

# Nueve nuevos registros de diatomeas bentónicas de los géneros *Climaconeis*, *Cocconeis*, *Licmophora*, *Talaroneis*, *Oestrupia*, *Petroneis* y *Synedrosphenia* en la costa norte de la Península de Yucatán, México

## Nine new records of benthic diatoms of the genera *Climaconeis*, *Cocconeis*, *Licmophora*, *Talaroneis*, *Oestrupia*, *Petroneis* and *Synedrosphenia* from the northern coast of the Yucatan Peninsula, Mexico

Oscar U. Hernández-Almeida, Jorge A. Herrera-Silveira  
y Fany Merino-Virgilio

Laboratorio de Producción Primaria CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida, Carretera Antigua  
a Progreso km 6, Mérida, Yucatán, 97310. México  
e-mail: ubisha78@hotmail.com

---

Hernández-Almeida O. U., J. A. Herrera-Silveira y F. Merino-Virgilio. 2013. Nueve nuevos registros de diatomeas bentónicas de los géneros *Climaconeis*, *Cocconeis*, *Licmophora*, *Talaroneis*, *Oestrupia*, *Petroneis* y *Synedrosphenia* en la costa norte de la Península de Yucatán, México. *Hidrobiología* 23 (2): 154-168.

### RESUMEN

En México la florística y ecología de las diatomeas bentónicas marinas han sido escasamente estudiadas. Para la Península de Yucatán prácticamente no existen trabajos que aborden dichos tópicos. El objetivo de este estudio es dar a conocer nuevos registros de diatomeas bentónicas y su distribución en la costa norte de la Península de Yucatán, proporcionando sus descripciones con base en observaciones de microscopía óptica y electrónica. Para ello, se revisaron muestras de fitoplancton costero obtenidas en diez localidades, así como de diatomeas epífitas sobre *Thalassia testudinum* en Dzilam de Bravo. Con excepción de *Synedrosphenia cuneata* y *Cocconeis maxima*, que solo aparecieron sobre *T. testudinum*, las especies se encontraron tanto sobre *T. testudinum* como en la columna de agua. Esto sugiere que ocurren procesos de resuspensión de diatomeas bentónicas en el área. La especie con mayor abundancia fue *Climaconeis aff. coxii*. La cantidad de nuevos registros en este trabajo a partir de un reducido número de muestras, enfatiza la necesidad de continuar e intensificar el estudio de las diatomeas bentónicas de la Península de Yucatán.

**Palabras clave:** Diatomeas bentónicas, fitoplancton costero, microfitorobentos, nuevos registros, taxonomía.

### ABSTRACT

The ecology and floristics of the marine benthic diatoms are barely studied in Mexico. For the Yucatán Peninsula, there are practically no studies dealing with these topics. The objective of this study is to present new records of benthic diatoms and their distribution in the northern coast of the Yucatán Peninsula; descriptions based on light and electron microscopy are also provided. In order to achieve this, we examined phytoplankton samples from various localities and from *Thalassia testudinum* blades on Dzilam de Bravo. With the exception of *Synedrosphenia cuneata* and *Cocconeis maxima* the remainder species were found both on phytoplankton and *T. testudinum* samples, thus suggesting that re-suspension processes of benthic diatoms are occurring in the area. The most abundant species was *Climaconeis*

*aff. coxii*. The number of new records from a few samples emphasizes the need to continue and intensify the study of benthic diatoms in the Yucatán Península.

**Key words:** Benthic diatoms, coastal phytoplankton, microphytobenthos, new records, taxonomy.

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el estudio de las diatomeas bentónicas marinas ha sido limitado, debido principalmente a las dificultades inherentes a la identificación de las especies. Sin embargo, este grupo de microalgas es uno de los más conspicuos, abundantes (Hernández-Almeida & Siqueiros-Beltrones, 2008) y productivos (Booth, 1986; MacIntyre *et al.*, 1996) del microfítobentos marino. La contribución de las diatomeas bentónicas a la biomasa de la columna de agua (vía resuspensión) puede llegar a ser hasta seis órdenes de magnitud mayor que la del fitoplancton (de Jonge & van Beusekom, 1995), mientras que la clorofila-*a* del microfítobentos (principalmente diatomeas) puede llegar a representar entre 50% y 60% del total (de Jonge & van Beusekom, 1992).

