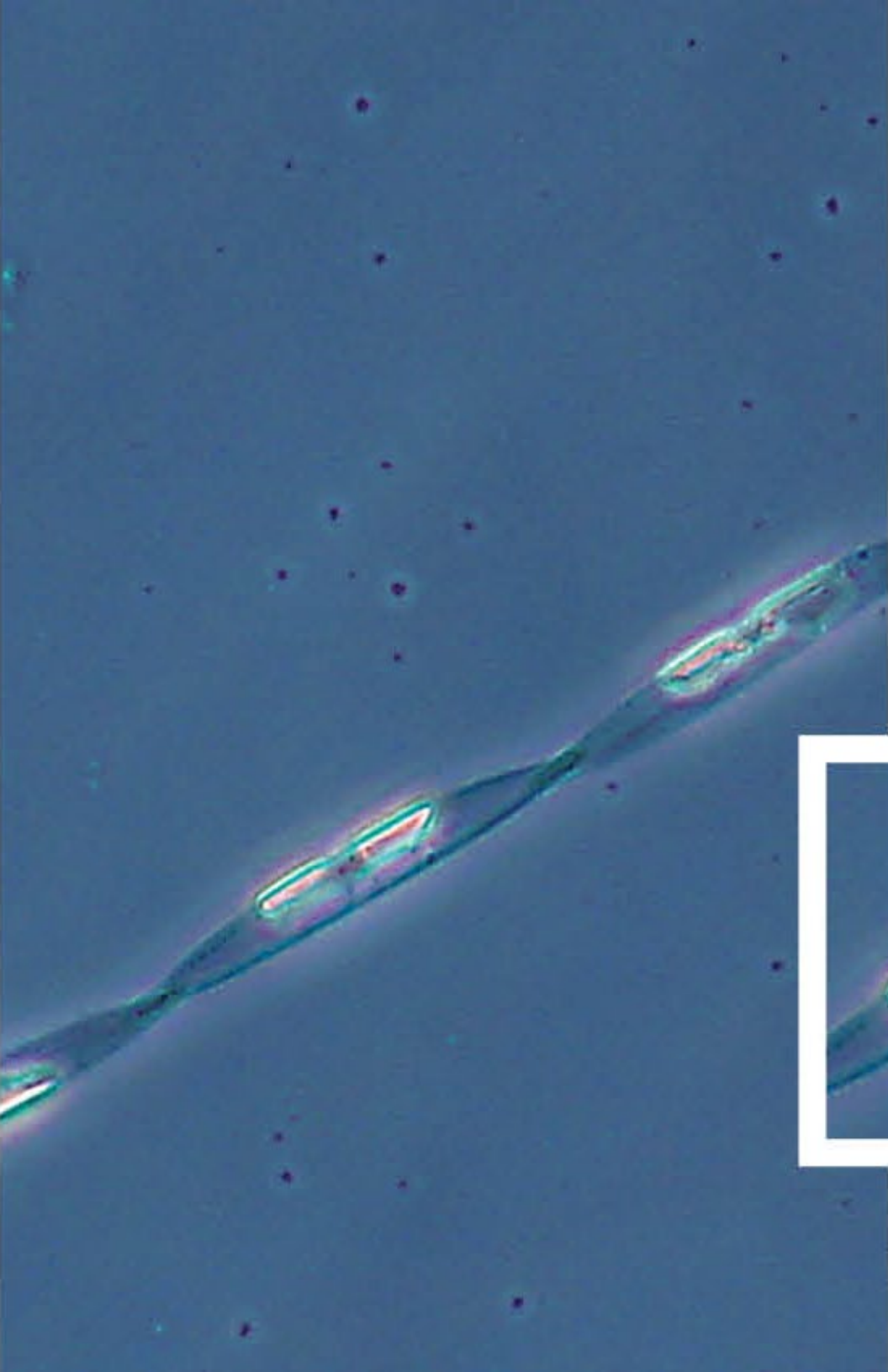
No es tóxica.

Distribución y hábitat

Es una especie marina. Se ha encontrado en: California del Sur, Islas Canarias, Australia, Nueva Zelandia y América del Sur.



Stephanopyxis turris.



Pseudo-nitzschia subpacifica

Hasle 1993

Descripción

En vista cingular, las células se observan con forma sigmoidea, con márgenes ligeramente convexos y ápices oblicuamente truncados. Cuando forman cadenas, las células se solapan de un quinto a un sexto de la longitud de las células. En vista valvar, se observa un margen convexo y el otro ligeramente recto. Los ápices son más o menos puntiagudos. En el centro, se observa el rafe un tanto hendido y un nódulo central.

89

Longitud

En 10 μm presenta de 28-32 estrías y de 15-20 fíbulas. Eje apical de 33 a 70 μm y eje transapical de 5 a 7 μm .

Toxicidad

No se reporta como especie productora de toxinas.

Distribución y hábitat

Se encuentra en regiones con aguas cálidas a templadas.



Cadena de células de *Pseudo-nitzschia subpacifica*. Aumento: 200X. Fotografía tomada con función de contraste de fases.

Referencia: Tomas et al. 1997.

Rhizosolenia imbricata

Brightwell 1858

Descripción

Sección transversal de las células ligeramente elíptica. Valva oblicuamente cónica.

