

## Florecimientos algales nocivos en las costas de Campeche, Golfo de México

### Harmful algal blooms in the coastal waters of Campeche, Gulf of Mexico

Carlos Antonio Poot Delgado<sup>1\*</sup>

Poot Delgado, C. A. Florecimientos algales nocivos en las costas de Campeche, Golfo de México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 68: 91-96, mayo-agosto 2016.

#### RESUMEN

El presente estudio describe el estado de conocimiento sobre florecimientos algales nocivos (FAN) en las aguas costeras del estado de Campeche, México. Se realizó una búsqueda bibliográfica de 1965 a 2014 consultando reportes oficiales, reuniones académicas y artículos especializados (aproximadamente 30). El análisis de la literatura mostró que ha habido un avance significativo en los reportes de FAN. La abundancia de las especies nocivas presentó valores altos ( $10^6$  células  $l^{-1}$ ) durante la temporada de lluvias (junio-septiembre). Se registró la presencia de especies potencialmente nocivas: los dinoflagelados *Karenia brevis*, *Pyrodinium bahamense* var. *bahamense*, *Prorocentrum mexicanum*, *P. minimum* y la cianobacteria *Cylindrospermopsis cuspis*.

#### ABSTRACT

The present study describes the state of knowledge of harmful algal blooms (HAB) in the coastal waters of the State of Campeche, Mexico. A bibliography on the subject was compiled during the period from 1965 to 2014 and considers official reports, scientific meetings and specialized articles (approximately 30). An analysis of the literature showed significant advances

**Palabras clave:** Campeche, dinoflagelados, florecimientos algales nocivos, Golfo de México, microalgas.

**Keywords:** Campeche, dinoflagellates, Gulf of Mexico, harmful algal blooms, microalgae.

Recibido: 24 de marzo de 2015, aceptado: 21 de marzo de 2016

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior de Champotón.

\* Autor para correspondencia: cpoot@itescham.edu.mx

in the reports of HAB. The abundance of noxious species was the highest ( $10^6$  cells  $l^{-1}$ ) in the rainy season (June-September). The following potentially harmful species were reported: the dinoflagellates *Karenia brevis*, *Pyrodinium bahamense* var. *bahamense*, *Prorocentrum mexicanum* and *P. minimum*, and the cyanobacterium *Cylindrospermopsis cuspis*.

#### INTRODUCCIÓN

Más de 70% de la población humana reside dentro de los primeros 100 km de la zona costera (Paerl et al., 2006), lo que da como resultado más evidente el enriquecimiento de nutrientes (nitrógeno, fósforo y silicato), y una variedad de micronutrientes (metales traza y vitaminas) diluidos en el medio costero (Anderson et al., 2012). Ello ocasiona cambios en la producción primaria, clorofila *a* y la abundancia celular (Bricker et al., 2003), evidenciado por el aumento de los florecimientos algales nocivos (FAN) (Glibert et al., 2005), que producen respuestas tales como hipoxia y anoxia en la columna de agua (Kaas et al., 2005).

Los FAN consisten en un crecimiento explosivo de organismos fotosintéticos, mixótrofos o heterótrofos susceptibles de afectar a otros organismos (incluyendo al hombre) que utilizan el ambiente acuático. Pueden causar intoxicaciones a través de la producción de sustancias químicas (toxinas), alterando la fisiología de los organismos afectados (Smayda, 1997).

Los síndromes tóxicos más conocidos causados por fitoplancton son: el PSP (intoxicación parálitica de los bivalvos), el DSP (intoxicación diarreica de los bivalvos), el ASP (intoxicación amnésica de los

bivalvos) y el NSP (intoxicación neurotóxica de los bivalvos) (Sar et al., 2002).

En México, en una reciente revisión sobre los FAN (Band Schmidt et al., 2011) se observa un incremento en los reportes de especies nocivas; así como sus efectos en los cultivos de camarón (Alonso Rodríguez y Páez Osuna, 2003) y en organismos silvestres (Núñez Vázquez et al., 2011; Gárate Lizárraga y González Armas, 2014).