Por otra parte, las diatomeas bentónicas también juegan un importante papel en la dinámica biogeomorfológica de los fondos marinos mediante la producción de polímeros extracelulares que estabilizan los sedimentos (Blanchard *et al.*, 2000; de Brouwer *et al.*, 2000; Stal, 2010), evitando la erosión de las lagunas costeras y estuarios. Esta característica de las diatomeas también juega un importante papel en los ciclos biogeoquímicos, ya que forman complejas biopelículas que constituyen sustratos idóneos para distintos tipos de organismos y para interacciones en las cuales se lleva a cabo el consumo y remineralización del nitrógeno (Hochard *et al.*, 2010), fósforo y oxígeno (Sundbäck & Graneli, 1988;

Sundbäck & Jönsson, 1988). Finalmente, las diatomeas bentónicas son el alimento principal de una gran cantidad de organismos; recientemente se ha demostrado que su contribución a la dieta de formas suspensívoras y pastoreadoras es mayor que la que aportan los pastos marinos (Lebreton *et al.*, 2011).

A pesar de su importancia, el estudio florístico y ecológico de las diatomeas bentónicas marinas en México es aún escaso y la mayor parte de los esfuerzos se han realizado en el área de la Península de Baja California (Siqueiros-Beltrones *et al.*, 1985; Siqueiros-Beltrones, 2002; Siqueiros-Beltrones *et al.*, 2004; López-Fuerte & Siqueiros-Beltrones, 2006; Siqueiros-Beltrones & López-Fuerte, 2006; Siqueiros-Beltrones & Hernández-Almeida, 2006). En la Península de Yucatán y el Caribe Mexicano, no existen estudios que aborden de manera particular a las diatomeas bentónicas; para el Golfo de México solo se cuenta con el estudio de Stidolph *et al.* (2012). Sin embargo, hay trabajos que reportan diatomeas bentónicas como parte del fitoplancton; entre ellos se encuentra el de Troccoli-Ghinaglia *et al.* (2004) para la Península de Yucatán, la revisión de Kravesky *et al.* (2009) para el Golfo de México y finalmente la contribución de Navarro y Hernández-Becerril (1997) para el mar Caribe. El objetivo de este estudio es dar a conocer nuevos registros de diatomeas bentónicas y su distribución en la costa norte de la Península de Yucatán, proporcionando sus descripciones con base en observaciones de microscopía óptica y electrónica.

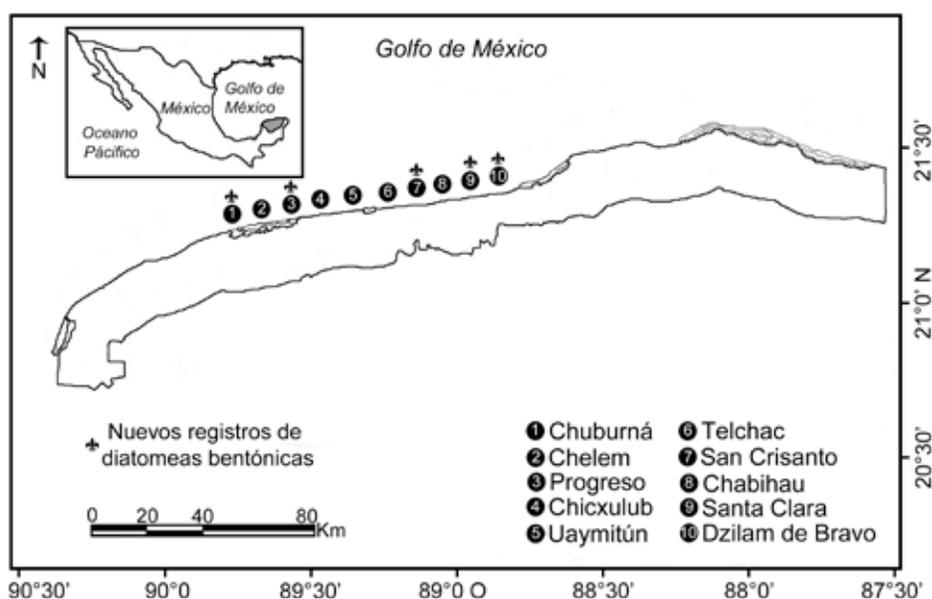


Figura 1. Mapa de la costa norte de la Península de Yucatán y ubicación de las 10 localidades de colecta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El área de estudio comprendió diez localidades costeras (dársenas y playas) ubicadas entre puerto Progreso y Dzilam de Bravo, Yucatán (Fig. 1). En esta zona hay tres temporadas climáticas bien definidas: secas (marzo-mayo), lluvias (junio-octubre) y “nortes” (noviembre-febrero); su régimen de marea es semidiurno con un intervalo de entre 0.4 y 0.8 m (Capurro, 2002). Hay tres fuentes principales de nutrientes en la zona: 1) descargas de ríos subterráneos, cuyas aguas tienen baja salinidad y altas concentraciones de nitratos y silicatos (Troccoli-Ghinaglia et al., 2004), 2) la surgencia costera de Cabo Catoche (Merino, 1997) y 3) la Corriente de Yucatán (Enríquez et al., 2010). Estos dos últimos fenómenos tienen como consecuencia el transporte de grandes volúmenes de agua con su contenido biológico propio, lo cual es un mecanismo efectivo de dispersión de fenómenos como los florecimientos algales (Enríquez et al., 2010).

