

Dinoflagelados (Dinoflagellata) tóxicos de la costa de Chiapas, México, Pacífico centro oriental

Ebodio Maciel-Baltazar

Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte Poniente 1150 Colonia Lajas Maciel, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; emacielb@hotmail.com

Recibido 12-VII-2014 • Corregido 16-X-2014 • Aceptado 25-X-2014

ABSTRACT: In this paper are given to know toxic species with public health importance, samples were obtained during 2010-2012 in the coast of Chiapas, México, by net (20 μm mesh) in vertical hauls (up to 15 m), fixed with Lugol's solution and studied by light microscope bright field, Twenty-four species were documented to be present in the study área: *Gymnodinium* (1); *Alexandrium* (5); *Pyrodinium* (1); *Phalacroma* (2); *Dinophysis* (4); *Prorocentrum* (4); *Karenia* (4); *Protoceratium* (1); *Gonyaulax* (1); *Lingulodinium* (1), It was found corresponding with 64-89% of the species from coastal waters of México.

Key words: Dinoflagellates; red tide; harmful algae; ficotoxins; Chiapas.

RESUMEN: Se documentan las especies productoras de toxinas con importancia en salud pública, se tomaron muestras durante los años 2010-2012 en la costa de Chiapas, con una red (20 μm de malla) por arrastres verticales (a 15m), fijadas con lugol y estudiadas con técnicas de microscopia de luz de campo claro, se documentaron 24 especies presentes en el área de estudio: *Gymnodinium* (1); *Alexandrium* (5); *Pyrodinium* (1); *Phalacroma* (2); *Dinophysis* (4); *Prorocentrum* (4); *Karenia* (4); *Protoceratium* (1); *Gonyaulax* (1); *Lingulodinium* (1), que corresponden entre el 64 al 89% de las especies reportadas para el Pacífico mexicano.

Palabras clave: Dinoflagelados; marea roja; algas nocivas; ficotoxinas; Chiapas.

Se reconocen diferentes tipos de FAN (Florecimientos Algales Nocivos, en inglés HAB=Harmful Algal Blooms), estos pueden ser inocuos, nocivos o tóxicos y son causados por organismos cuya densidad celular en la columna de agua llega a ser mayor de 10^6 cel L^{-1} ocasionando manchas visibles en la superficie del mar llamadas comúnmente como "mareas rojas", en otros casos la biomasa de algunas especies de microalgas no alcanzan densidades tan altas como para formar manchas, sin embargo, a concentraciones entre 10^2 - 10^4 cel L^{-1} pueden aportar toxicidad a los moluscos bivalvos que se alimentan de ellas, conociéndose estos eventos como *Episodios de Algas Tóxicas* (Reguera, Alonso, Moreira & Méndez, 2011), el término tóxico se refiere a las proliferaciones de microalgas con la capacidad de producir compuestos con estructuras moleculares, mecanismos de acción y actividad biológica muy diversa, es importante diferenciar entre las especies que liberan toxinas con potentes actividades hemolíticas llamadas ictiotoxinas que causan mortandad en peces y otros organismos marinos y las especies de

microalgas que producen toxinas con importancia desde el punto de vista de la salud pública, donde las toxinas son transferidas a través de la cadena alimenticia (moluscos, crustáceos o peces) a organismos como aves y mamíferos marinos, pero su efecto es más significativo cuando impactan en la salud y la economía de las poblaciones humanas. Para una discusión más amplia sobre los términos utilizados para describir las características y propiedades de este tipo de eventos se recomienda consultar a Ochoa et al. (2003) quienes proponen la expresión Proliferación Microalgal Nociva=PMN, para referirse a estos fenómenos en el idioma español.

Entre las microalgas fitoplanctónicas tóxicas, las más importantes por su número y diversidad son los dinoflagelados, la Comisión Oceanográfica Internacional (IOC-UNESCO/HAB) mantiene una lista con 109 especies productoras de toxinas de las cuales 81 son dinoflagelados. Con relación a los reportes de dinoflagelados tóxicos para el Pacífico mexicano, Cortés (1998) mencionan la primera lista de dinoflagelados tóxicos y nocivos para

México, Meave del Castillo y Hernández-Becerril (1998) documentaron para el Golfo de Tehuantepec (GT) una lista de dinoflagelados plantónicos de los cuales nueve taxones son tóxicos, Okolodkov y Garate-Lizárraga (2006) presentaron una revisión bibliográfica donde se pueden contar 39 especies tóxicas, Hernández-Becerril et al. (2007) señalan que en los litorales mexicanos se reportan 70 taxones de diferentes grupos microalgales considerados como nocivos, de las cuales 28 producen toxinas, Garduño, Licea, Oliva y García (2009) presentan una lista con 32 especies de dinoflagelados tóxicos y 19 nocivos que han ocasionado proliferaciones en los estados costeros del Pacífico mexicano.

Los estudios enfocados a conocer la composición y distribución de las especies planctónicas en la costa de Chiapas son prácticamente nulos, este es el primer trabajo donde se documenta la diversidad de dinoflagelados productores de toxinas que pueden causar enfermedades en la población humana por el consumo de mariscos. Se reconocen las limitaciones para hacer una determinación precisa de algunos taxa, mediante observaciones con microcopia de luz por ejemplo los del género *Alexandrium*, sin embargo, ante la falta de recursos para contar con técnicas de microscopia especializadas o de técnicas moleculares, es la única herramienta con la que se cuenta para realizar el seguimiento de las especies tóxicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio (Fig. 1), se encuentra ubicada dentro del Golfo de Tehuantepec (GT), presenta una plataforma continental amplia y de fondos blandos fuertemente influenciada por la corriente de Costa Rica (CCR) con una productividad superficial elevada debido a las surgencias y a las descargas de agua dulce provenientes de las lagunas costeras del estado de Chiapas (Wilkinson et al., 2009) durante el invierno corren vientos intensos con velocidades $>10\text{ms}^{-1}$ y duración de dos a seis días conocidos como "tehuanos", la interacción entre la CCR y los tehuanos produce un ascenso en la termoclina que se mezcla con el agua superficial actuando como detonador del ciclo de nutrientes y del fitoplancton, el resto del año actúa como un mar tropical se reduce la biomasa fitoplanctónica y como resultado presenta baja productividad primaria (Wilkinson et al., 2009).