Células alargadas y cónicas con un proceso externo en cada parte terminal de la valva, hinchado en la base que luego se reduce abruptamente en un tubo distal.

Se presenta en células individuales o en cadenas; posee cloroplastos pequeños y numerosos.

Longitud

Sus dimensiones varían de 2.5-57 μm de diámetro; longitud de proceso 8-18 μm .

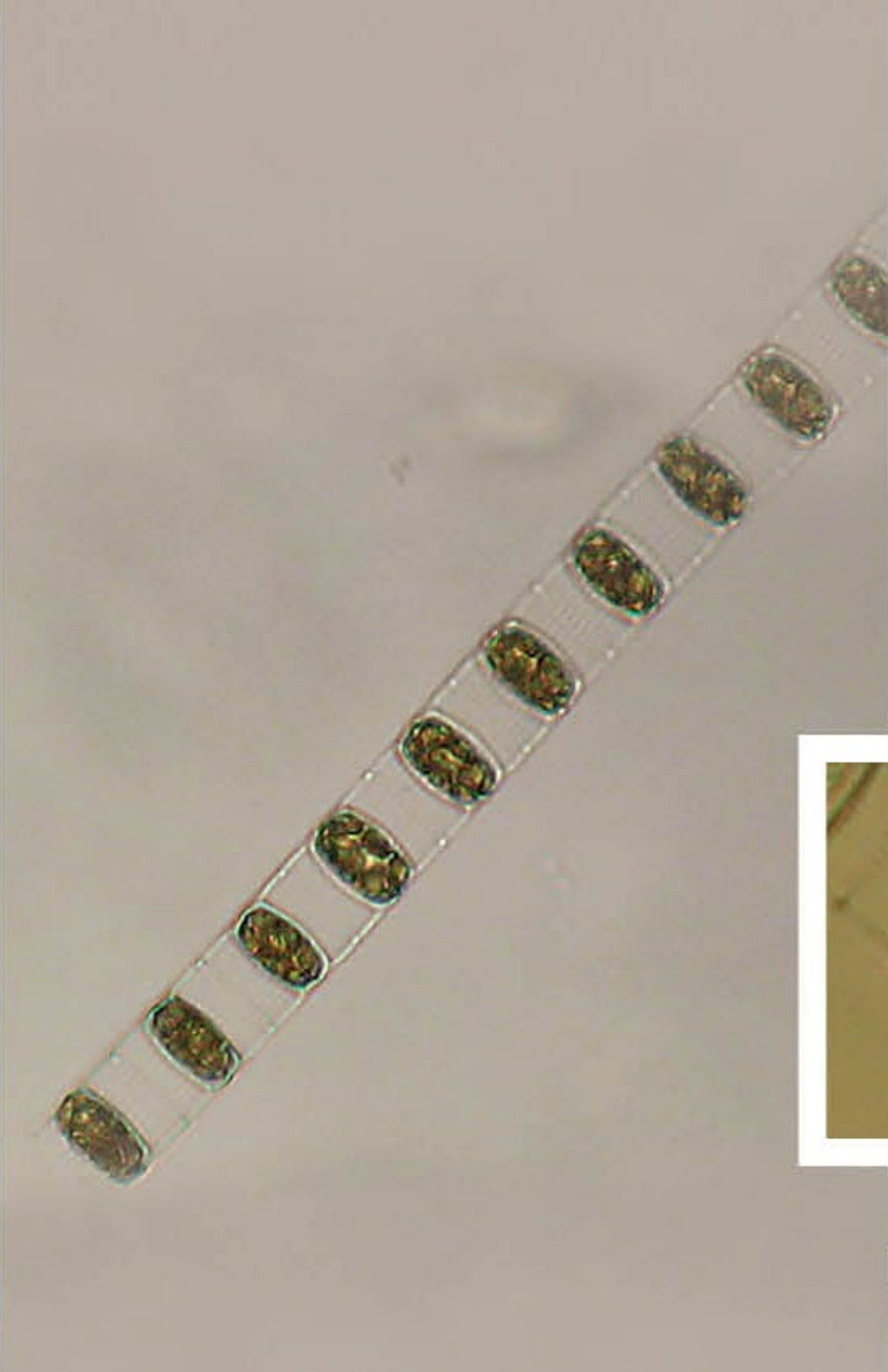
Toxicidad

No es considerado como especie tóxica.

Distribución y hábitat

Mundialmente distribuida pero no en regiones polares.

Rhizosolenia imbricata.



Skeletonema costatum

(Greville) Cleve 1873

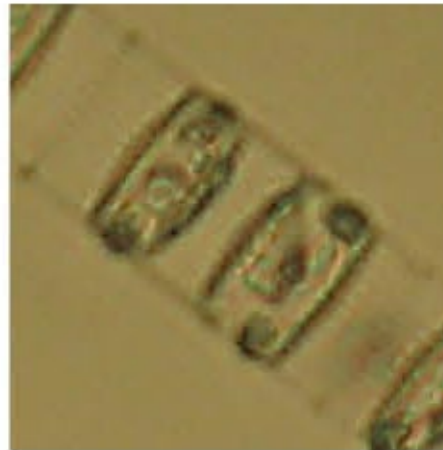
Descripción

Frústula cilíndrica unida en cadena por delgadas espinas marginales. Valva circular ligeramente convexa. Superficie valvar con areolas pequeñas.