La recolección de muestras se realizó mensualmente entre enero y diciembre de 2011; sin embargo, entre mayo y junio (época de florecimientos algales) los muestreos se realizaron quincenalmente. En la Tabla 1 se pueden observar las localidades y muestras en las cuales se observaron los nuevos registros. Para

la identificación y cuantificación de la comunidad fitoplanctónica costera se extrajeron 250 ml de agua marina que se fijaron con lugol. El análisis cuantitativo de la comunidad se realizó de acuerdo con el método Utermöhl en un microscopio invertido Carl Zeiss Axiovert A1. Fue durante este análisis donde se observaron por primera vez especímenes de *Climaconeis* sp. y *Licmophora* sp. 1, sin embargo, debido a que los especímenes tenían una gran cantidad de materia orgánica, no fue posible su identificación a nivel específico. Cabe señalar que *Licmophora* sp. 1 (con morfología similar a la de *L. normaniana* (Greville) Wahrer in Wahrer, Fryxell et Cox) se ha observado frecuentemente en las muestras de fitoplancton costero, sin embargo, hasta el momento no se había realizado un esfuerzo por determinarla a nivel específico. Debido a que en la literatura se señala que tanto *Climaconeis* spp. como *Licmophora* spp., son organismos principalmente epifitos, se revisaron muestras del pasto marino *Thalassia testudinum* Banks ex König. Para obtener las muestras de diatomeas, se realizó un raspado de diez haces de *T. testudinum*, con un portaobjetos, el producto de los raspados fue concentrado en tubos de ensayo de 50 ml.

Tanto las muestras de fitoplancton como las de los pastos marinos fueron procesadas de acuerdo a la técnica de limpieza de frústulas de diatomeas propuesta por Siqueiros-Beltrones

Tabla 1. Lista de localidades y muestras de las cuales provienen los nuevos registros de diatomeas bentónicas. (Mon.) muestras que forman parte del monitoreo de la costa norte de la Península de Yucatán (T. test), muestras de *Thalassia testudinum*.

Proyecto	Tipo muestra	Etiqueta	Localidad	Mes/año	Especie
Mon	Fito	6	Chicxulub 1	Ene/2012	<i>Cocconeis caribensis</i> Romero et Navarro
Mon	Fito	16	Dzilam de Bravo 1	Ags/2011	
T.test	Epifita		Dzilam de Bravo 1	Ags/ 2011	
Mon	Fito	6	Chicxulub 1	Ene/2012	<i>Cocconeis krammeri</i> Lange-Bertalot et Metzeltin
T.test	Epifita		Dzilam de Bravo	Ags/ 2011	
T.test	Epifita		Dzilam de Bravo	Ags/ 2011	<i>Cocconeis maxima</i> (Grunow) Peragallo et Peragallo
T.test	Fito	16	Dzilam de Bravo 1	Ags/2011	<i>Climaconeis coxii</i> Reid et Williams
T.test	Epifita		Dzilam de Bravo	Ags/ 2011	
Mon	Fito	1	Chuburná	Jul, Sept/2011	<i>Licmophora normaniana</i> (Greville) Wahrer
Mon	Fito	12	Chabihau 1	May, Ags/2011	
Mon	Fito	13	Chabihau 2	May, Jun, Sept/2011	
Mon	Fito	14	San Crisanto	Sept, Oct/2011	
Mon	Fito	16	Dzilam de Bravo 1	May, Ags/2011	
T.test	Epifita		Dzilam de Bravo	Ags/ 2011	
Mon	Fito	6	Chicxulub 1	Ene/2012	<i>Petroneis plagiostoma</i> (Grunow) Mann
T.test	Epifita		Dzilam de Bravo	Ags/ 2011	<i>Synedrosphenia cuneata</i> (Grunow) Peragallo
Mon	Fito	6	Chicxulub 1	Ene/2012	<i>Destrupia powellii</i> (Lewis) Heiden
Mon	Fito	16	Dzilam de Bravo 1	Ags/2011	<i>Talaroneis furcigera</i> (Grunow) Sterrenburg
T.test	Epifita		Dzilam de Bravo	Ags/ 2011	

y Voltolina (2000), la cual consiste en la oxidación de la materia orgánica con ácido nítrico y alcohol comercial. Una vez oxidada la muestra se le hicieron recambios de agua destilada hasta tener un pH mínimo de 6. Se obtuvieron submuestras para hacer preparaciones permanentes con una resina con alto índice de refracción (Pleurax), mientras que otra parte de la muestra fue utilizada para hacer observaciones en el microscopio electrónico de barrido (MEB). Las preparaciones para microscopía electrónica se montaron en un portaobjetos de 2.5 × 2.5 cm, cuya superficie fue recubierta con una película de oro-paladio en una evaporadora de alto vacío (sputter/coater Polaron SC7640) con el fin de hacerla conductora. Posteriormente, se añadió un mililitro de muestra que se dejó secar por 24 horas. Finalmente, el portaobjetos con la muestra seca se recubrió con oro-paladio durante 2 minutos.