Para este estudio se analizaron muestras recolectadas durante 2010-2012, con una red de $20\mu\text{m}$ de malla efectuando arrastres verticales a partir de una profundidad de 15m, las muestras fueron fijadas con lugol y analizadas en preparaciones en fresco con microscopia de luz

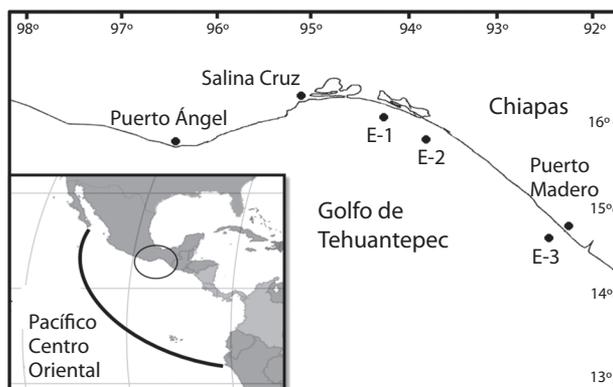


Fig. 1. Localización del área de estudio en el Golfo de Tehuantepec y los puntos de recolecta de fitoplancton (E-1, E-2 y E-3).

(ML) en campo claro con un microscopio AXIOSTAR plus Zeiss, las imágenes se obtuvieron con una cámara digital Canon de 12MP, para el examen de los datos morfométricos se utilizó un analizador de imagen AXIOVISION v. 4.8.1. Zeiss, la literatura consultada para la identificación de las especies se basó en estudios de varios autores citados en el documento.

RESULTADOS

Se identificaron 24 especies y 4 variedades de dinoflagelados asociados a problemas de salud pública repartidas en 10 géneros *Gymnodinium* (1); *Alexandrium* (5); *Pyrodinium* (1 y dos morfotipos); *Phalacrocoma* (2); *Dinophysis* (4 y dos variedades); *Prorocentrum* (4); *Karenia* (4); *Gonyaulax* (1); *Lingulodinium* (1), *Protoceratium* (1); se presenta la lista de las especies, mencionando las referencias para su identificación y los acrónimos de las toxinas que producen colocados entre paréntesis explicados en el cuadro 1. La validez de los nombres y las autoridades se han escrito de acuerdo a Gómez (2012).

Reino Chromoalveolata Cavalier-Smith
 Infrareino Alveolata Cavalier-Smith
 Phylum Myzozoa Cavalier-Smith
 Clase Dinoflagellata Buetschli

Orden Gymnodiniales s.s. Lemmerman
 Fam. Gymnodiniaceae Lank

Gymnodinium catenatum H.W. Graham (Fig. 2).
 Referencias: Meave del Castillo, Zamudio-Resendiz y Castillo-Rivera (2012) Fig. 151; Maciel-Baltazar y Hernández-Becerril (2013) Fig. 2F; Stanley y Lee (2013) pag. 64 Fig. 1-8. Toxinas (PSP).

Orden Gonyaulacales

Fam. Goniodomataceae Er. Linden

SubFam. de *Ostreopsis*

Alexandrium cf. *catenella* (Whedon & Kof.) Balech (Fig. 3-4). Referencias: Faust y Gullede (2002) pl. 3 Fig. 2; Stanley y Lee (2013) pag. 30 Fig. 1-2. Toxinas (PSP).

A. cf. minutum Hallim (Fig. 5-6). Referencias: Al-Kandari, Al-Yamani y Al-Rifaie (2009) pl. 12 C-E; Stanley y Lee (2013) pag. 36 Fig. 1-3. Toxinas (PSP).

A. monilatum (J.F. Howell) Balech (Fig. 7-8). Referencias: Faust y Gullede (2002) pl. 4 Fig. 1. Toxinas (PSP).

A. cf. tamarense (M. Lebour) Balech (Fig. 9-10). Referencias: Faust y Gullede (2002) pl. 7 Fig. 1; Al-Kandari et al. (2009) pl. 12 G; Stanley y Lee (2013) pag. 42 Fig. 1-2. Toxinas (PSP).

A. tamiyavanichii Balech (Fig. 11). Referencias: Faust y Gullede (2002) pl. 7 Fig. 1, Toxinas (PSP).

Pyrodinium bahamense L. Plate (Fig. 12-13) Al-Kandari et al. (2009) pl. 13 F-J; Meave et al. (2012) Fig. 154. Toxinas (PSP).

Orden Dinophysiales Er. Lindem.

Fam. Oxyphysaceae

Phalacroma mitra F. Schütt (Fig. 14). Referencias: Faust y Gullede (2002) pl. 15 Fig. 5; Hernández-Becerril et al. (2008) Fig. 18 y 19; Nguyen, Omura, Furuya y Fukuyo (2008) Fig. 13; Stanley y Lee (2013) pag. 62 Fig. 1-4; Okolodkov (2014) pl. 6 Fig. 4. Toxinas (DTX-1).

P. rotundatum (Clap. & J. Lachm) Kof. & J.R. Michenier (Fig. 15). Referencias: Larsen y Moestrup (1992) Fig. 8 a-d; Faust y Gullede (2002) pl. 17 Fig. 3-4; Hernández-Becerril et al. (2008) Fig. 25, Nguyen et al. (2008) Fig. 3; Stanley y Lee (2013) pag. 60 Fig. 1-4; Okolodkov (2014) pl. 3 Fig. 3. Toxinas (DTX-1).

Orden Dinophysiales Er. Lindem.

Fam. Oxyphysaceae

Dinophysis caudata Saville-Kent (Fig. 16). Referencias: Larsen y Moestrup (1992) Fig. 3 a-b; Faust y Gullede (2002) pl. 13 Fig. 1; Hernández-Becerril et al. (2008) Fig. 6; Stanley y Lee (2013) pag. 52 fig 1; Okolodkov (2014) como *var. pedunculata* pl. 2 Fig. 4. Toxinas (AO, DTX-1, PTX-2).

Dinophysis caudata var. abbreviata Jörg (Fig. 17). Referencias: Faust y Gullede (2002) pl. 13 Fig. 4; Okolodkov (2014) pl. 2 Fig. 5-6.