Dado que los FAN representan una seria amenaza se requiere describir la información básica sobre las especies causantes en diversas regiones, hábitats y diferentes épocas del año. Esta revisión da a conocer el estado de conocimiento de los estudios de FAN en el ámbito marino en las costas campechanas, con el objetivo de analizar los reportes cada vez más frecuentes sobre las especies causantes.

### Diatomeas y dinoflagelados nocivos

En estudios realizados en el banco de Campeche, autores rusos reportaron FAN de dinoflagelados planctónicos desde julio de 1965, en donde observaron y registraron una coloración en el agua de mar producida por el dinoflagelado *Scrippsiella trochoidea* reportado como *Gonyaulax minima* y *Karenia brevis* reportado como *Gymnodinium breve* (Okolodkov, 2003).

Desde 2003 la Comisión para la Protección contra Riesgos Sanitarios del estado de Campeche (COPRISCAM) integró el Proyecto Nacional de Marea Roja bajo la coordinación de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) realizando monitoreos a lo largo del litoral campechano (Figura 1).

La COPRISCAM registró florecimientos de *Pyrodinium bahamense* en septiembre de 2005, en la bahía de Campeche y de *K. brevis* en Frontera, Tabasco y Nuevo Campechito. Para 2006, *Peridinium quinquecorne* se reportó en la bahía de Campeche. En junio y septiembre de 2008 *Rhizosolenia* y *Chaetoceros* estuvieron presentes, al igual que *Pseudonitzschia* spp., en la región norte del litoral del estado de Campeche (Tabla 1).

Ese año en la zona de los Petenes y la bahía de Campeche los dinoflagelados nocivos: *P. bahamense*, *Prorocentrum mexicanum*, *Prorocentrum minimum*, *Prorocentrum hoffmanianum*, *Gymnodinium*



**Figura 1.** Litoral del estado de Campeche con reportes de FAN. Los números indican sitios con reportes de FAN de 2003-2014. Mapa elaborado por Jorge A. Ortiz Lozano.

*catenatum* y *Gambierdiscus* estuvieron presentes en la época de lluvias (junio-octubre), con rangos de abundancias de 100 a  $26 \times 10^4$  células  $l^{-1}$  (Poot Delgado y Guzmán Noz, 2010).

El dinoflagelado nocivo *Prorocentrum micans* fue observado en el área de extracción de ostión en la Laguna de Términos en mayo de 2010; en el 2011 se observó a *K. brevis* en la costa de Calkini, Hecelchakan y Campeche (Soto Ramos et al., 2012; Del Ángel Tafuya, 2013).

En las aguas costeras de Champotón en el centro del estado de Campeche, de mayo de 2010 a noviembre de 2011 Poot Delgado y Rosado García (2013) reportan la presencia de *Gambierdiscus*, *G. catenatum*, *K. brevis*, *P. bahamense*, *P. mexicanum*, *P. minimum* y *P. hoffmannianum*, con abundancia del orden de  $10^4$  células  $l^{-1}$  (Tabla 1).

En noviembre de 2013 se registró a la diatomea *Rhizosolenia* con una abundancia máxima de  $1.8 \times 10^5$  células  $l^{-1}$ , que puede estar asociada a la mortandad de peces y mantarrayas, probablemente por la disminución de las concentraciones normales de oxígeno disuelto (Rendón von Osten et al., 2013).