Se utilizó un microscopio confocal invertido Carl Zeiss 500 Meta para realizar observaciones, fotografías y conteos con los objetivos de 10x, 40x, 60x y 100x; las fotografías fueron tomadas en 100x excepto cuando se especifica otra magnificación. Para tener un estimado de las proporciones de las especies sobre los pastos marinos, se realizó un conteo de 1000 valvas y a partir de ello se realizó el cálculo de las abundancias relativas.

Por otra parte, se usó un microscopio electrónico de emisión de campo Jeol JSM-7600F, que se operó utilizando el detector externo a 5 kv con inclinaciones de 0-45°. Esta configuración fue la que mejor resolución dio, por lo cual se utilizó para obtener las imágenes presentadas en este estudio.

La identificación y determinación de las diatomeas se hizo con base en los trabajos de Grunow y Kitton (1877), Hustedt (1955, 1959, 1961-1966), López-Fuerte *et al.* (2010), Navarro *et al.* (1989), Round *et al.* (1990), Romero y Navarro (1999), Peragallo y Peragallo (1897-1908), Prasad *et al.* (2000), Reid y Williams (2002), Schmidt *et al.* (1874-1959), Siqueiros-Beltrones (2002), de Stefano *et al.* (2000) y Witkowski *et al.* (2000).

## RESULTADOS

Durante la revisión de las seis muestras de fitoplancton y de la muestra completa de *Thalassia testudinum*, se observaron nueve especies que constituyen nuevos registros para las costas de la Península de Yucatán; adicionalmente, cinco de ellas representan nuevos registros para México. Con excepción de *Climaconeis aff. coxii* Reid et Williams, el resto de las especies se reportan como comunes en las zonas costeras del mar Caribe.

Es importante señalar que con excepción de las especies de mayor tamaño *i.e.*, *Climaconeis aff. coxii* y *Licmophora normania* y aquellas que solo se presentaron como epífitas de *Thalassia testudinum i.e.*, *Synedrosphenia cuneata* (Grunow) Peragallo y *Cocconeis maxima* (Grunow) Peragallo et Peragallo, el resto no habían sido registradas como parte del fitoplancton costero de la Península de Yucatán.

### Nuevos registros para aguas mexicanas

#### *Cocconeis caribensis* Romero et Navarro

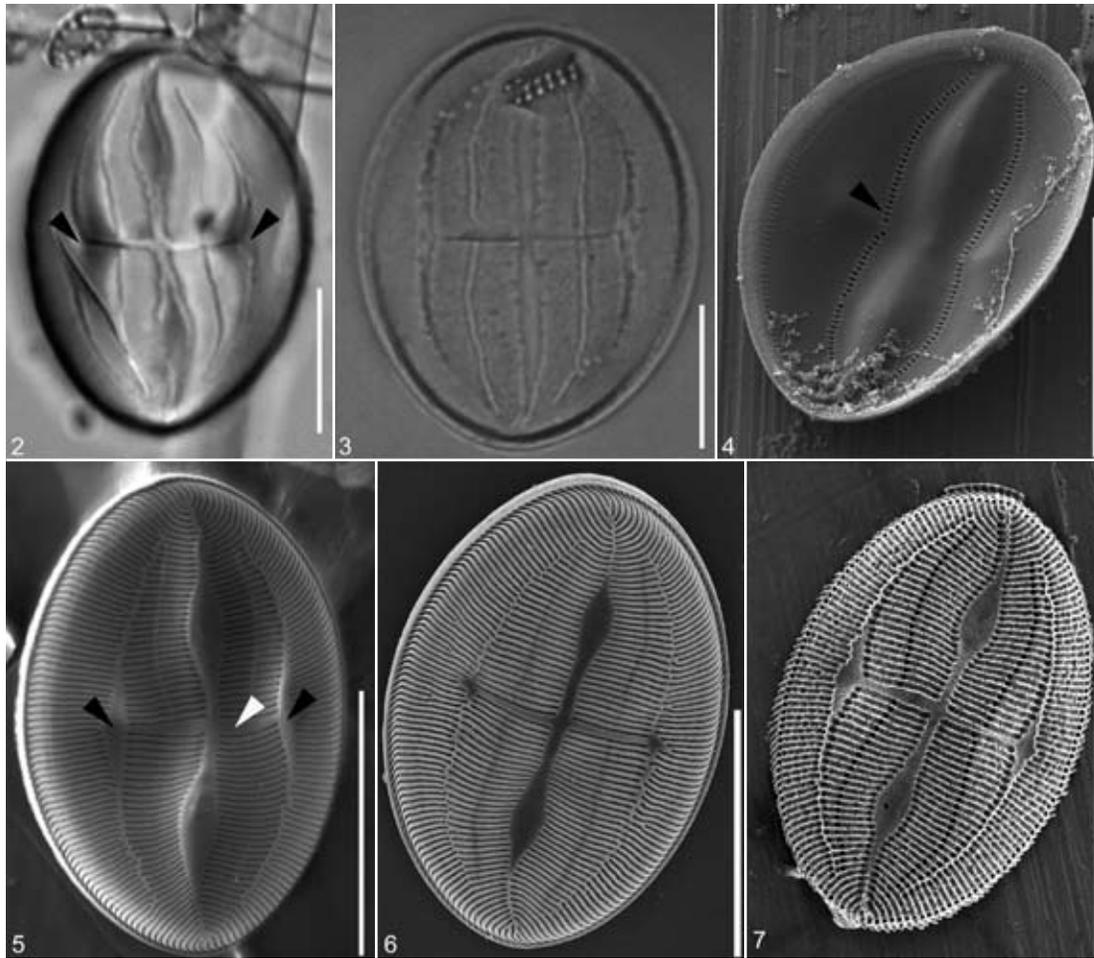
Sinonimia. *Cocconeis paniformis* Brun in Montgomery et Miller