D. caudata var. diegensis (Fig. 18). Referencias: Hernández-Becerril et al. (2008) Fig. 9 y 10.

D. fortii Pavillard (Fig. 19). Referencias: Larsen y Moestrup (1992) Fig. 4 A-C; Faust y Gullede (2002) pl. 14 Fig. 3; Hernández-Becerril et al. (2008) Fig. 12-13, Stanley y Lee (2013) pag. 54 Fig. 1. Toxinas (AO, DTX-1, PTX-2).

D. infundibulus J. Schiller (Fig. 20). Referencias: Nguyen et al. (2008) Fig. 25. Toxinas (PTX-2).

D. ovum F. Schütt (Fig. 21). Referencias: Hernández-Becerril et al. (2008) Fig. 20; Nguyen et al. (2008) Fig. 29; Okolodkov (2014) pl. 3 Fig. 3. Toxinas (AO).

Orden Procentrales Lemmerman

Fam. Procentraceae F. Stein

Prorocentrum belizeanum M.A. Faust (Fig. 22). Referencias: Faust y Gullede (2002) pl. 39 Fig. 7-8. Toxinas (AO).

P. concavum Fukuyo = *P. arabianum* S.L. Morton & M.A. Faust (Fig. 23). Referencias: Faust y Gullede (2002) pl. 40 Fig. 5-6. Toxinas (AO).

P. minimum (Pavillard) J. Schiller (Fig. 26-28). Referencias: Hernández-Becerril, Cortés-Altamirano y Alonso (2000) Fig. 24; Faust y Gullede (2002) pl. 47 Fig. 5-6; Stanley y Lee (2013) pag. Fig. 1. Toxinas (VNP, similar a PSP).

P. rhathymum A.R. Loebel, J.L. Sherley & R.J. Schmidt (Fig. 24-25). Referencias: Al-Kandari et al. (2009) pl. 2 E-G; Stanley y Lee (2013) pag. 88 Fig. 1-2. Toxinas (AO).

Orden Brachidiniales

Fam. Brachidiniaceae Sournia (incluida Kareniaceae Bergholtz & al.)

K. bicuneiformis L. Bates, S.D. Sym & G.C. Pitcher (Fig. 29). Referencias: Meave et al. (2012) Fig. 157; Maciel-Baltazar y Hernández-Becerril (2013) Fig. 20; Stanley y Lee (2013); pag. 68 Fig. 1-4. Toxinas (NSP, BTX-1, BTX-2).

K. brevisulcata Chang (Fig. 30). Referencias: Meave et al. (2012) Fig. 93. Toxinas (BSXs, KBTs).

K. papilionacea A.J. Haywood & Steidinger (Fig. 31). Referencias: Meave et al. (2012) Fig. 161; Maciel-Baltazar y Hernández-Becerril (2013) Fig. 2Q; Stanley y Lee, (2013) pag. 76 Fig. 3-5. Toxinas (BTX).

K. selliformis A.J. Haywood, Steidinger & L. Mackenzie (Fig. 32). Referencias: Al-Kandari et al. (2009) pl. 7 A-B; Meave et al. (2012) Fig. 161. Toxinas (GYM).

Orden Gonyaulacales F.J.R. Taylor
Fam. Gonyaulacaceae E.R. Lindem

Gonyaulax spinifera (Clap. & J. Lachm) Diesing (Fig. 33).
Referencias: Esqueda-Lara y Hernández-Becerril (2010)
Fig.28. Toxinas (YTX).

Lingulodinium polyedra (F. Stein) J.D. Dodge (Fig. 34).
Referencias: Al-Kandari et al. (2009) pl. 13 M-O;

Esqueda-Lara y Hernández-Becerril (2010) Fig.22;
Stanley y Lee (2013) pag. 80 Fig. 1-2. Toxinas (YTX).

Fam. Protoceratidaceae Er. Lindem

Protoceratium reticulatum (Clap. & J. Lachm) Buetschlii
= *Gonyaulax grindleyi* P. Reinecke (Fig. 35-37).
Referencias: Al-Kandari et al. (2009) pl. 13 D-I; Esqueda-
Lara y Hernández-Becerril (2010) Fig.22; Stanley y Lee
(2013) pag. 90 Fig. 1-2. Toxinas (YTX).

CUADRO 1

Definición de los acrónimos de las toxinas producidas por dinoflagelados en este estudio.

PSP	Paralytic shellfish poisoning= intoxicación paralítica por consumo de mariscos, la principal toxina es la saxitoxina con cerca de 57 análogos.
DSP	Diarrhetic shellfish poisoning= intoxicación diarrea por consumo de mariscos, que incluyen Ácido Okadaico (OA) y sus análogos, dinofisistoxinas (DTX-1, DTX-2), los precursores de diol esterés (grupos DTX-4 y DTX-5) y sus derivados acilicos (grupo DTX-3) estos compuestos están relacionados con la promoción de tumores.
PTX	Pectenotoxinas, poliéteres cíclicos con 10 análogos la toxina principal es la PTX-2 no producen diarrea, siendo la toxicidad el único factor común con las toxinas DSP.
NSP	Neurotoxic shellfish poisoning= intoxicación neurotóxica por consumo de mariscos, conocidas como brevetoxinas "BTX1, BTX2".
KBTs BSX	Brevisulcenaes y Ácido Brevisulcatico, de seis a ocho compuestos lipofílicos, con efectos similares a las BTX, altamente tóxicos en ratones, fuertemente hemolíticos y citotóxicos.
GYM	Gymnodimina, del grupo de las llamadas toxinas de acción rápida (FAT) es altamente tóxica por vía intraperitoneal en ratones, pero de bajo riesgo para los humanos a través del consumo de moluscos contaminados.
VNP	Venopurina, su efecto hepatotóxico en humanos es cuestionado, sin embargo la toxina es similar a las tipos PSP.
YTX	Yesotoxinas, han demostrado tener efectos citotóxicos y cardiotóxicos

DISCUSION

La riqueza de especies reportadas en este estudio puede considerarse como alto, considerando que aumenta en 15 especies a las reportadas para la misma región por Meave del Castillo y Hernández-Becerril (1998), en términos de porcentaje corresponden al 64%, 89% y 78% de los dinoflagelados tóxicos reportados para el Pacífico mexicano por Okolodkov y Garate-Lizárraga (2006), Hernández-Becerril et al. (2007) y Garduño et al. (2009) respectivamente, al relacionar el número de especies reportadas con regiones vecinas hacia el norte se coincide con 19 especies reportadas por Meave et al. (2012), hacia el sur Vieytes y Orantes (2007) reportan en El Salvador 29 especies consideradas nocivas con ocho tóxicas, por su parte Vargas-Montero, Bustamante, Gúzman y Vargas (2008) reportan varios eventos de FAN pero únicamente cinco especies productoras de toxinas, la diferencia en los números pueden diferir de acuerdo a los métodos de muestro y a los objetivos de estudio, de tal manera

que el número de especies reportadas en Centroamérica debe ser mayor.

