

Descripción morfológica y autoecología de *Thalassiosira cedarkeyensis* (Bacillariophyta: Thalassiosirales), en la laguna de Sontecomapan, Veracruz, México



# Descripción morfológica y autoecología de *Thalassiosira cedarkeyensis* A.K.S.K. Prasad (Bacillariophyta: Thalassiosirales), en la laguna de Sontecomapan, Veracruz, México

## Morphological description and autecology of *Thalassiosira cedarkeyensis* (Bacillariophyta: Thalassiosirales) in Sontecomapan Lagoon, Veracruz, Mexico

José Antolín Aké Castillo

Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana, Calle Hidalgo No. 617,  
Boca del Río, Veracruz, C. P. 94290. Teléfono-Fax: +52 (229) 956 70 70.

Correspondencia: aake@uv.mx

### RESUMEN

*Thalassiosira cedarkeyensis* fue descrita en 1993 en los cayos Cedar Key, Florida, USA como una especie marina de afinidad bentónica. El registro de este taxón en la laguna de Sontecomapan, Veracruz, México, se realizó en un estudio de la comunidad planctónica. Se estudió su dinámica temporal durante un ciclo anual relacionando su densidad celular con algunos parámetros fisicoquímicos de la laguna. *Thalassiosira cedarkeyensis* se distribuyó en toda la laguna, con un crecimiento óptimo en el período más seco del año (abril-junio), alcanzando densidades celulares de 372 cells·ml<sup>-1</sup> en abril. Representó entre el 80%-94% del total de células en la columna de agua y fue la diatomea dominante junto con algunos dinoflagelados. Los análisis de los parámetros fisicoquímicos indicaron que la especie prefiere ambientes con salinidades entre 11 y 26 ups, temperaturas cálidas, altas concentraciones de ortofosfatos, amonio y sustancias húmicas derivadas del sistema de manglar, por lo que *Thalassiosira cedarkeyensis* puede considerarse como una especie bentónica-planctónica de ambientes eutrofizados con preferencia a ambientes salobres.

*Palabras clave:* aguas salobres, Bacillariophyceae, indicador biológico, morfología de la valva, nanoplankton

### ABSTRACT

*Thalassiosira cedarkeyensis* was described in 1993 in Cedar Key, Florida, USA as a marine benthic species. The record of this taxon in Sontecomapan Lagoon, Veracruz, México, was done in a study of plankton community. Its temporal dynamics through an annual cycle was studied relating its abundance to some physical chemistry parameters of the lagoon. *Thalassiosira cedarkeyensis* was distributed in whole the lagoon, with an optimal growth in the driest period (April-June), having cell densities of 372 cells·ml<sup>-1</sup> in April. It represented 80%-94% from the total cells in the water column and it was the dominant diatom along with some dinoflagellates. The physicochemical analyses indicated that the species prefers environments with salinities between 11 and 26 psu, warm temperatures, high concentrations of orthophosphates, ammonia and humic substances derived from mangrove forest, so *Thalassiosira cedarkeyensis* can be considered as a benthic-planktonic species from eutrophic environments, with preference to brackish water environments.

*Keywords:* Bacillariophyceae, biological indicator, brackish water, nanoplankton, valve morphology.

## INTRODUCCIÓN

*Thalassiosira cedarkeyensis* A. K. S. K. Prasad posee todos los caracteres propios del género *Thalassiosira* Cleve, i.e. foramen externo, criba interna, rimopórtulas, fultopórtulas y aún más, procesos ocluidos que pueden estar presentes en algunas especies del género (Hasle & Syvertsen 1997).

La especie se describió primero como una especie marina y bentónica pues se encontró abundantemente sobre la superficie de un arrecife artificial (Prasad *et al.* 1993). Posteriormente, se le registró como una especie abundante en la comunidad planctónica en una laguna costera (Aké-Castillo & Vázquez 2008), y subsecuentemente se le reconoció como una especie planctónica por los mismos autores que describieron a la especie, al encontrarla en la columna de agua en diferentes sitios del norte del Golfo de México y la costa del Atlántico en los Estados Unidos de Norteamérica (Prasad *et al.* 2011). Los registros de la especie se han extendido a Bahía de Guaratuba, Brasil (Lehmkuhl *et al.* 2010) y la costa sur de China (Li *et al.* 2013), no obstante, estos registros aún son pocos en el mundo. Una causa probable de los pocos registros es su pequeño tamaño (menor a 10 µm), lo que hace posible que la especie haya pasado desapercibida o incluso mal identificada en algunos estudios rutinarios de fitoplancton. Así pues, el objetivo de este trabajo es proporcionar la descripción morfológica de *Thalassiosira cedarkeyensis* y relacionar su presencia con características ambientales de la laguna de Sontecomapan, durante un ciclo anual (octubre 2002 a octubre 2003).