**Descripción.** Longitud del eje apical de las valvas: 18-30 µm; y del transapical: 12-24 µm. Valva sin rafe convexa, con áreas longitudinales cóncavas (Fig. 2, 5). Esternón sigmoide y oblicuo al eje apical con la porción recta constituida por dos áreas lanceoladas, fuertemente deprimidas, separadas por un área hialina (Fig. 2, 3, 5, 6). Presenta dos áreas hialinas submarginales deprimidas y cuneadas, localizadas a la mitad, entre el esternón y el margen de la valva (Fig. 2, 5-7, flechas). El área hialina transversal, que conecta las áreas hialinas submarginales con el esternón fue más amplia en el área cercana al esternón (Fig. 5, punta de flechas). Areolas transapicalmente alargadas, con perforaciones internas interrumpidas longitudinalmente por las áreas hialinas submarginales (Fig. 4, flechas). De acuerdo con Romero y Navarro (1999) los organismos de esta especie presentan entre 28-34 areolas en 10 µm, sin embargo los especímenes estudiados (8) tuvieron 37 areolas en 10 µm.

**Distribución.** El hallazgo de esta especie en el área de estudio constituye el primer registro para México y la primera observación se realizó en muestras de fitoplancton procedentes de Chicxulub, con una abundancia de 100 céls. l<sup>-1</sup>. Posteriormente se registró en Dzilam de Bravo, como epífitas de *Thalassia testudinum* con abundancia igualmente baja (0.54%). La especie fue descrita originalmente como epífitas de mangles en la Parguera, Puerto Rico y de algas en Three Stone Point, Jamaica (Romero & Navarro, 1999). Hasta el momento eran las dos únicas localidades en el mundo en donde se había registrado; sin embargo, Grunow y Kitton (1877) reportaron en Honduras a *Schizostauron lindigii* Grunow cuya descripción es similar a la presentada por Romero y Navarro (1999), lo que hace necesario revisar la autoridad y la localidad tipo de esta especie.

#### *Cocconeis krammeri* Lange-Bertalot et Metzeltin

**Descripción.** Valvas elípticas; longitud del eje apical: 20-36 µm y del transapical: 10-20 µm. La cara externa de la valva sin rafe presentó un esternón sigmoideo (Fig. 8-9, 11-12). Estrías transapicalmente alargadas, con una densidad de 25-34 en 10 µm, arregladas en cuatro sectores longitudinales, interrumpidos por igual número de áreas hialinas longitudinales (Fig. 9, 11), sin embargo, en las imágenes de microscopía óptica, solo fue posible detectar entre dos y tres áreas hialinas longitudinales (Fig. 8). Areolas poroides y perforadas en la porción media de la estría (flechas) a lo largo de toda la valva (Fig. 10, 11). La cara interna de la valva sin rafe mostró el esternón sigmoideo y siete líneas radiales de perforaciones, la última de ellas asociada al manto de la valva (Fig. 12). La valva del rafe presenta un rafe sigmoideo y areolas poroides con una densidad de 29 en 10 µm (Fig. 13).