En cuanto a las especies en la zona de estudio *G. catenatum* único dinoflagelado atecado relacionado con PSP, forma cadenas que tienden a curvarse durante la fijación, se vuelven más redondeadas y los bordes de los surcos se atenúan, cuando se presenta en cadenas cortas de cuatro a ocho células frecuentemente se confunde con *Cochlodinium polikrikoides*, es común encontrarla en costas mexicanas como formadora de FAN, en Chiapas la última proliferación reportada data del año 2005 (COFEPRIS, 2014).

Entre las especies de mayor importancia en Salud Pública se encuentran las especies del género *Alexandrium*, en su mayoría son tóxicas y presentan ciertas dificultades para su determinación taxonómica, varias de las especies reportadas en el país carecen de registros fotográficos o sólo se han referido con observaciones de ML como las de este estudio, por tal motivo se

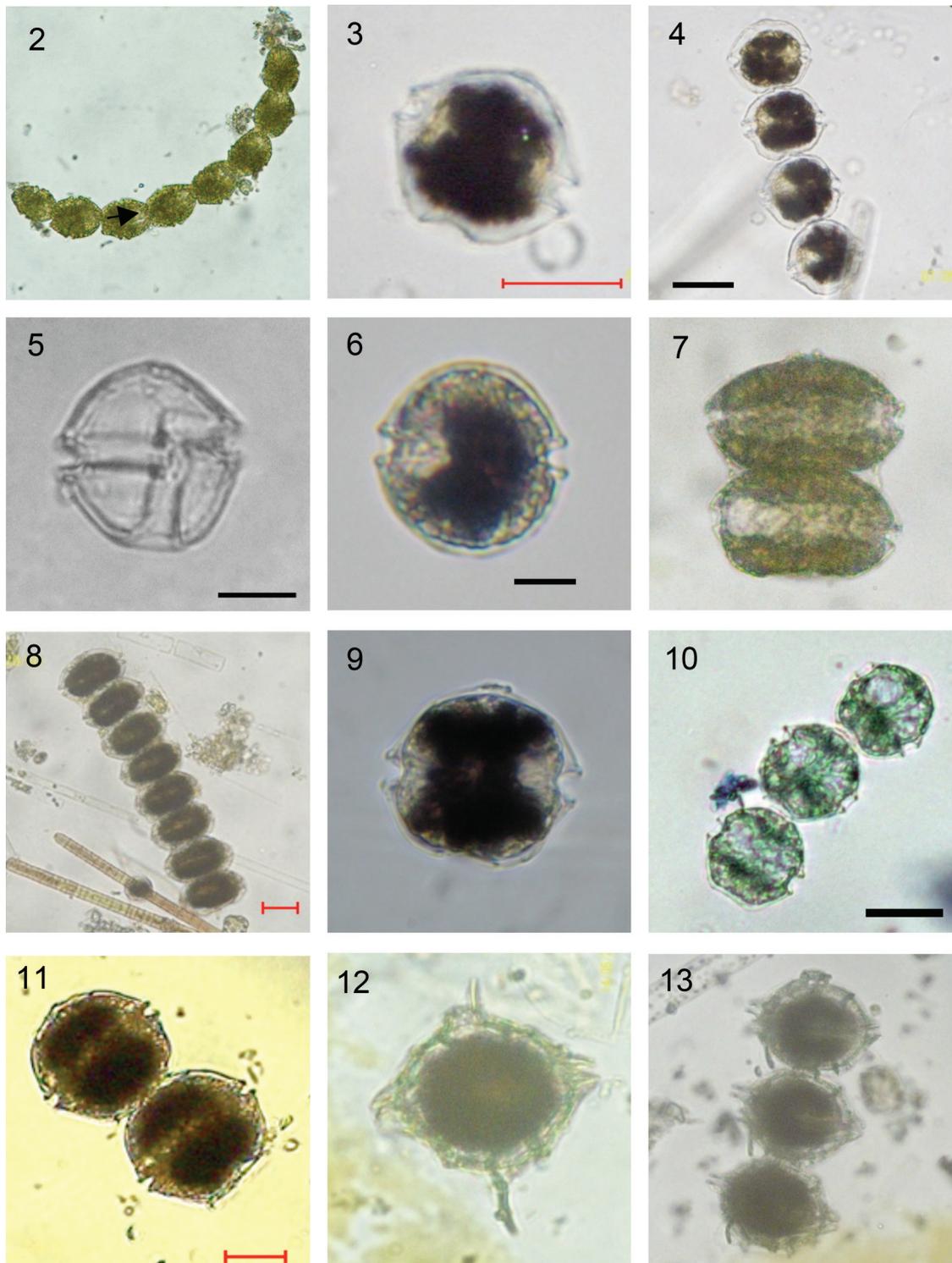


Fig. 2-13. Especies productoras de toxinas PSP (ML). 2) *Gymnodinium catenatum*, 3-4) *Alexandrium* cf. *catenella* célula individual y en cadena, 5-6) *A.* cf. *minutum* imagen especular la flecha se observa la posición del poro ventral y vista ventral, 7-8) *A. monilatum*, cadenas con dos y ocho células 9-10) *A.* cf. *tamarense*, célula individual y en cadena 11) *A. tamiyavanichii*, 12) *Pyrodinium bahamense* morfotipo *bahamense*, 13) *P. bahamense* morfotipo *compressum*.