**Tabla 1.** Especies causantes de florecimientos algales nocivos en las costas de Campeche

Especie	Localidad	Fecha	Abundancia máxima (células l <sup>-1</sup> )	Referencias
<i>Pyrodinium bahamense</i> var. <i>bahamense</i> <sup>1</sup>	Costa Villamar, Champotón	20 de marzo de 2005	30,000	COPRISCAM y LESP*
	Malecón de Campeche	9 de agosto de 2005	330,000 315,000	
<i>Scrippsiella</i> spp. <sup>5</sup>	Banco de Campeche	24 de agosto de 2005	300,000	Soto Ramos et al. (2012)
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp. <sup>1</sup>	Isla Arena, Calkini	8 de diciembre del 2005	30,000	COPRISCAM y LESP*
<i>Prorocentrum compressum</i> ? <sup>1</sup>	Nvo. Campechito, Cd. Del Carmen	11 al 17 de abril 2007	185,000	
<i>Anabaena</i> sp. <sup>3</sup>	Bahía de Campeche	Diciembre de 2007	323,000	Poot Delgado y Guzmán Noz (2010)
<i>Pyrodinium bahamense</i> var. <i>bahamense</i> <sup>1</sup>		Abril de 2008	80,000	Poot Delgado et al. (2009)
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp. <sup>1</sup>	Región norte litoral (costa de Calkini-Hecelchakan)	26 junio al 05 septiembre de 2008	450,000	COPRISCAM y LESP*
<i>Rhizosolenia</i> sp. <sup>5</sup>			360,000	
<i>Chaetoceros</i> sp. <sup>4</sup>			260,000	
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp. <sup>1</sup>	Bahía de Campeche	Diciembre de 2008	64,000	Poot Delgado y Guzmán Noz (2010)
<i>Leptocylindrus</i> sp. <sup>5</sup>	Región centro litoral (costa de Campeche-Champotón)	18 septiembre al 18 de octubre 2009	870,000	COPRISCAM y LESP*
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> ? <sup>1</sup>			76,000	
<i>Pyrodinium bahamense</i> var. <i>bahamense</i> <sup>1</sup>			20,000	
<i>Anabaena</i> sp. <sup>3</sup>	Litoral de Champotón	Febrero de 2010	100,000	Poot Delgado y Rosado García (2013)
<i>Pyrodinium bahamense</i> var. <i>bahamense</i> <sup>1</sup>		Julio de 2010	311,000	
<i>Oscillatoria erythraea</i> ? <sup>3</sup>	Malecón de Campeche	9 de agosto de 2010	36,000	COPRISCAM y LESP*
<i>Chaetoceros</i> spp. <sup>4</sup>	Litoral de Champotón	Noviembre de 2010	1,100,000	Poot Delgado y Rosado García (2013)
	Región centro litoral (Campeche-Champotón)	05 al 26 de agosto de 2010	196,666	COPRISCAM y LESP*
88,000				
<i>Peridinium quinquecornis</i> <sup>5</sup>			47,660	
<i>Prorocentrum mexicanum</i> <sup>4</sup>				
<i>Cylindrotheca closterium</i> <sup>5</sup>	Sistemas fluviolagunares Pom-Atasta y Palizada del Este	12, 13 de febrero de 2011	525,000	Muciño Márquez et al. (2014)
<i>Karenia brevis</i> ? <sup>1</sup>	Región norte litoral (Calkini, Hecelchakan, Tenabo, Campeche y Champotón)	15 al 28 de septiembre 2011	3,992,000	COPRISCAM y LESP*
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. <sup>1</sup>			50,000	
<i>Prorocentrum mexicanum</i> <sup>4</sup>	Banco ostrícola (Laguna de Términos)	Marzo de 2012	150,000	Poot Delgado et al. (2015a)
<i>Gymnodinium</i> sp. <sup>1</sup>		Abril de 2012	150,000	
<i>Karenia</i> spp. <sup>1</sup>	Banco de Campeche	9 de septiembre de 2012	3,000,000	Soto Ramos et al. (2012)
<i>Cylindrospermopsis cuspidis</i> <sup>3</sup>	Banco ostrícola (Laguna de Términos)	18 de octubre de 2012	10,860,000	COPRISCAM y LESP*