Longitud

Posee un diámetro 16-17 μm , eje pervalvar de 25-28 μm . Se reproduce sexual y asexualmente. En estado de latencia puede sobrevivir más de 6 años.

91



Toxicidad

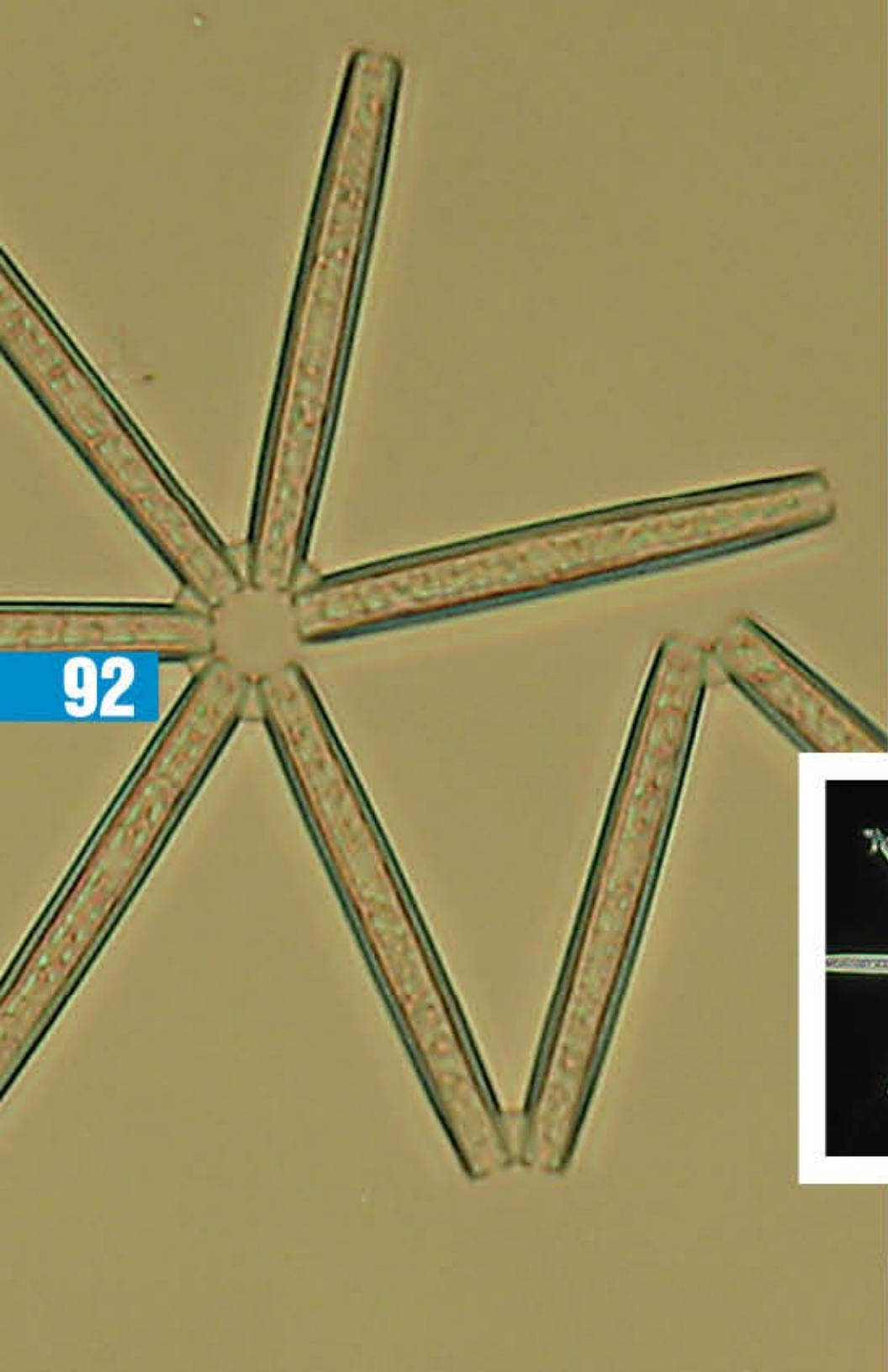
No es considerada como tóxica, pero el agua de los sitios donde ha proliferado en altas densidades celulares puede quedar con bajas concentraciones de oxígeno.

Distribución y hábitat

Es de hábitats neríticos, su distribución es cosmopolita en sistemas costeros excepto en mares polares.

Skeletonema costatum.

Referencia: Moreno et al. 1996. Lewis 1999.



92

Thalassionema nitzschioides

Grunow 1902

Descripción

Las células en vista cingular se observan estrechas y lineales, a menudo ligeramente curvadas; con lados paralelos y terminaciones redondeadas. En algunos casos presentan espinas apicales.

Generalmente las células se encuentran unidas en colonias con forma de estrellas.

Longitud

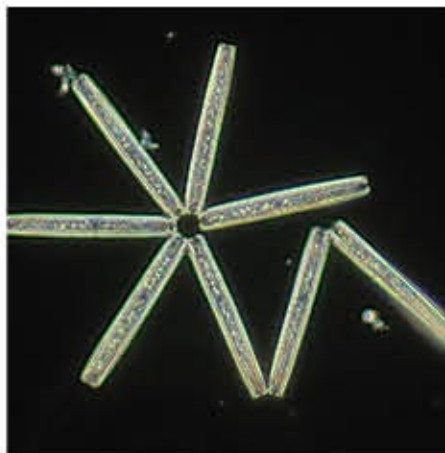
Eje apical de 10 a 100 μm ;
eje transapical de 2 a 4 μm .