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Área de estudio.** La laguna de Sontecomapan se localiza entre los 18°30'–18°34' N y 94°59'–95°04' O y es un sistema tropical rodeado por un bosque de manglar (Aké-Castillo & Vázquez 2008). La máxima profundidad de la laguna es de 1.5 m con una conexión permanente con el mar a través de un canal que alcanza una profundidad de hasta 15 m (Aké-Castillo *et al.* 1995). Las características fisicoquímicas del agua de la laguna varían estacionalmente, con el período seco (abril y mayo) en el que se registran las concentraciones más altas de nutrientes y materia orgánica, derivadas de la descomposición de la hojarasca del manglar. La dinámica hidrológica de la laguna afecta la salinidad la cual puede variar de 0 a 36 ups ya sea estacional o espacialmente. En cuanto al fitoplancton de la laguna, las diatomeas son dominantes la mayor parte del año, mientras que los dinoflagelados dominan

durante los períodos de transición antes (marzo) y después (junio) de la época seca (Aké-Castillo & Vázquez 2008).

**Muestreo y análisis de laboratorio.** Se colectaron muestras de fitoplancton en la superficie y fondo en 10 estaciones de muestreos distribuidas en toda la laguna de Sontecomapan con una botella van dorn. Las muestras se colectaron bimensualmente de octubre del 2002 a octubre del 2003. Se fijaron con unas gotas de acetato-lugol. Las células fitoplanctónicas se contaron siguiendo el método de Utermöhl (Hasle 1978a) usando un microscopio invertido (Leica DMIL) con los objetivos de 40x y 63x. Durante los muestreos, en las mismas estaciones de muestreo se midieron la temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto y se tomaron muestras de agua para análisis de amonio, nitrato, ortofosfato, silicato y sustancias activas al folin-fenol (SAFF) como un indicador de sustancias húmicas (taninos, ácidos fúlvicos, ácido húmicos) derivadas del manglar (Aké-Castillo *et al.* 2006). Todos los análisis químicos se hicieron de acuerdo a los procedimientos señalados en Aké-Castillo & Vazquez (2008).

Para el estudio morfológico, las muestras que contenían a *Thalassiosira cedarkeneyensis* se utilizaron para hacer limpieza de las frústulas siguiendo el procedimiento indicado por Hasle (1978b). Las frústulas limpias se utilizaron para elaborar preparaciones permanentes y para montajes para su observación en un microscopio electrónico de barrido (JEOL-5600).

**Análisis estadísticos.** Para determinar la posible relación entre las densidades celulares de *Thalassiosira cedarkeyensis* y los parámetros ambientales medidos, se utilizó un modelo de ajuste de regresión lineal múltiple (Zar, 1999). Se utilizó este modelo ya que considera a todas las variables para el cálculo del coeficiente de determinación entre la variable de respuesta (densidad celular) y las variables independientes (variables ambientales). Todos los datos fueron transformados utilizando una función logarítmica (log base 2 de x+1). Se utilizó el programa estadístico Statistica versión 7 (Statsoft, 1984-2004).

## RESULTADOS

**Descripción morfológica.** Microscopio de luz: Células solitarias con cloroplastos esféricos o semiesféricos que varían en número de 5 a 10. Frústulas compuestas por valvas gruesas muy silicificadas de forma cilíndrica con la superficie valvar ondulada

(Fig. 1). En vista valvar, el contorno es circular con un diámetro de 9-10  $\mu\text{m}$ . El eje pervalvar es de 5-7  $\mu\text{m}$ . Las areolas se distinguen claramente en valvas limpias en una densidad de 12 a 16 en 10  $\mu\text{m}$  (Figs. 2-3). Existen procesos visibles en el margen de la valva, y la rimopórtula se distingue claramente en cada valva de la frústula por ser la más grande (Fig. 4). El manto de la valva es muy corto y presenta costillas en una densidad de 20-22 in 10  $\mu\text{m}$ .