Continuación de la Tabla 1

<i>Prorocentrum minimum</i> <sup>2</sup>	Bancos ostrícola (Laguna de Términos)	Noviembre de 2012	2,300,000	Poot Delgado et al. (2015a)
	Muelle la Puntilla, Ciudad del Carmen	Octubre de 2012 a enero de 2013	2,363,000	Poot Delgado et al. (2015b)
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp. <sup>1</sup>	Banco ostrícola (Laguna de Términos)	Enero de 2013	640,000	Poot Delgado et al. (2015b)
<i>Cylindrotheca closterium</i> <sup>5</sup>		Febrero de 2013	200,000	
<i>Anabaena</i> sp. <sup>3</sup>		Mayo de 2013	660,000	
<i>Cyclotella</i> sp. <sup>5</sup>	Muelle la Puntilla, Ciudad del Carmen	Agosto de 2013	6,500,469	Poot Delgado et al. (2015b)
<i>Peridinium quinquecorne</i> <sup>5</sup>		Septiembre de 2013	1,532,771	
<i>Rhizosolenia</i> sp. <sup>5</sup>	Litoral de Champotón	Noviembre de 2013	180,000	Rendón von Osten et al. (2013)

\* Comisión para la Protección y Riesgo Sanitario del estado de Campeche. Laboratorio Estatal de Salud Pública del Estado de Campeche.

<sup>1</sup> Especie conocida como potencialmente tóxica: causante de Intoxicación paralizante por mariscos (PSP) (IOC-UNESCO, 2002).

<sup>2</sup> Responsable de mortalidad en bioensayo ratón, a través de una toxina soluble en agua. Sin embargo, no hay datos que indican los impactos a los consumidores humanos (Grzebyk et al., 1997).

<sup>3</sup> Especies conocidas como potencialmente tóxicas: microcistina LR, lipopolisacáridos (LPS), microcistina, anatoxina-a, anatoxina-a (S), saxitoxina, cilindrospermopsina, neosaxitoxina y neosaxitoxina (Bonilla, 2009).

<sup>4</sup> Especies que se sabe o se sospecha que causan pérdidas de peces en maricultura (Anderson et al., 2001).

<sup>5</sup> Especies que se sabe producen florecimientos en otros lugares (Anderson et al., 2001) o cuya abundancia de vez en cuando alcanza concentraciones superiores a  $10^6$  células l<sup>-1</sup>.



**Figura 2.** Florecimiento de *P. quinquecorne* en el malecón de la ciudad de San Francisco de Campeche. Fotografía cortesía de Fausto Tafoya.

En febrero de 2011 Muciño Márquez et al. (2014) presentaron resultados de los sistemas fluviolagunares Pom-Atasta y Palizada del Este, en donde registran que *Cylindrotheca closterium* fue la especie más abundante en los dos sistemas, con una concentración de  $52 \times 10^4$  células l<sup>-1</sup>.

Por otro lado, Poot Delgado et al. (2015a) reportaron la abundancia de fitoplancton y su variación estacional de julio de 2012 a septiembre de 2013. Se registraron valores mínimos ( $10^3$  células

l<sup>-1</sup>) durante la época de secas (febrero-mayo) y valores altos ( $10^6$  células l<sup>-1</sup>) durante la temporada de lluvias (junio-septiembre), así como la presencia de especies de dinoflagelados nocivos: *Akashiwo sanguinea*, *K. mikimotoi*, *P. bahamense* var. *bahamense*, *P. mexicanum* y *P. minimum*. También la presencia de los géneros *Alexandrium* y *Pseudo-nitzschia* (ver Tabla 1).