Figuras 2-7. *Cocconeis caribensis*. Figs. 2-3 microscopia de luz (ML). Figs. 4-7 microscopia electrónica de barrido (MEB). Fig. 4. Cara interna de la valva sin rafe. Figs. 5-7. Cara externa de la valva sin rafe. Fig. 7. Valva posiblemente degradada que presenta variaciones respecto a la descripción original. Escala= 10  $\mu\text{m}$ .

**Distribución.** Este es el primer registro de esta especie para México y se encontró como parte del fitoplancton en las muestras procedentes de Chicxulub en una densidad de 50 céls.  $\text{l}^{-1}$ , posteriormente se observó como epífita de *Thalassia testudinum* en Dzilam de Bravo, con abundancia igualmente baja de 0.35% del total. De acuerdo con Witkowski *et al.* (2000) esta especie es común en las costas del Caribe, sur de África, Yemen y Nueva Caledonia. En Kuwait ha sido reportada como parte de la flora epifítica (Al-yamani & Saburova, 2011).

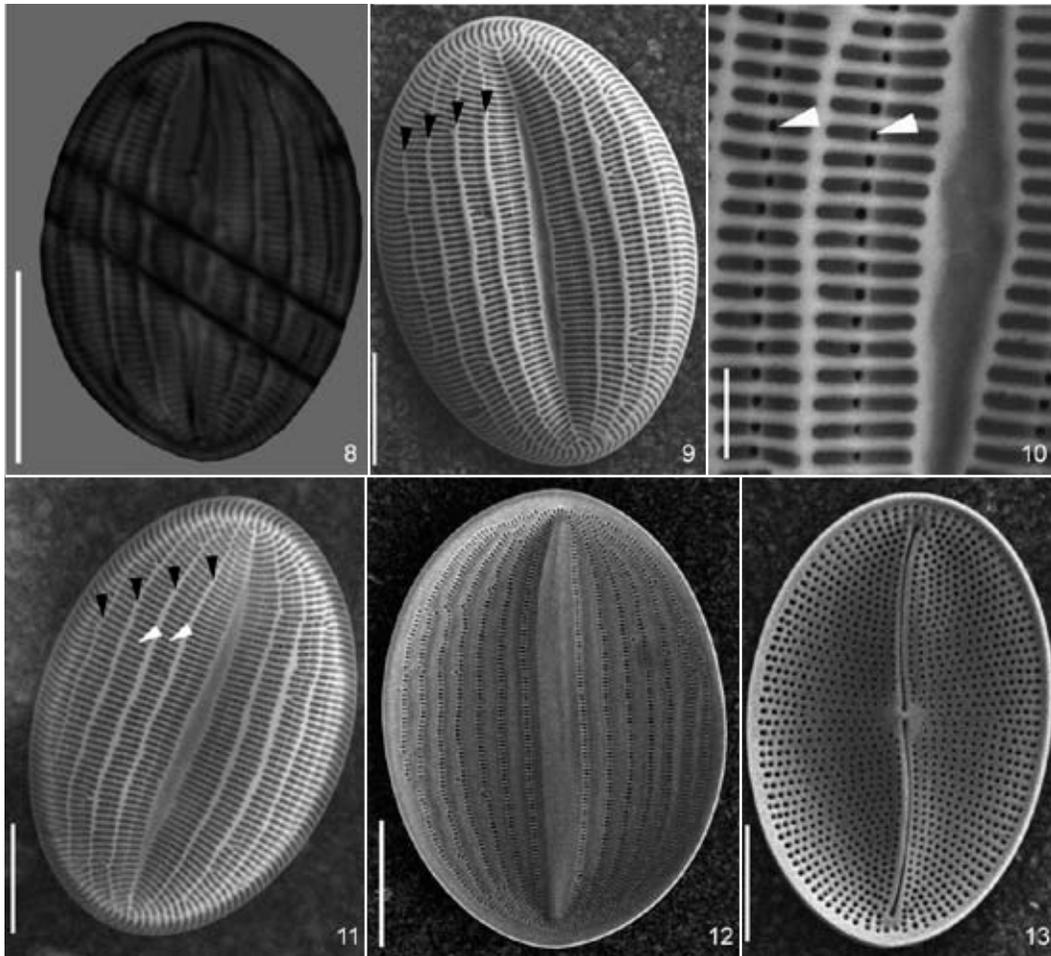
#### ***Cocconeis maxima* (Grunow) Peragallo *et Peragallo***

**Basionimo:** *Mastogloia maxima* Grunow Sinónimo: *Orthoneis maxima* (Grunow) H. Peragallo, *Orthoneis maxima* (Grunow) Grunow, *Cocconeis scutellum* var. *maxima* (Grunow) Cleve.