Microscopio electrónico de barrido: La superficie de la valva es claramente ondulada y con ornamentaciones de procesos de diferentes tipos: rimopórtulas, fultopórtulas y procesos ocluidos. Cada valva presenta una rimopórtula en el margen, un anillo de fultopórtulas marginales, una fultopórtula central y procesos ocluidos en el margen posicionados únicamente en la parte elevada de la valva (Figs. 5, 6). La rimopórtula está posicionada en la parte elevada de la valva, por lo que la rimopórtula de la epivalva queda opuesta a la posición de la rimopórtula de la hipovalva (Fig. 7). El manto es angosto con las fultopórtulas al final de las costillas (Fig. 6). La vista interna muestra una criba con muchas perforaciones (Fig. 3-4). La rimopórtula tiene la estructura típica de labio (Fig. 7) y las fultopórtulas marginales tienen 4 poros satélites mientras que la central tiene 3 (Fig. 8).

**Autoecología.** La presencia de *Thalassiosira cedarkeyensis* en la laguna de Sontecomapan es durante todo el año. Presentó un pico de abundancia en el mes de abril (Fig. 9). En este mes, la especie se registró en todas las estaciones de muestreo y presentó la densidad celular máxima (132-372 células  $\text{ml}^{-1}$ ), lo que representa entre el 80% y 94% del total de células, por lo que se consideró como la especie dominante en la comunidad fitoplanctónica, seguida del dinoflagelado *Prorocentrum cordatum* (Ostenfeld) Dodge (= *P. minimum* (Pavillard) J. Schiller) y *Ceratium furca* var. *hircus* (Schöder) Margalef ex Sournia. Por otra parte, la abundancia de *T. cedarkeyensis* declinó en el mes de junio y espacialmente solo estuvo presente en cinco estaciones, no obstante siguió siendo aún el taxón dominante de la comunidad con el mayor porcentaje de la densidad celular.

El Cuadro 1 muestra los intervalos óptimos donde se registraron las mayores densidades celulares de *T. cedarkeyensis*. La densidad celular de *T. cedarkeyensis* se asoció significativamente con los parámetros fisicoquímicos estudiados ( $R^2= 0.56$ ;  $F_{9,81}$ ;  $p < 0.001$ ). Las mayores densidades celulares se asociaron positivamente con la concentración de amonio y