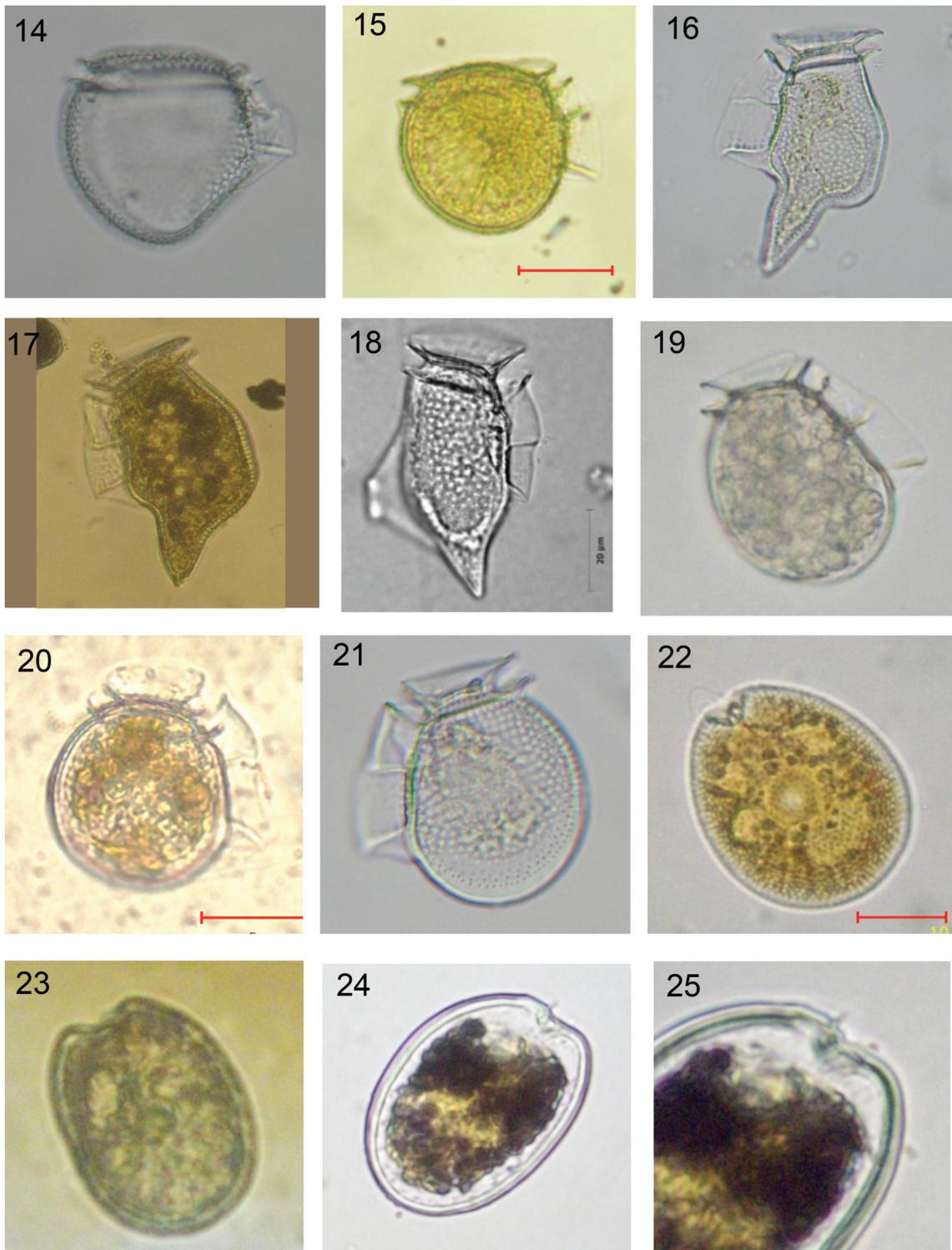


Fig. 14-25. Especies productoras de toxinas DSP (ML), 14) *Phalacroma mitra*, vista lateral derecha (VLD), 15) *P. rotundata* (VLD), 16) *Dinophysis caudata* var. *pedunculata*, vista lateral izquierda (VLI), 17) *D. caudata* var. *abbreviata* (VLI), 18) *D. caudata* var. *diegensis* (VLD), 19) *D. fortii* (VLD), 20) *D. infundibulus* (VLD), 21) *D. ovum*(VLI), 22) *Prorocentrum belizeanum*, 23) *P. concavum*, 24-25) *P. rhaty-mum*. (Escala 20µm).

requiere verificar su identidad taxonómica mediante el análisis de las placas tecales por epifluorescencia o por microscopia electrónica de barrido, en relación a FAN por *Alexandrium* spp, se tiene la mención de un florecimiento de *A. minutum* en Oaxaca durante el año 2009 (COFEPRIS, 2014), en Chiapas se han presentado varios eventos que involucran especies de este género sin que haya reportes de los mismos.

Pyrodinium bahamense, es sin duda la especie más importante en la región, reconocida por provocar casos severos de intoxicación, por muchos años se han reconocido dos variedades, la var. *compressum*, tradicionalmente registrada en el pacífico como la variedad tóxica y cuya característica principal es la de formar cadenas y la var. *bahamense*, consideraba como no tóxica y endémica para el océano atlántico, sin embargo, en la actualidad se han reportado los dos morfotipos desde Costa Rica hasta Baja California México, incluso en la misma muestra (Morquecho, 2008) como en este estudio.

Las especies del género *Phalacroma* y *Dinophysis*, se encuentran ampliamente distribuidas en la región pero no son abundantes, la densidad de sus poblaciones típicamente se encuentran a concentraciones celulares entre 100-400cel L⁻¹ y raramente alcanzan las 10 000cel L⁻¹, además en cada región biogeográfica se puede presentar una progresión de diferentes formas y tamaños entre las células vegetativas y los gametos de la misma especie (*D. caudata*-*D. diegensis*) como resultado del ciclo de vida polimórfico lo que origina incertidumbre en cuanto a la determinación específica de algunos taxones (Reguera, Velo-Suárez, Raine & Park, 2012). Varios autores prefieren etiquetar como "grupo" o "complejo" a especies coexistentes difíciles de discriminar como son los casos del "grupo" *D. acuminata-sacculus-ovum* y el del "grupo" *rotundatum-parvula-latovelata whittingiae* (Nguyen et al., 2008). De las especies mencionadas en este estudio únicamente *D. caudata*, *D. fortii*, *D. ovum*, se encuentran asociadas a eventos tóxicos, existiendo dudas acerca de la naturaleza tóxica de *Phalacroma mitra*, *P. rotundata* y *D. infundibulus* (Reguera et al., 2012).