Toxicidad

Productora de toxinas de tipo diarreico. Provoca mortalidad masiva de peces.

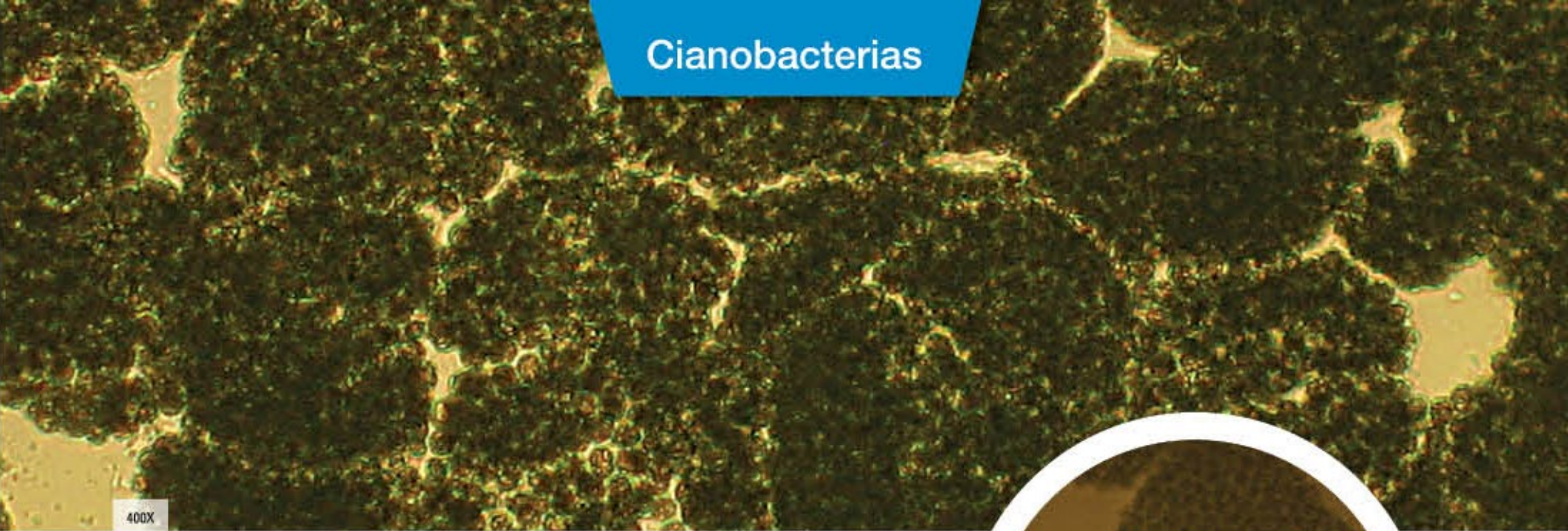
Distribución y hábitat

Especie cosmopolita, a excepción del Ártico y Antártico.



Thalassionema nitzschioides.
Aumento: 400X. Fotografía tomada
con función de campo oscuro.

Referencia: Licea et al. 1995. Tomas et al. 1997.



Microcystis aeruginosa Kütsing 1846

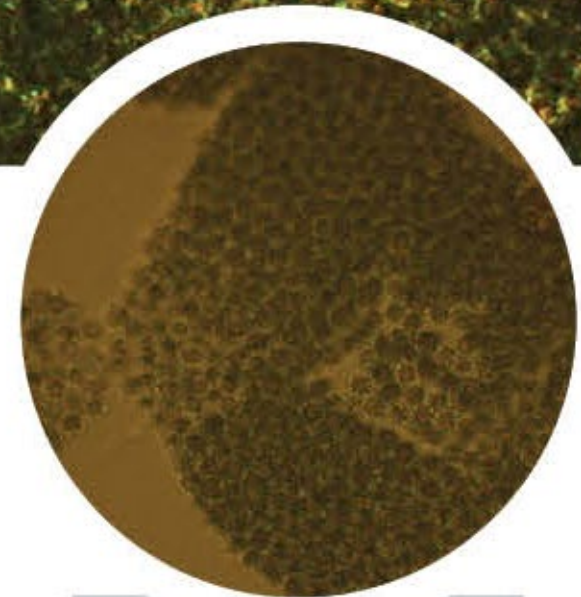
Descripción

Colonias microscópicas o macroscópicas, flotantes, con formas que van desde esféricas hasta irregulares, en algunos casos compuestas por subcolonias, con células densamente agregadas, rodeadas por un mucílago más o menos homogéneo. Las células son esféricas, sin envueltas individuales, presentan vesículas de gas visibles al microscopio. La división celular se produce en 3 planos perpendiculares entre sí, lo que dota a las colonias de una marcada tridimensionalidad.

El Lago de Coatepeque, en septiembre de 2012, mostró color turquesa intenso en todo el espejo de agua; el LABTOX-UES encontró *Microcystis aeruginosa* en el rango de 10×10^3 a 130×10^3 cel.ml⁻¹. La temperatura máxima en los sitios de muestreo fue de 28.6 °C.