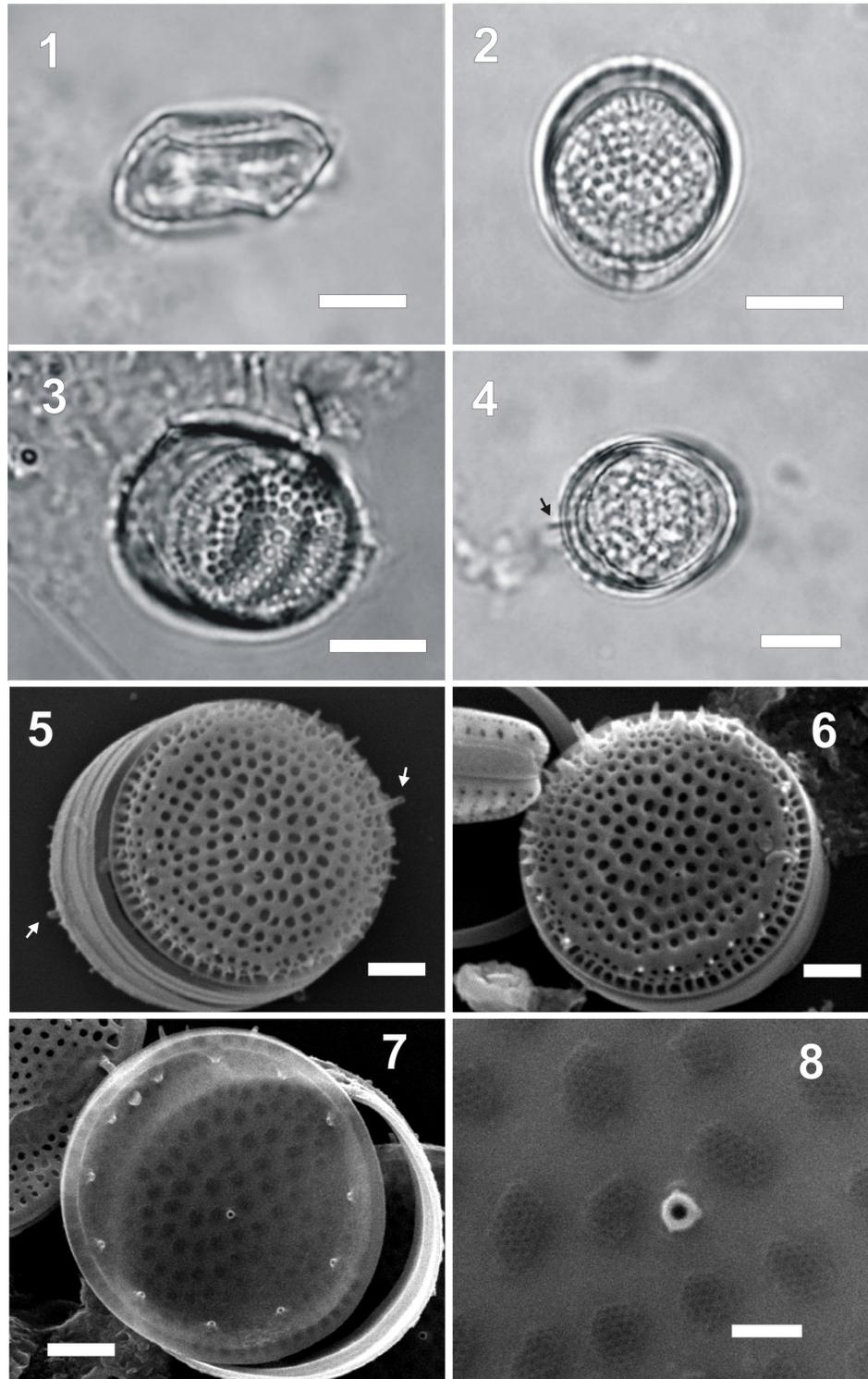
ortofosfatos. La temperatura y los SAFF igualmente tuvieron una influencia significativa (Cuadro 1). Las máximas concentraciones de nutrientes se registraron en abril y junio, y en estos meses los silicatos tuvieron concentraciones más bajas (valor promedio para cada mes cercano a los 200  $\mu\text{M}$ ). En cuanto a la salinidad, la especie se registró comúnmente en valores menores de 30 ups.

En el Cuadro 2, se enlistan las localidades y los intervalos de temperatura y salinidad en donde *Thalassiosira cedarkeyensis* ha sido registrada.

## DISCUSIÓN

*Thalassiosira cedarkeyensis* es una diatomea muy pequeña que en los estudios rutinarios puede confundirse con algunas especies del género *Cyclotella* (Kützing) Brébisson, debido principalmente a la característica de la ondulación de la superficie valvar. Sin embargo, en frústulas limpias (sin cloroplastos), los caracteres típicos del género *Thalassiosira* se pueden observar con relativa facilidad en microscopía de luz. Los caracteres morfológicos de los organismos estudiados de Sontecomapan, corresponden en general a los descritos previamente (Prasad *et al.* 1993, Lehmkuhl *et al.* 2009, Prasad *et al.* 2011, Li *et al.* 2013). El carácter diagnóstico de la especie es la ondulación de la superficie valvar con los procesos ocluidos y la rimopórtula restringidos a la parte elevada de la valva. Las descripciones del detalle de la valva de nuestros ejemplares confirman las observaciones previas, con la excepción de que los especímenes de Sontecomapan poseen 3 poros satélites en la fultopórtula central, mientras que otros autores han reportado 4 poros (Prasad *et al.* 1993, 2011). Esta nueva observación muestra la variación de tal carácter como se ha registrado en otras especies del género *Thalassiosira* (Hasle & Fryxell 1977). Otra diferencia importante es la organización celular, ya que Prasad *et al.* (2011) reportaron células formando cadenas a través de filamentos quitinosos uniendo a las células. En Sontecomapan solo se registraron células solitarias.