Phalacroma mitra es común pero no abundante, forma parte del complejo *mitra-rapa-hindmarchii* se reconoce por su forma robusta de perfil trapezoidal cubierta de alveolos grandes, el borde ventral es su última porción es recto a ligeramente cóncavo (Hernández-Becerril, Meave del Castillo & Flores-Granados, 2003), *P. rotundatum* es un organismo cosmopolita heterótrofo, Reguera et al. (2014) mantienen como hipótesis que no es una especie productora de toxinas, es un vector de toxinas DSP tomadas de sus presas (principalmente tintínidos) que previamente se habían alimentado de especies tóxicas.

D. caudata se encuentran en aguas neríticas tropicales y templadas de todo el mundo es seguramente la especie más abundante del género normalmente se encuentra en parejas unidas dorsalmente, presenta alta variabilidad morfológica resultando en la descripción de un alto número de formas y variedades, en este estudio consideramos a *D. caudata* var. *diegensis*, la única proliferación reportada para esta especie en el área de estudio se dio en los meses de mayo-junio de 2012 (COFEPRIS, 2014).

D. fortii es considerada la especie con mayor toxicidad, no se han reportado proliferaciones en Chiapas pero fue la causante junto con *D. acuminata* del primer cierre de un área de producción de moluscos durante más de tres meses en Ensenada B.C. *D. ovum* incluida en el grupo *acuminata*, es una especie común de aguas templado-cálidas del Pacífico en ambos hemisferios, su presencia se encuentra subregistrada y a menudo ha sido reportada como *D. acuminata* o *D. cf acuminata* (Reguera et al., 2011), *D. infundibulus* por varias razones es sin duda la especie menos conocida, por su cercanía morfológica es común confundirla con *D. parva*, algunos autores consideran a estas dos especies como sinónimos, se consideraba como no tóxica pero recientemente se detectaron PTX-2 por medio de HPLC-MS en cultivos, desde entonces se incluye en el monitoreo de DSP a pesar de que nunca se hayan dado proliferaciones densas (Reguera et al., 2014).

El género *Prorocentrum* es muy importante por su abundancia relativa, empíricamente podemos sugerir que la mayoría de las especies planctónicas pueden formar proliferaciones masivas pero no producen toxinas además se distinguen por presentar una espina o aleta en la zona periflagelar, mientras que las especies tóxicas generalmente bentónicas no presentan esta estructura, en este trabajo se describen cuatro taxones: *P. belizeanum* y *P. concavum* son reconocidos por tener hábitos de vida bentónicos, su presencia en la columna de agua puede estar asociada a fenómenos de surgencias resultado de la acción de los vientos "tehuanos", en el caso de *P. rathymum*, en muchos trabajos fue considerado como sinónimo de *P. mexicanum* por lo que la distribución general de la especie aún es incierto, actualmente las dos especies se encuentran bien definidas por Cortes-Altamirano & Sierra-Beltrán (2003), *P. minimum* nombre que tiene prioridad sobre *P. cordatum* (Ostenfeld) Dodge comb. Illeg. al no presentar el basionimo (Faust, Larsen & Moestrup, 1999), en este trabajo se presentan como sinónimos, debido a su polimorfismo *P. minimum* ha sido muy confundido con *P. balticum* por lo que hay que tener cuidado en su correcta separación (Cortes-Altamirano citado en Garduño et al., 2009).