Toxicidad

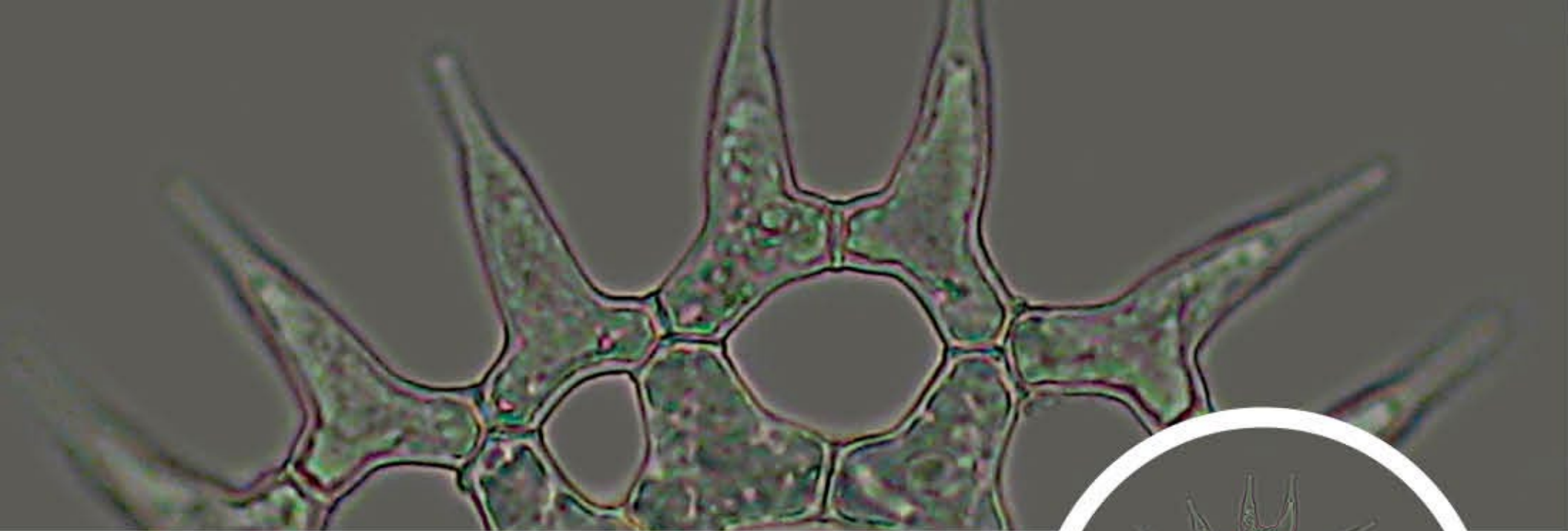
Esta especie produce microcistina, una toxina que puede ocasionar daños hepáticos.



Microcystis aeruginosa.

Distribución y hábitat

Especie de hábitos planctónicos, se distribuye a nivel mundial en ambientes limnológicos y estuarios.



94

Monactinus simplex (Meyen) Corda 1839

Descripción

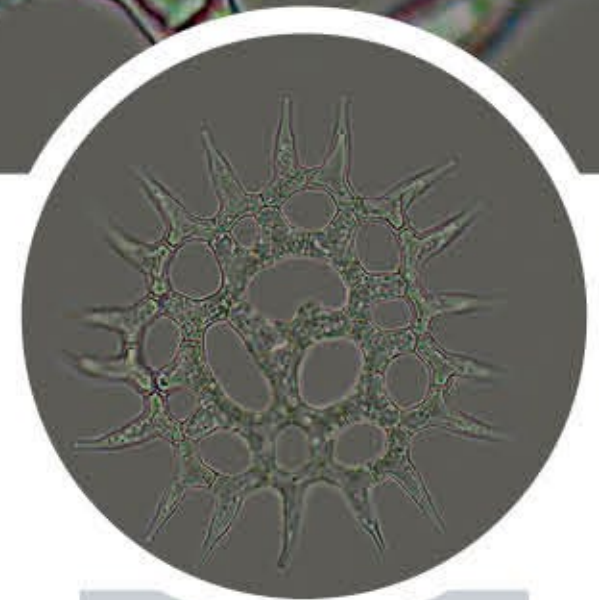
Cianobacteria. Agrupación de células (8 a 32) planas, dispuestas en forma circular, concéntricamente, con espacios intercalares presentes. Células internas poligonales con procesos externos cilíndricos cónicos de ápice truncado. Originalmente fue nombrado como *Pediastrum*.

Toxicidad

Esta especie no es reportada como tóxica.

Distribución y hábitat

Esta especie se encuentra en cuerpos de agua continentales, ríos, lagos, lagunas, en ambientes estuarinos, se considera cosmopolita entre estos ambientes.



Monactinus simplex.