**Descripción.** Valvas sin rafe con la cara valvar concava, fuertemente convexas en el manto; con un área axial lanceolada (Fig. 14, 17-18). Longitud del eje apical de: 50.6-66.7  $\mu\text{m}$  ( $\bar{x}$  = 58.05  $\pm$

4.73) y eje transapical: 30.3-40  $\mu\text{m}$  ( $\bar{x}$  = 35.24  $\pm$  3.04). Estrías bi, tri o tetraseriadas (Fig. 19) en la cara valvar (7 en 10  $\mu\text{m}$ ) y penta o hexaseriadas en el manto (6 en 10  $\mu\text{m}$ ). En la vista interna, cara valvar perforada por una serie de forámenes que se extienden hasta el área axial (Fig. 16). Número de forámenes desde 1, en las áreas polares, hasta 7 en el área central. Valva del rafe con un borde anular submarginal que marca la separación entre el manto y la cara valvar, rafe recto (Fig. 15).

**Distribución.** El hallazgo de esta especie en el área de estudio representa un nuevo registro para la Península de Yucatán; únicamente fue observada en Dzilam de Bravo, como epífita de *Thalassia testudinum*, con una abundancia de 6.6 % del total. Witkowski *et al.* (2000) señalaron que es común en las zonas litorales de los mares Mediterráneo y Negro. También se ha registrado como epífita de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile en el Golfo de Nápoles (De Stefano *et al.*, 2000) y como parte de la flora planctónica del Golfo de México y del Mar Caribe (Krayesky *et al.*,



Figuras 8-13. *Cocconeis krammeri*. Fig. 8 ML. Figs. 9-13 MEB. Figs. 9, 11. Cara externa de la valva sin rafe con cuatro líneas hialinas longitudinales (flechas negras). Fig. 10. Detalle de las areolas perforadas (flechas blancas). Fig. 11. Vista de la cara externa de la valva sin rafe evidenciando las areolas perforadas (flechas blancas). Fig. 12. Vista de la cara interna de la valva sin rafe con siete líneas radiales de perforaciones. Fig. 13. Vista de la cara externa de la valva con rafe. Escala Figs. 8-9, 11 = 5  $\mu\text{m}$ ; Fig. 10 = 1  $\mu\text{m}$ ; Figs. 12-13 = 10  $\mu\text{m}$ .

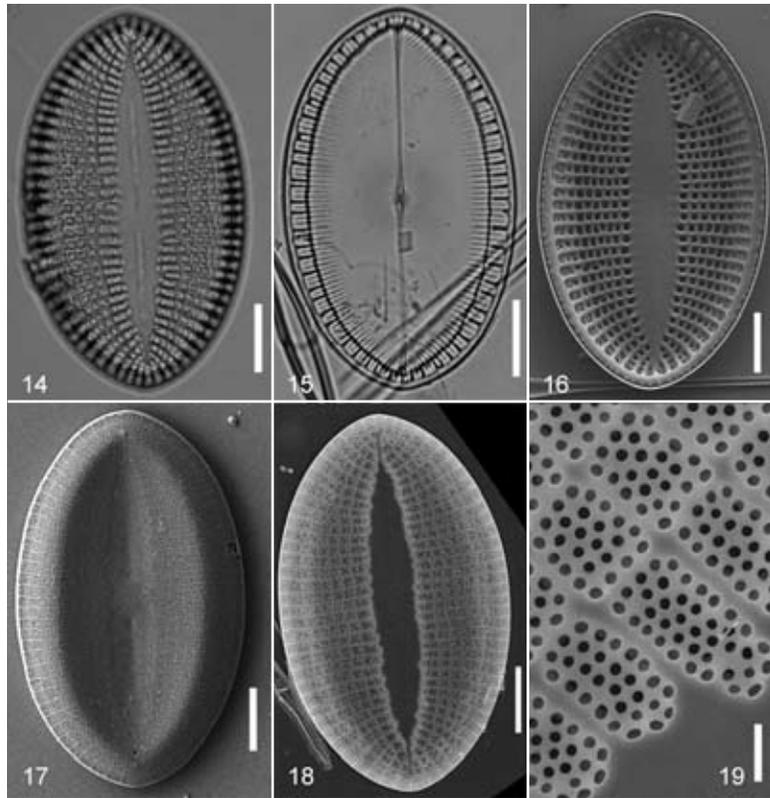
2009). Siqueiros-Beltrones *et al.* (2004) la reportó erróneamente (Siqueiros-Beltrones com. pers.) en la costa norte de la Península de Baja California.