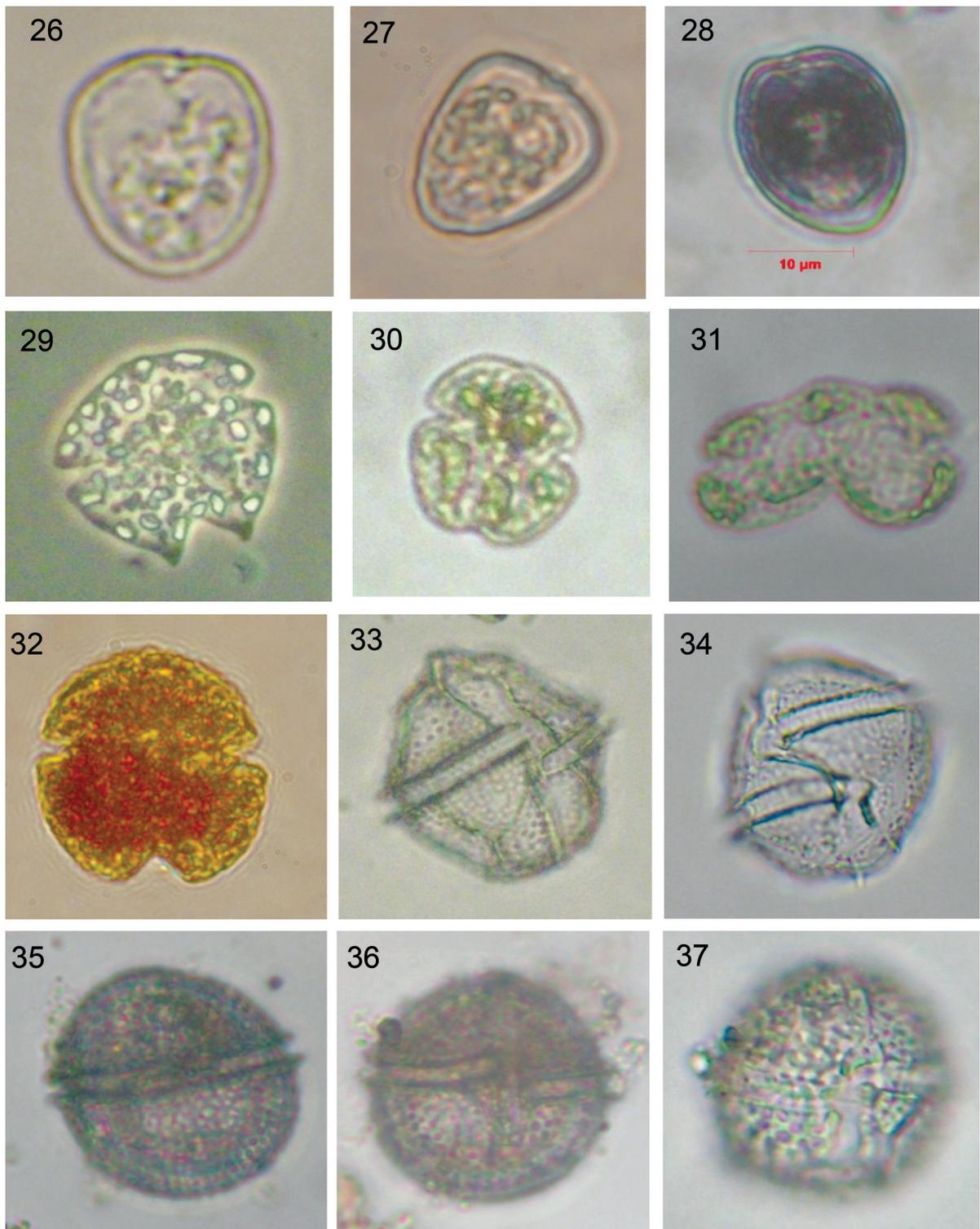


Fig. 26-37. Especies productoras de toxinas VNP, NSP y YTX (ML), 26-28) *P. minimum*, 27, forma *triangulatum*, 28, forma *cordatum*, 29) *Karenia bicuneiformis*, 30) *K. brevisulcata*, 31) *K. papilionaceae*, 32) *K. selliformis*, 33) *Lingulodinium polyedra*, 34) *Gonyaulax spinifera*, 35-37) *Protoceratium reticulatum*=*Gonyaulax grindleyi*, 35, vista dorsal, 36-37, vista ventral.

A excepción de *K brevis* especie considerada como endémica del Golfo de México, los taxones del género *Karenia* no se encuentran normados en México, en este estudio se menciona la ampliación de ámbito y nuevos registros de *K. brevisulcata* y de *K. selliformis*, la comprensión sobre la distribución mundial de las especies de Kareniaceae es muy incompleta, la mayor parte del tiempo se presentan en densidades muy bajas (Maciel-Baltazar & Hernández-Becerril, 2013).

Las especies productoras de YTX presentan falsos positivos durante el bioensayo en ratón para toxinas DSP, tampoco se encuentran bajo la normatividad mexicana, *Protoceratium reticulatum* (= *Gonyaulax grinleyii*), es una especie del cual no existe un consenso general sobre su taxonomía, se conoce poco acerca de su biología y se piensa que es un conjunto de varias especies (Paz et al., 2008) en la zona de estudio es muy rara y se presenta en concentraciones muy bajas. *Gonyaulax spinifera* es una especie común en el área, se confunde fácilmente con otras especies de su mismo género además se han reconocido diferentes tipos de quistes por lo que se cree existen varias especies bajo el mismo nombre (Paz et al., 2008). *Lingulodinium polyedrum* es cosmopolita y se puede encontrar principalmente en zonas templadas y zonas costeras subtropicales, requieren altos niveles de nutrientes para su desarrollo, tienen un complejo ciclo de vida que abarca la reproducción vegetativa, formación de quistes temporales y la reproducción sexual (Paz et al., 2008), una característica sobresaliente es su capacidad bioluminiscente, es común en la región pero no se han presentado eventos de proliferación.

En los últimos años se ha mencionado el incremento de los fenómenos de "mareas rojas" por motivos hidrometeorológicos (cambio climático), aumento de la eutrofización, transporte de especies en aguas de lastre o por un reflejo del mayor número de registros, a medida que las investigaciones avanzan y abarcan un mayor número de regiones se encuentran más especies tóxicas, prácticamente dispersas por todo el planeta, en muchas ocasiones los FAN afectan a grandes zonas geográficas como es la del Pacífico centro oriental y se deben a la presencia de más de una especie de microalga. Muchas son las razones que incrementan la necesidad de conocer las especies potencialmente tóxicas en nuestra región y su detección por ML es un primer acercamiento durante los programas de vigilancia sanitaria para dar una alerta temprana que reduzca el riesgo de intoxicaciones, pero se debe complementar con proyectos nacionales para la vigilancia y mitigación de los FAN's.

AGRADECIMIENTOS

A los compañeros pescadores anónimos que ayudaron en la toma de muestras y a Ernesto Velázquez Velázquez director de la Facultad de Biología de la UNICACH por el apoyo con los recursos materiales para la realización de este estudio.

REFERENCIAS

- Al-Kandari, M., Al-Yamani, F., & Al-Rifaie, K. (2009). *Marine phytoplankton atlas of Kuwait's waters*. Safat, Kuwait: Kuwait Institute for Scientific Research.
- COFEPRIS. (2014). *Presencia de mareas rojas nacionales*. Recuperado de <http://www.cofepris.gob.mx/AZ/documents/MareaRoja>.
- Cortés, R. (1998). *Las Mareas Rojas en México*. México, D.F.: AGT editores.
- Cortés-Altamirano, R., & Sierra-Beltrán, A. (2003). Morphology and taxonomy of *Prorocentrum mexicanum* and re-statement of *Prorocentrum rathymum* (Dinophyceae). *Journal of Phycology*, 39, 1-6.
- Esqueda-Lara, K., & Hernández-Becerril, D. U. (2010). *Dinoflagelados microplanctónicos marinos del Pacífico central de México (Isla Isabel, Nayarit y costas de Jalisco y Colima)*. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. México.
- Faust, M. A., & Gullede, R. A. (2002). Identifying harmful marine dinoflagellates. *Contr. U.S. Natl. Herbarium*, 42, 1-144.
- Faust, M. A., Larsen J., & Moestrup, Ø. (1999). *Potentially toxic phytoplankton. 3. Genus Prorocentrum (Dinophyceae)*. ICES Identification leaflets for plankton. International Council for the Exploration of the Sea.
- Garduño, G., Licea, S., Oliva M. G., & García, M.A. (2009). *Dinoflagelados*. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Autónoma de México. México D.F. México.
- Gómez, F. (2012). A checklist and classification of living dinoflagellates (Dinoflagellata/Alveolata) CICIMAR. *Oceanides*, 27, 65-140.
- Hernández-Becerril, D. U., Cortés-Altamirano, R., & Alonso, R. R. (2000). The dinoflagellate genus *Prorocentrum* along the coasts of the Mexican Pacific. *Hydrobiologia*, 418, 111-121.
- Hernández-Becerril, D. U., Meave del Castillo, M. E., & Flores-Granados, C. (2003). Dinoflagelados del orden Dinophysiales en las costas mexicanas. En M. T., Barreiro-Güemes, Meave del Castillo, M. E., Signoret-Poillon M. R., & Figueroa-Torres, M. G. (Eds.). *Planctología Mexicana* (pp. 19-42). A. C. La Paz, Baja California Sur, México: Sociedad Mexicana de Planctología.