1,95 μ m
182,9 μ m

Planktothrix cf. agardhii

Gomont et Komárek 1988

Descripción

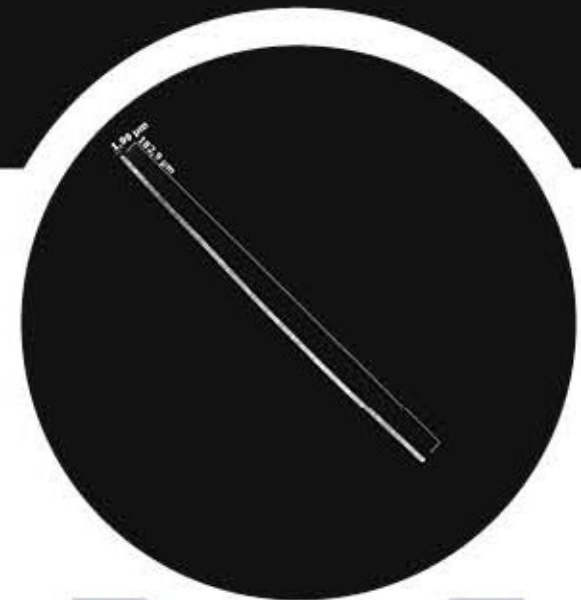
Cianobacteria. Los filamentos suelen ser rectos, aunque en algunos casos pueden aparecer curvados, isodiamétricos o muy ligeramente constreñidos entre las células, con ligero apuntamiento. Habitualmente las células vegetativas son más anchas que largas, aunque pueden llegar a ser hasta 2 veces más largas que anchas antes de la división. Poseen vesículas de gas distribuidas por todo el volumen celular. Las células terminales son ligeramente redondeadas y suelen presentar una pared engrosada.

Toxicidad

Esta especie produce anatoxinas, microcistinas y saxitoxinas.

Distribución y hábitat

Especie de hábitos planctónicos, se distribuye a nivel mundial en ambientes limnológicos y estuarios.



Planktothrix cf. agardhii



Fig. 8. Áreas de distribución de Floraciones Algas Nocivas formadas por Diatomeas, a 3 millas náuticas. 2009-2013.

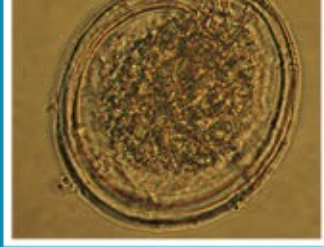
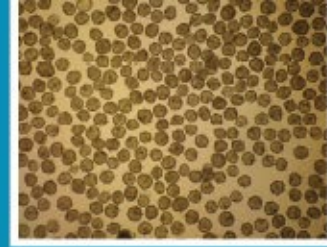


Bibliografía

98

- Adachi, R. & Y. Fukuyo. 1979. The thecal structure of a marine toxic dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* gen. et sp. nov. Collected in a ciguatera-endemic area. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 45(1): 67-71.
- Alonso-Rodríguez, R. & J. L. Ochoa. 2004. Hydrology of winter-spring "red tides" in Bahía de Mazatlán, Sinaloa, Mexico. *Harmful Algae* 3: 163-171.
- Alonso-Rodríguez R, J. L. Ochoa & M. Uribe-Alcocer. 2005. Grazing of heterotrophic dinoflagellate *Noctiluca scintillans* (Mcartney) Kofoid on *Gymnodinium catenatum* Graham. *Rev. Latinoam. Microbiol.* 47: 6-10.
- Balech E. 2002. *Dinoflagelados tecados tóxicos del cono Sur Americano*. 125-144 pp. En: Sar, E. A., Ferrario, M. E., & Reguera, B. 2002. *Floraciones algales nocivas en el Cono Sur Americano*. Madrid: Instituto Español de Oceanografía.
- Balech, E. & K. Tangen 1985. Morphology and taxonomy of toxic species in the tamarensis group (Dinophyceae): *Alexandrium excavatum* (Braarud) comb. nov. and *Alexandrium ostenfeldii* comb. nov. *Sarsia* 70: 333-343.
- Band-Schmidt, C.J., J.J. Bustillos-Guzmán, L. Morquecho, I. Gárate-Lizárraga, R. Alonso-Rodríguez, A. Reyes-Salinas, K. Erler & B. Luckas. 2006. Variations of PSP toxin profiles during different growth phases in *Gymnodinium catenatum* (Dinophyceae) strains isolated from the Gulf of California, Mexico. *J. Phycol.* 42: 757-768.
- Bass, E. & B. Kuvshinov. 1982. La evidencia de un componente neuroactivo en el extracto tóxico de *Gonyaulax monilata*. *Comp. Biochem. Physiol.* 75C: 131.
- Carlson, R.D & D.R. Tindall 1985. Distribution and periodicity of toxic dinoflagellates in the Virgin Islands. In: D.M. Anderson, A.W. White & D.G. Baden (eds.), *Toxic Dinoflagellates*, Elsevier, New York: 171-176.