La concentración de nutrientes cuando *Thalassiosira cedarkeyensis* estuvo en mayor densidad celular parece indicar que el amonio y el ortofosfato promueven su crecimiento, y esto sucede en la época seca (abril-mayo). La concentración de silicatos disminuye en el periodo seco y las diatomeas que previamente habían dominado desaparecen (Aké-Castillo & Vázquez 2008). Aun cuando los silicatos parecen



**Figuras. 1-8.** *Thalassiosira cedarkeyensis*. **Figs. 1-4.** Frústulas limpias vistas con microscopía de luz. **1.** Vista cingular. **2.** Vista valvar mostrando el arreglo radial de las areolas. **3.** Frústula mostrando el manto y el cingulo. **4.** Frústula mostrando una rimopórtula (flecha). **Figs. 5-8.** Frústulas limpias vistas con microscopía electrónica de barrido. **5.** Frústula completa con una rimopórtula en cada valva (flechas). **6.** Vista valvar. **7.** Vista interna de la valva, nótese el proceso labiado típico. **Fig. 8.** Detalle de la fultopórtula central. **Figs. 1-4.** Escala de la barra 5  $\mu\text{m}$ . **Figs. 5-7.** Escala de la barra 2  $\mu\text{m}$ , **Fig. 8.** Escala de la barra 0.5  $\mu\text{m}$ .

**Cuadro 1.** Intervalos de parámetros fisicoquímicos en donde *Thalassiosira cedarkeyensis* estuvo presente

Parámetros	<i>T. cedarkeyensis</i> , intervalo: 2-372 cels· ml <sup>-1</sup>	β estimada del modelo de regresión múltiple	<i>T. cedarkeyensis</i> , mayores densidades celulares: >130 cels· ml <sup>-1</sup>
N-NH <sub>4</sub> (μM)	2.28-146.69	0.254733	14.28-100
N- NO <sub>3</sub> (μM)	0-14.14	NS	0.29-8.57
P-PO <sub>4</sub> (μM)	0.17-4.51	0.292721	1.29-4.52
Si-SiO <sub>4</sub> (μM)	0-485.39	NS	71.43-214.29
FPAS (mg/L)	0-0.22	0.379388	0.06-0.22
Salinidad (ups)	0-36.2	NS	11-26
Temperatura (°C)	26.8-33.6	0.505699	29-33
Oxígeno (mg/l)	3.0-11.8	NS	3-8
pH	6.7-8.2	NS	6.7-7.5

NS: valor de β no significativo  $p > 0.05$  del modelo de regresión lineal múltiple con densidad celular como variable de respuesta.

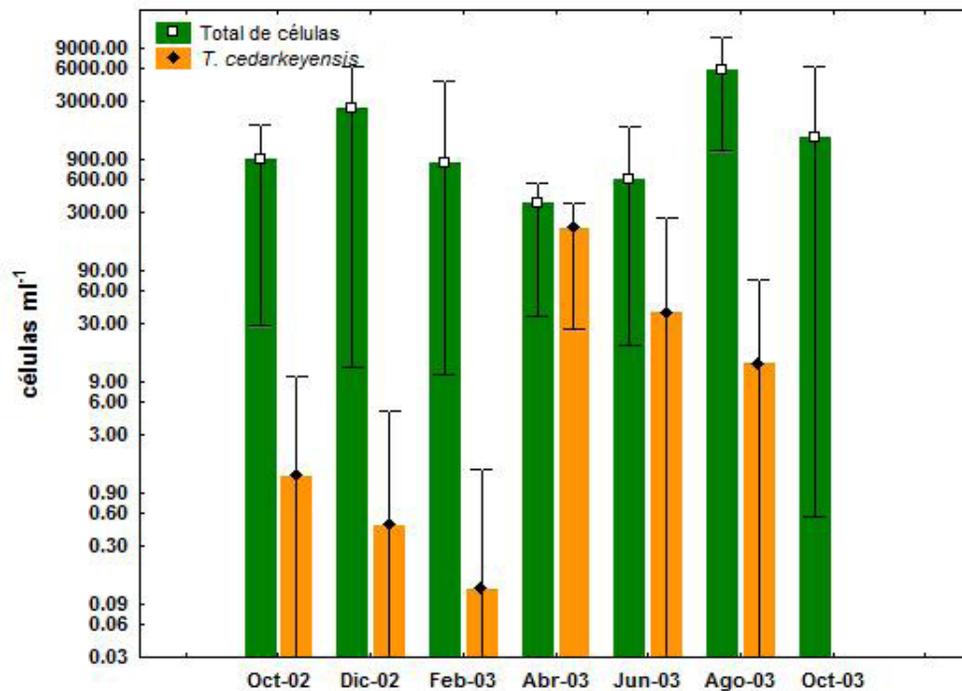
ser no limitantes en la región (Ramos-Escobedo & Vázquez 2001), la comunidad de diatomeas parece responder a pulsos de entrada de los nutrientes al sistema lagunar. *Thalassiosira cedarkeyensis* parece ser más eficiente compitiendo con los dinoflagelados que con otras diatomeas durante el período seco. Además de la alta concentración de nutrientes (amonio y ortofosfato), la materia orgánica proveniente del sistema de manglar juega un papel importante en la estructuración de la comunidad fitoplanctónica (Aké-Castillo & Vázquez 2008). *Thalassiosira cedarkeyensis*, junto con algunos dinoflagelados, es la única diatomea

planctónica que en Sontecomapan muestra una relación positiva a las altas concentraciones de taninos provenientes del manglar.