- Hernández-Becerril, D. U., Alonso-Rodríguez, R., Álvarez-Góngora, C., Barón-Campis, S. A., Caballos-Corona, G., Herrera-Silveira, J., Meave del Castillo, M. E., Juárez-Ruíz, N., Merino-Virgilio, F., Morales-Blake, A., Ochoa, J. L., Orellana-Cepeda, E., Ramírez-Camarena, C., & Rodríguez-Salvador, R. (2007). Toxic and harmful marine phytoplankton and microalgae (HABs) in Mexican Coasts. *Journal of Environmental Science and Health Part A*, 42, 1349-1363.
- Hernández-Becerril, D. U., Ceballos-Corona, J. G. A., Esqueda-Lara, K., Tovar-Salazar, M. A., & León-Álvarez, D. (2008). Marine planktonic dinoflagellates of the order Dinophysiales (Dinophyta) from coasts of the tropical Mexican Pacific, including two new species of the genus *Amphisolenia*. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 8, 1-15.
- Larsen, J., & Moestrup, Ø. (1992). Leaflet No. 180. Potentially toxic phytoplankton. 2. Genus *Dinophysis* (Dinophyceae). En J. A., Lindley (ed.). *ICES Identification Leaflets for Plankton*. Copenhagen, Denmark: International Council for the Exploration of the Sea.
- Maciel-Baltazar, E., & Hernández-Becerril, D. U. (2013). Especies de dinoflagelados atecados (Dinophyta) de la costa de Chiapas, sur del Pacífico mexicano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 48, 245-259.
- Meave del Castillo, M. E., & Hernández-Becerril, D. U. (1998). Fitoplancton. En M., Tapia-García (Ed). *El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos* (pp. 59-74). México: Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.
- Meave del Castillo, M. E., Zamudio-Resendiz, M. E., & Castillo-Rivera, M. (2012). Riqueza fitoplanctónica de la Bahía de Acapulco y zona costera aledaña, Guerrero, México. *Acta Botánica Mexicana*, 100, 405-487.
- Morquecho, L. (2008). Morphology of *Pyrodinium bahamense* Plate (Dinoflagellata) near Isla San José Gulf of California México. *Harmful Algae*, 7, 664-670.
- Nguyen, V. N., Omura, T., Furuya, K., & Fukuyo, Y. (2008). *Dinophysis* (Dinophysiales) in the pelagic waters of central and western Pacific. *La mer*, 46, 29-36.
- Ochoa, J. L., Núñez-Vázquez, E., & Saad, J. (2003). Diferentes términos utilizados para describir las "Mareas Rojas". *Revista de Biología Tropical*, 51, 621-628.
- Okolodkov, Y. B. (2014). Dinophysiales (Dinophyceae) of the national park sistema arrecifal veracruzano, Gulf of México, with a key for identification. *Acta Botánica Mexicana*, 106, 9-71.
- Okolodkov, Y. B., & Gárate-Lizárraga, I. (2006). An annotated checklist of dinoflagellates (Dinophyceae) from the Mexican Pacific. *Acta Botánica Mexicana*, 74, 1-154.
- Paz, B., Aranas, D., Norte, A. H., Riobo, M., Franco, J. M., & Fernández, J. J. (2008). Yessotoxins, a group of marine polyether toxins: an overview. *Mar. Drugs*, 6, 73-102.
- Reguera, B., Alonso, R., Moreira, A., & Méndez, S. (2011). *Guía para el diseño y puesta en marcha de un plan de seguimiento de microalgas productoras de toxinas*. Paris y Viena: COI de UNESCO y OIEA.
- Reguera, B., Velo-Suárez, L., Raine, R., & Park, M. G. (2012). Harmful *Dinophysis* species: A review. *Harmful Algae*, 14, 87-106.
- Reguera, B., Riobó, P., Rodríguez, F., Díaz, P. A., Pizarro, G., Paz, B., Franco, J. M., & Blanco, J. (2014). *Dinophysis* toxins: Causative organisms, distribution and fate in shellfish. *Mar. Drugs*, 12, 394-461
- Stanley P. C. L., & Lee, F. Y. K. (2013). *Harmful Marine Microalgae in Hong Kong*. Agriculture, Fisheries and Conservation Department. The Government of the Hong Kong Special Administrative Region. Hong Kong.
- Vargas-Montero M., Bustamante, F. Gúzman, J. C., & Vargas, J. C. (2008). Florecimientos de dinoflagelados nocivos en la costa Pacífica de Costa Rica. *Hidrobiológica*, 18 (Supl. 1), 15-23.
- Vieytes, B. M., & Orantes, T. E. (2007). Nuevos registros de dinoflagelados en la región costera del departamento de la Libertad, El Salvador. *Ciencia & Tecnología*, 2, 6-12.
- Wilkinson T., Wiken, E., Bezaury-Creel, J., Hourigan, T., Agardy, T., Herrmann, H., Janishevski, L., Madden, C., Morgan, L., & Padilla, M. (2009). *Ecorregiones marinas de América del Norte*. Montreal: Comisión para la Cooperación Ambiental.