- Cembella, A.D., N.I. Lewis & M.A. Quilliam 2000. The marine dinoflagellate *Alexandrium ostenfeldii* (Dinophyceae) as the causative organism of spirolide shellfish toxins. *Phycologia* 39: 67-74.
- Cohen-Fernandez, E., E. del Castillo, I. Salgado & F. Pedroche. 2006. Contributions of external morphology in solving species complex: The case of *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum gracile* and *Prorocentrum sigmoides* (Dinoflagellata) from the Mexican Pacific Coast. *Phycological Research* 54: 330-340.
- Dodge, J. 1975. The *Prorocentrales* (Dinophyceae). II. Revision of the taxonomy within the genus *Prorocentrum*. *Bot. J. Linn. Soc.*, 71:103-125.
- Crosby, L. & E. Ferguson. 1957. *Studies on Australian and New Zealand Diatoms*.
- Faust, M. & R. Gullledge. 2002. *Identifying Harmful Marine Dinoflagellates*. Smithsonian Institution. Estados Unidos. 143 p.
- Fraga, S., F. Rodríguez, A. Caillaud, J. Diogéne, N. Raho & M. Zapata. 2011. *Gambierdiscus excentricus* sp. nov. (Dinophyceae), a benthic toxic dinoflagellate from the Canary Islands (NE Atlantic Ocean). *Harmful Algae* 11: 10-22.
- Freudenthal, H. D. & J.J. Lee. 1963: *Glenodinium halli* n. sp. and *Gyrodinium instriatum* n. sp., dinoflagellates from New York waters. *Journal of Protozoology*, 10(2), p.182-189.
- Hsia, M., S. Morton, L. Smith, K. Beauchesne, K. Huncik & P. Moeller. 2006. Production of goniodomin A by the planktonic, chain-forming dinoflagellate *Alexandrium monilatum* (Howell) Balech isolated from the Gulf Coast of the United States. *Harmful Algae* 4:287-295
- Fukuyo, Y., H. Takano, M. Chihara & K. Matsuoka. 1990. *Red Tide Organisms in Japan: An Illustrated Taxonomic Guide*. Uchida Rokakuho, Co., Ltd., Tokyo. 407 p.
- Gárate-Lizárraga, I., C. Band-Schmidt, D. López-Córtez & M. Muñetón-Gómez. 2009. Bloom of *Scrippsiella trochoidea* (Gonyaulacaceae) in a shrimp pond in the southwestern Gulf of California, Mexico. *Marine Pollution Bulletin* 58: 145-149.
- Gómez, F. 2003. The toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum*: an invader in the Mediterranean Sea. *Acta Bot. Croat.* 62(2): 65-72.
- Hansen, G. & N. Daugbjerg. 2004. Ultrastructure of *Gyrodinium spirale*, the type species of *Gyrodinium* (Dinophyceae), including a phylogeny of *G. dominans*, *G. rubrum* and *G. spirale* deduced from partial LSU rDNA sequences. *Protist* 155: 271-294.
- Hasle, G.R. & C.B. Lange. 1992. Morphology and distribution of *Coscinodiscus* species from the Oslofjord, Norway, and the Skagerrak, North Atlantic. *Diatom Res.* 7: 37-68.
- Hernandez-Becerril, D.U.. *Morfología y taxonomía de algunas especies de diatomeas del género Coscinodiscus de las costas del Pacífico mexicano*. *Rev. biol. trop* [online]. 2000, vol.48, n.1 [citado 2013-11-26], pp. 07-18. Disponible en: <<http://www.scielo.sa.cr/scielo>>.
- Jensen, M. & O. Moestrup 1997. Autecology of the toxic dinoflagellate *Alexandrium ostenfeldii*: life history and growth at different temperatures and salinities. *Eur. J. Phycol.* 32: 9-18.