En general, los registros de *T. cedarkeyensis* han sido en ambientes costeros semi-cerrados. No obstante que se describió como una especie de hábitos bentónicos, posteriormente se consideró parte de la comunidad planctónica en ambientes someros. En la laguna de Sontecomapan, en el ciclo estudiado, *T. cedarkeyensis* estuvo siempre presente con un pico de abundancia y fue la especie dominante en el período seco. La dominancia de nano-diatomeas en sistemas estuarinos parece ser común, ya que

**Cuadro 2.** Intervalos de temperatura y salinidad en donde *T. cedarkeyensis* ha sido registrada.

Localidad	Latitud y Longitud	Temperatura °C	Salinidad ups	Hábitat	Referencia
Cedar Key, Bahía Apalachee, Florida, EUA	29° 08' N, 83° 08' O	12.3-30.8	18.5-37	bentónico	Prasad <i>et al.</i> (1993)
Bahía Guaratuba, Brasil	25° 49' - 25° 51' S, 48° 34' - 48° 38' O	13.0-25.0	0.2-36.0	planctónico	Lehmkuhl <i>et al.</i> (2009)
Bahía Apalachee, Estuarios de Encofina y Fenholloway, EUA	30° 02' N, 83° 55' O	25.0-28.7	14.1-33.1	planctónico	Prasad <i>et al.</i> (2011)
Costa de Guandong, Mar del Sur de China	20° 12'-25° 31' N, 109° 45'-117° 20' E	Dato no disponible	Dato no disponible	planctónico	Li <i>et al.</i> (2013)
Laguna de Sontecomapan, México	18° 30'-18° 34' N, 94° 59'-95° 04' O	26.8-33.6	0-36.2	planctónico	Este estudio



**Figura 9.** Variación de la densidad celular de *Thalassiosira cedarkeyensis* en la laguna de Sontecomapan, Veracruz, México. Se grafican los valores promedio y el largo de los bigotes representan los valores mínimos y máximos. La escala "Y" es logarítmica para una mejor representación de valores.

pequeñas diatomeas y dinoflagelados causan florecimientos en este tipo de ecosistemas. *T. cedarkeyensis* ha sido reportada formando florecimientos (Prasad *et al.* 2011), lo cual indica que es un componente importante en la comunidad fitoplanctónica. Asimismo, diferentes especies de *Thalassiosira* y el dinoflagelado *Prorocentrum minimum* han sido registradas en un sistema parecido en España (Trigueros & Orive 2000). No obstante que el dinoflagelado *Ceratium furca* var. *hircus* había sido registrado previamente en la laguna de Sontecomapan causando florecimientos en el periodo seco (Guerra-Martínez & Lara-Villa 1996), durante el ciclo anual estudiado en este trabajo (2002-2003) tal dinoflagelado fue desplazado por *T. cedarkeyensis*. La dominancia de *T. cedarkeyensis* en lugar de *Ceratium furca* var. *hircus* puede ser el resultado de un efecto a largo plazo en el cambio de las condiciones ambientales, tal y como se ha demostrado en comunidades fitoplanctónicas estuarinas (Rothenberger *et al.* 2009).

Con base en nuestros resultados y los registros previos, *Thalassiosira cedarkeyensis* puede entonces caracterizarse como una especie bentónica-plancónica, con afinidades a ambientes marinos y salobres por lo que su presencia puede ser común

en ambientes estuarinos (incluyendo lagunas costeras) en zonas tropicales y templadas. Dada su afinidad a altas concentraciones de nutrientes (*i.e.* compuestos fosfatados y nitrogenados) y material orgánico, dicha especie puede considerarse como un indicador de condiciones eutróficas.