Recientemente Núñez Vázquez et al. (2013) reportaron para la zona central de Campeche la presencia de análogos de toxinas paralizantes (dcGTX2-3, GTX2-3, NeoSTX y STX) que se asemejan al perfil de toxinas descrito para el dinoflagelado *P. bahamense* (Landsberg et al., 2006), que de acuerdo con lo reportado previamente por Poot Delgado et al. (2014), no rebasa el orden de  $10^4$  células l<sup>-1</sup>. Asimismo, se ha reportado que otras biotoxinas marinas (amnésicas y diarreas) han afectado a peces (*Sphoeroides*), las cuales tienen su origen en las especies planctónicas, dado que en las costas de Campeche se han detectado florecimientos de microalgas nocivas (Figura 2), productoras de toxinas tales como *P. bahamense*, *Pseudo-nitzschia* y *Dinophysis* (Poot Delgado y Rosado García, 2013) que pueden ser transmitidas a los peces *Sphoeroides* a través de la cadena alimentaria vía moluscos bivalvos y otros invertebrados, organismos que regularmente forman parte de la dieta de estos peces en el litoral campechano (Mallard Colmenero et al., 1982).

### Cianobacterias nocivas

En años recientes ha aumentado la literatura que menciona que los cuerpos de agua costeros tienen altas abundancias de cianobacterias ( $10^6$  células  $l^{-1}$ ), particularmente durante la época de secas (febrero-mayo), pero su contribución a la biomasa total del fitoplancton es a menudo relativamente pequeña (Pinckney et al., 1998; Ning et al., 2000).

Se sabe que algunas especies producen toxinas capaces de causar efectos agudos y crónicos en el hombre, en animales y vegetales (Landsberg, 2002). Se estima que más de 50% de estas proliferaciones son tóxicas (Codd et al., 1999).

Las toxinas de las cianobacterias se suelen agrupar principalmente en neurotoxinas y hepatotoxinas. Las neurotoxinas son producidas principalmente por especies y cepas de los géneros: *Anabaena*, *Aphanizomenon* (Mahmood y Carmichael, 1986), *Oscillatoria* (Sivonen et al., 1989), *Trichodesmium* (Hawser et al., 1991) y *Cylindrospermopsis* (Landsberg, 2002). Las especies identificadas como productoras de hepatotoxinas están incluidas en los géneros *Microcystis*, *Anabaena*, *Nodularia*, *Oscillatoria*, *Nostoc* y *Cylindrospermopsis*

(Landsberg, 2002). El género *Anabaena* ha estado presente a lo largo del litoral campechano, desde la bahía de Campeche hasta los bancos ostrícolas localizados en la Laguna de Términos, con abundancias de  $32 \times 10^5$  a  $6.6 \times 10^5$  células  $l^{-1}$  (Poot Delgado et al., 2015b). Sin embargo, en octubre de 2012 también se registró a *Cylindrospermopsis cuspidis*, con una abundancia de  $1.3 \times 10^6$  células  $l^{-1}$ , que perduró hasta noviembre de 2012 con un valor de  $2.4 \times 10^3$  células  $l^{-1}$ .

### CONCLUSIONES

Este análisis muestra que ha habido un avance significativo en los reportes de FAN en las costas campechanas por parte de la autoridad competente y académicos; sin embargo, se observa que su estudio se ha abordado de manera individualizada, con diferentes métodos y de forma dispersa.

### Agradecimientos

Al Mtro. Jorge A. Ortiz Lozano por la elaboración del mapa de localización, al Dr. Yuri Okolodkov y a Marcia M. Gowing, que amablemente mejoraron el resumen y el abstract. A los revisores anónimos por las sugerencias para mejorar el manuscrito.