- Kelly, J. 2009. The effect of nutrient limitation on the growth and toxicity of the dinoflagellate *Gyrodinium instriatum*. Thesis (M.S.)--University of North Carolina Wilmington.
- Kim, H. 1998. *Cochlodinium polykrikoides* blooms in Korean coastal waters and their mitigation. In: B. Reguera, J. Blanco, Ma L. Fernandez & T. Wyatt (eds), *Harmful Algae*, Xunta de Galicia y Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO, España: 227-228.
- Kim, J. & H. Jeong. 2004. Feeding the heterotrophic dinoflagellates *Gyrodinium dominans* and *G. spirale* on the red-tide dinoflagellate *Prorocentrum minimum*. *Mar. Eco. Prog. Ser.* 280: 85-94.
- Konovalova, G.V. 1993. Toxic and potentially toxic dinoflagellates from the far east coastal waters of Russia. In: Smayda, T.J. & Y. Shimizu (eds.), *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*, Elsevier, Amsterdam: 275-279.
- Larsen, J. & Ø. Moestrup. 1992. Potentially toxic phytoplankton 2: Genus *Dinophysis* (Dinophyceae). In: J. Lindey (Ed.) *ICES Identification leaflets for Plankton*. International Council for the Exploration of the Sea. Dinamarca. 12 p.
- Lechuga-Devéze C. H. & M. L. Morquecho-Escamilla. 1998. Early spring potentially harmful phytoplankton in Concepcion Bay, Gulf of California. *Bulletin of Marine Sciences*, 63:503-512
- Lee, J. 1996. Bioactive components from red tide plankton *Cochlodinium polykrikoides*. *J. Korean Fish. Soc.* 29: 165-173.
- Licea, S., J. Moreno, H. Santoyo & G. Figueroa. 1995. Dinoflageladas del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México D.F., México.
- Litaker R.W., M.W. Vandersea, M.A. Faust, S.R. Kibler, M. Chinain, M.J. Holmes, W.C. Holland & P.A. Tester. 2009. Taxonomy of *Gambierdiscus* including four new species, *Gambierdiscus caribaeus*, *Gambierdiscus carolinianus*, *Gambierdiscus carpenteri* and *Gambierdiscus ruetzleri* (Gonyaulacales, Dinophyceae). *Phycologia* 48: 344-390.
- Matsuoka, K., M. Iwataki & H. Kawami. 2008. Morphology and taxonomy of chain-forming species of the genus *Cochlodinium* (Dinophyceae). *Harmful Algae* 7: 261-270.
- Metfies, K., S. Huljic, M. Lange & L.K. Medlin. 2005. Electrochemical detection of the toxic dinoflagellate *Alexandrium ostenfeldii* with DNA-biosensor. *Biosens Bioelectron.* 20: 1349-1357.
- Onoue, Y. & K. Nozawa. 1989. Separation of toxins from harmful red tides occurring along the coast of Kagoshima prefecture, pp. 371-374. In T. Okaichi, D.M. Anderson, T. Nemoto. (eds.). *Red tides: Biology, Environmental Science, and Toxicology*. Elsevier, New York.
- Pate, S. 2006. Impacts of the toxic dinoflagellate *Alexandrium monilatum* on three ecological important shellfish species. MS dissertation, North Carolina State University, North Carolina, USA.
- Quod, J. P. 1994. *Ostreopsis mascarenensis* sp. nov. (Dinophyceae) dinoBagellé toxique associé à la ciguatera dans l'Océan Indien. *Cryptom. Algol.* 15:243-51
- Ray, S. & Aldrich, D. 1967. Ecological interactions of toxic dinoflagellates and mollusks in the Gulf of Mexico. In: Russell, F. & Saunders, P. (eds). *Animal Toxins, 1st Intern Symp on Animal Toxins*. Pergamon Press, New York, 75-83 p.
- Reis, P., T. Moita & S. Rodrigues. 2014. Estimating the contribution of N-sulfocarbamoyl paralytic shellfish toxin analogs GTX6 and C3 + 4 to the toxicity of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) over a bloom of *Gymnodinium catenatum*. *Harmful Algae* 31: 35-40.
- Rhodes, L. 1998. Identification of potentially toxic *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyceae) in New Zealand coastal waters, using lectins. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 32(4): 537-544.
- Richlen, M., S. Morton, E. Jamali, A. Rajan & D. Anderson. 2010. The catastrophic 2008-2009 red tide in the Arabian Gulf region, with observations on the identification and phylogeny of fish-killing dinoflagellate *Cochlodinium polykrikoides*. *Harmful Algae*, 9: 163-172.
- Reguera, Ramírez, B. 2003. *Biología, autoecología y toxinas de las principales especies del género dinophysis asociadas a episodios de intoxicación diarreogénica por bivalvos (DSP)*. Tesis doctoral. Barcelona.
- Sadaf, G. & S. Saifullah. 2011. The dinoflagellate genus *Prorocentrum* (Prorocentrales, Prorocentraceae) from the North Arabian Sea. *Pak. J. Bot.* 43(6): 3061-3065.
- Sant'Anna, C.L.; Tucci, A.; Azevedo, M.T.P.; Melcher, S.S.; Werner, V.R.; Malone, C.F.S.; Rossini, E.F.; Jacinavicius, F.R.; Hentschke, G.S.; Osti, J.A.S.; Santos, K.R.S.; Gama-Júnior, W.A.; Rosal, C. & Adame, G. 2012. *Atlas de cianobactérias e microalgas de águas continentais brasileiras*. Publicación electrónica: Instituto de Botânica. www.ibot.sp.gov.br
- Schiller, J. 1937. Dinoflagellatae (Peridineae) In: L. Rabenhorst (ed.), *Kryptogamen-Flora of deutschland*, Vol. 2, Akademische Verlag, Leipzig. 590 pp.
- Schmidt R. & A. Loeblich III. 1979. Distribution of paralytic shellfish poison among Pyrrhophyta. *J Mar Biol Assoc UK* 59:479-487
- Shevchenko, O., T. Orlova & D. Hernández-Becerril. 2006. The genus *Chaetoceros* (Bacillariophyta) from Peter the Great Bay, Sea of Japan. *Botanica Marina* 49: 236-258.
- Steidinger K. A. & K. Tangen. 1997. *Dinoflagellates*. In: Tomas CR (ed). *Identifying marine phytoplankton*, pp. 387-584. Academic Press, San Diego.
- Tillmann, U., U. John & A. D. Cembella. 2007. On the allelochemical potency of the marine dinoflagellate *Alexandrium ostenfeldii* against heterotrophic and autotrophic protists. *J Plankton Res.* 29:527-543.
- Tomas, C. 1997. *Identifying Marine Phytoplankton*. Florida Marine Research Institute. Estados Unidos. 875 p.
- Uchida, T., Y. Matsuyama, M. Yamaguchi & T. Honjo. 1996. The life cycle of *Gyrodinium instriatum* (Dinophyceae) in culture. *Phycol. Res.* 44: 119-123.
- Vargas-Montero, Maribelle & E. Freer. Presencia de los dinoflagelados *Ceratium dens*, *C. fusus* y *C. furca* (Gonyaulacales: Ceratiaceae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 52(1): 115-120.
- Wall, D. & B. Dale. 1971. A reconsideration of living and fossil *Pyrophacus* Stein 1883 (Dinophyceae). *J. Phycol.* 7: 221-235.



ATLAS

De Fitoplancton Marino

Jaime Espinoza / Oscar Amaya / Rebeca Quintanilla • Universidad de El Salvador