#### AGRADECIMIENTOS.

Ricardo Madrigal, Javier Tolome y Olivia Hernández ayudaron en el trabajo de campo. Gabriela Vázquez dio financiamiento a través de los proyectos 902-17 and 902-11-280 en INECOL A. C. y CONACYT (32732-T). Ariadna Martínez ayudó con los análisis químicos de agua y Tiburcio Lázé asistió las sesiones de microscopía electrónica en INECOL, A. C. Xalapa.

#### REFERENCIAS

- Aké-Castillo, J.A., M.E. Meave, & D.U. Hernández-Becerril. 1995. Morphology and distribution of species of the diatom genus *Skeletonema* in a tropical coastal lagoon. *European Journal of Phycology* 30: 107-115.
- Aké-Castillo, J.A., G. Vázquez & J. López-Portillo. 2006. Litterfall and decomposition of *Rhizophora mangle* L. in a coastal lagoon in the southern Gulf of Mexico. *Hydrobiologia* 559: 101-111.

- Aké-Castillo J.A. & G. Vázquez. 2008. Phytoplankton variation over a year and its relation to nutrients and allochthonous organic matter in Sontecomapan, a tropical coastal lagoon on the Gulf of Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 78: 705-714.
- Guerra-Martínez, S.L. & M.A. Lara-Villa. 1996. "Florecimiento" de *Ceratium furca* (Peridinales: Ceratiaceae) en un ambiente salobre: Laguna de Sontecomapan, México. *Revista de Biología Tropical* 44: 23-30.
- Hasle, G.R. & G.A. Fryxell. 1977. The genus *Thalassiosira*. Some species with a linear array. *Nova Hedwigia, Beihefte* 54: 15-66.
- Hasle, G.R. 1978a. The inverted-microscope method. In Sournia, A. (Ed.). *Phytoplankton Manual*. UNESCO, Paris: 88-96.
- Hasle, G.R., 1978b. Diatoms. In Sournia, A. (Ed.). *Phytoplankton Manual*. UNESCO, Paris: 136-142.
- Hasle, G.R. & E.E. Syvertsen. 1997. Marine diatoms. In Tomas, C. (Ed.). *Identifying marine diatoms and dinoflagellates*. Academic Press, San Diego: 5-385.
- Lehmkuhl, E.A.; P.I. Tremarin; H. Moreira-Filho & T.A.V. Ludwig. 2010. Thalassiosirales (Diatomeae) from Guaratuba bay, Paraná state, Brazil. *Biota Neotropica* 10: 313-324.
- Li, Y.; Q. Zhao & S. Lü. 2013. The genus *Thalassiosira* of the Guangdong coast, South China Sea. *Botanica Marina* 56: 83-110
- Prasad, A.K.S.K.; G.A. Fryxell, & R.J. Livingston. 1993. The genus *Thalassiosira* (Bacillariophyta): *T. cedarkeyensis*, a new marine benthic diatom from the Florida coast of the Gulf of Mexico. *Phycologia* 32: 204-212.
- Prasad, A.K.S.K.; J.A. Nienow & P. Hargraves. 2011. Plicate species of the diatom Genus *Thalassiosira* (Bacillariophyta) from the Atlantic and Gulf Coasts of Southeastern United States, with the description of *T. livingstoniorum* sp. nov. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 161:1-34
- Ramos-Escobedo, M.G. & G. Vázquez. 2001. Major ions, nutrients and primary productivity in volcanic neotropical streams training rainforest and pasture catchments at Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. *Hydrobiologia* 445: 67-76.
- Rothemberger, M.B.; J.M. Burkholder & T.R. Wentworth. 2009. Use of long-term data and multivariate ordination techniques to identify environmental factors governing estuarine phytoplankton species dynamics. *Limnology & Oceanography* 54: 2107-2127
- StatSoft, Inc. 2004. STATISTICA (Data Analysis Software System), ver. 7.0. <http://www.statsoft.com>.
- Trigueros, J.M. & E. Orive. 2000. Tidally driven distribution of phytoplankton blooms in a shallow, macrotidal estuary. *Journal of Plankton Research* 22: 969-986
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, Inc, USA, 662 pp.

Recibido: 4 de marzo de 2015

Revisado: 27 de marzo de 2015

Corregido: 8 de abril de 2015

Aceptado: 10 de abril de 2015

Revisor: Francisco Omar López Fuerte

## CRÉDITOS A LAS FOTOS DE LA PORTADA

*Cymbella mexicana* (Ehrenberg) Cleve. Cantera Oriente, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, CU, UNAM. México, D.F. Fotos de E. Novelo