### LITERATURA CITADA

- ALONSO RODRÍGUEZ, R. y PÁEZ OSUNA, F. Nutrients, phytoplankton and harmful algal blooms in shrimp ponds: a review with special reference to the situation in the Gulf of California. *Aquaculture*, 219(1-4): 317-336, 2003.
- ANDERSON, D. M. et al. Monitoring and management strategies for harmful algal blooms in coastal waters. *Asia Pacific Economic Program, Singapore, and Intergovernmental Oceanographic Commission Technical Series*, 59, 1-268, 2001.
- ANDERSON, D. M. et al. Progress in understanding harmful algal blooms: paradigm shifts and new technologies for research, monitoring, and management. *Annual Review of Marine Science*, 4, 143-176, 2012.
- BAND SCHMIDT, C. J. et al. El estado actual del estudio de florecimientos algales nocivos en México. *Hidrobiológica*, 21(3): 381-413, 2011.
- BONILLA, S. (Ed.). *Cianobacterias planctónicas del Uruguay. Manual para la identificación y medidas de gestión*. Documento Técnico PHI 16. Programa Hidrológico Internacional para América Latina y el Caribe (PHI-LAC). Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe. Montevideo, Uruguay: UNESCO, 2009.
- BRICKER, S. et al. An integrated methodology for assessment of estuarine trophic status. *Ecological Modelling*, 169(2003): 39-60, 2003.
- CODD, G. et al. Cyanobacterial toxins, exposure routes and human health. *European Journal of Phycology*, 34(4): 405-415, 1999.
- DEL ÁNGEL TAFOYA, F. 10 años de monitoreo en la atención de florecimiento algal en el estado de Campeche. *Reunión de responsables nacionales y estatales de los temas de moluscos bivalvos y marea roja*. Comisión de Operación Sanitaria. Dirección Ejecutiva de Programas Especiales. Ensenada, Baja California, México, del 8 al 12 de julio de 2013.
- GÁRATE LIZÁRRAGA, I. y GONZÁLEZ ARMAS, R. Fish die-offs along southern coast of Baja California. *Harmful Algae News*, 48, 8-9, 2014.
- GLIBERT, P. M. et al. The global, complex phenomena of harmful algal blooms. *Oceanography*, 18(2): 136-147, 2005.
- GRZEBYK, D. et al. Evidence of a new toxin in the red-tide dinoflagellate *Prorocentrum minimum*. *Journal of Plankton Research*, 19(8): 1111-1124, 1997.

- HAWSER, S. P. et al. A neurotoxic factor associated with the bloom-forming cyanobacterium *Trichodesmium*. *Toxicon*, 29(3): 277-278, 1991.
  - KAAS, H. et al. *Marine phytoplankton: Relationship between ecological and chemical status of surface waters*. REBECCA SSPI-CT-2003-502158 7-10, 2005.
  - LANDSBERG, J. H. The effects of harmful algal blooms on aquatic organisms. *Reviews in Fisheries Science*, 10(2): 113-390, 2002.
  - LANDSBERG, J. H. et al. Saxitoxin puffer fish poisoning in the United States, with the first report of *Pyrodinium bahamense* as the putative toxin source. *Environmental Health Perspective*, 114(10): 1502-1507, 2006.
  - MAHMOOD, N. y CARMICHAEL, W. Paralytic shellfish poisons produced by the freshwater cyanobacterium *Aphanizomenon flos-aquae* NH-5. *Toxicon*, 24, 175-186, 1986.
  - MALLARD COLMENERO, L. R. et al. Taxonomía, biología y ecología de los tetraodóntidos de la Laguna de Términos, Sur del Golfo de México (Pisces: Tetraodontidae). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 9(1): 161-211, 1982.
  - MUCIÑO MÁRQUEZ, R. et al. Composición fitoplanctónica en los sistemas fluvio-lagunares Pom-Atasta y Palizada del Este, adyacentes a la Laguna de Términos Campeche, México. *Acta Biológica Colombiana*, 19(1): 63-84, 2014.
  - NING, X. et al. Spatial and temporal variability of picocyanobacteria *Synechococcus* sp. in San Francisco Bay. *Limnology and Oceanography*, 45(3): 695-702, 2000.
  - NÚÑEZ VÁZQUEZ, E. et al. Impact of harmful algal blooms on wild and culture animals in the Gulf of California. *Journal of Environmental Biology*, 32(4): 413-423, 2011.
  - NÚÑEZ VÁZQUEZ, E. et al. Toxicidad de los botetes silvestres *Spherooides* spp., y *Lagocephalus* spp., de las costas de Campeche, México. *Memorias del XX Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar*. Los Cabos, B. C. S., del 1 al 5 de octubre de 2013.
  - OKOLODKOV, Y. B. A review of Russian plankton research in the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea in the 1960-1980s. *Hidrobiológica*, 13(3): 207-221, 2003.
  - PAERL, H. et al. Anthropogenic and climatic influences on the eutrophication of large estuarine ecosystems. *Limnology and Oceanography*, 51(1\_part\_2): 448-462, 2006.
  - PINCKNEY, J. et al. Annual cycles of phytoplankton community-structure and bloom dynamics in the Neuse River Estuary, North Carolina. *Marine Biology*, 131(2): 371-381, 1998.
  - POOT DELGADO, C. A. y GUZMÁN NOZ, Y. Composición y abundancia del fitoplancton marino, con énfasis en las especies potencialmente tóxicas y/o nocivas, en la Bahía de Campeche, México. *Memorias del III Congreso Internacional de Investigación*. Parral, Chihuahua, del 13 al 15 de octubre de 2010.
  - POOT DELGADO, C. A. y ROSADO GARCÍA, P. Fitoplancton marino potencialmente nocivo en las aguas costeras de Champotón, Campeche. *Memorias del XX Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar*. Los Cabos, B. C. S., del 1 al 5 de octubre de 2013.
  - POOT DELGADO, C. A. et al. Annual cycle of phytoplankton with emphasis on potentially harmful species in oyster beds of Terminos Lagoon, southeastern Gulf of Mexico. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 50(3): 465-477, 2015a.
  - POOT DELGADO, C. A. et al. Fitoplancton marino potencialmente nocivo en las aguas costeras de Campeche. En A.V. Botello, J. Rendón von Osten, J. A. Benítez y G. Gold Bouchot (Eds.), *Golfo de México. Contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias* (117-132). UAC, UNAM-ICMYL, CINVESTAV-Unidad Mérida, 2014.
  - POOT DELGADO, C. A. et al. Fitoplancton potencialmente nocivo en el muelle La puntilla, Laguna de Términos, sureste del Golfo de México. *BIOCYT Biología, Ciencia y Tecnología*, 8(32): 570-582, 2015b.
  - POOT DELGADO, C. et al. Primer reporte de *Pyrodinium bahamense* var. *bahamense* (Gonyaulacales: Goniodomataceae), dinoflagelado tóxico, en la Bahía de Campeche, México. *Memorias del XVI Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar*. Colima, Colima, México, del 5 al 7 de octubre de 2009.
  - RENDÓN VON OSTEN, J. et al. Florecimientos algales nocivos (FAN): eventos que pueden matar ballenas. *JAINA*, 25(2): 5-10, 2013.
  - SAR, E. A. et al. (Eds.). *Floraciones algales nocivas en el Cono Sur Americano*. Madrid, España: Instituto Español de Oceanografía, 303 pp., 2002.
  - SIVONEN, K. et al. Preliminary characterization of neurotoxic cyanobacterial blooms and strains from Finland. *Toxicity Assessment*, 4, 339-352, 1989.
  - SMAYDA, T. Harmful algal blooms: their ecophysiology and general relevance to phytoplankton blooms in the sea. *Limnology and Oceanography*, 42(5-II): 1137-1153, 1997.
  - SOTO RAMOS, I. et al. Binational collaboration to study Gulf of Mexico's harmful algae. *EOS, Transactions American Geophysical Union*, 93(5): 49-50, 2012.
- De páginas electrónicas**
- IOC-UNESCO (Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO). *Taxonomic reference list of harmful micro algae*. 2002. Recuperado el 30 de septiembre de 2015, de <http://www.marinespecies.org/hab/>