#### ***Climaconeis aff. coxii Reid et Williams***

**Descripción.** Células con 26 cloroplastos en forma de H. Valvas completamente lineales y a diferencia de lo expuesto en la descripción original no presentaron la gibosidad en el centro (Fig. 20-21) de la valva. Ápices ligeramente capitados y rafe recto en las áreas central (Fig. 23) y apical (Fig. 24). Tanto la longitud del eje apical, del eje transapical, así como el número de estrías fueron diferentes a lo descrito por Reid y Williams (2002). Los especímenes de este estudio presentaron una longitud del apical de 158-217  $\mu\text{m}$  ( $\bar{x} = 188.41 \pm 19.01$ ) y eje transapical de 3-7  $\mu\text{m}$  ( $\bar{x} = 6.01 \pm 0.83$ ); estrías uniseriadas y poroides en una densidad de 21 estrías en 10  $\mu\text{m}$ . En la valvocópula se observaron 15-19 barras craticu-

lares (en 100  $\mu\text{m}$ ;  $\bar{x} = 17.12 \pm 1.35 \mu\text{m}$ ) extendiéndose y entrelazándose en el centro de la valva (Fig. 22), con estructuras cuyos bordes tuvieron forma de papilas (Fig. 25), en algunos organismos las estructuras con papilas se observaron bifurcadas (Fig. 25, flecha). Debido a la diferencia en la longitud, ancho y número de estrías de los ejemplares observados con respecto a la descripción tipo se están revisando nuevas muestras para confirmar si estos especímenes podrían corresponder a una nueva variedad.

Las micrografías electrónicas de la vista conectiva (Fig. 26-29), mostraron que la frústula tuvo un eje pervalvar de 13  $\mu\text{m}$ . En la zona media de la valva, el manto presentó entre 4 y 5 areolas poroides (Fig. 28) mientras que en la zona cercana a los ápices, entre 2 y 3 (Fig. 29). La valvocópula está unida a la valva mediante finos puentes con forma rectangular (Fig. 29, puntas de flechas). La primera valvocópula con poros (21 en 10  $\mu\text{m}$ ) con forma oval



Figuras 14-19. *Cocconeis máxima*. Figs. 14-15 ML. Figs. 16-18 MEB. Fig. 14. Valva sin rafe. Fig. 15. Valva con rafe con borde anular submarginal. Fig. 16. Cara interna de la valva sin rafe. Figs. 17-18. Cara externa de la valva sin rafe. Fig. 18. Micrografía con alto voltaje (30 kv) en donde se notan las costillas longitudinales y latitudinales que forman cuadros que van desde el esternón hasta el manto de la valva. Fig. 19. Detalle de las areolas de la cara externa de la valva sin rafe. Escala Figs. 14-18 = 10  $\mu\text{m}$ ; Fig. 19 = 1  $\mu\text{m}$ .

(Fig. 28, punta de flecha), alternando con poros rectangulares (Fig. 28, flecha) de mayor diámetro que las areolas de la cara y el manto de la valva. Cada cópula presenta dos líneas de poros simples en una densidad de 27 en 10  $\mu\text{m}$ , aproximadamente del mismo tamaño que los observados en la cara y el manto de la valva.

**Distribución.** El hallazgo de esta especie en el área de estudio representa el primer registro para México. Las primeras observaciones fueron hechas como parte del fitoplancton costero en Dzilam de Bravo, con una densidad de 13770 céls.  $\text{l}^{-1}$ . Posteriormente se registró también como epífita de *Thalassia testudinum*, en donde fue la especie dominante con una abundancia relativa del 33% del total (1 110) de valvas contadas. El hecho de que las muestras de fitoplancton y de *T. testudinum* fueran tomadas en el mismo mes, año y localidad, sugiere que el microfítobentos epífito, podría estar siendo suspendido por efecto de vientos o corrientes y de esta manera integrarse a la columna de agua, contribuyendo así a la riqueza y diversidad del fitoplancton costero. A nivel mundial esta especie solo se había registrado en Abu Dhabi (Emiratos Árabes Unidos) en ambientes hipersalinos (desde el submareal hasta el intermareal) con hábitos epipéllicos, epilítlicos y epífíticos (Reid & Williams, 2002).

#### ***Licmophora normaniana* (Greville) Wahrer in Wahrer, Fryxell et Cox**

**Basiónimo.** *Synedra normaniana* Greville. Sinónimo. *Campylostylus normannianus* (Greville) Gerloff, Natour & Rivera

**Descripción.** Valvas heteropares, alargadas y arqueadas (Fig. 30). Longitud del eje apical de 193  $\mu\text{m}$ , el eje transapical en el polo apical: 9.5  $\mu\text{m}$  (Fig. 32) y en el basal 4  $\mu\text{m}$  (Fig. 31). Estrías transapicales y paralelas con una densidad de 17 estrías en 10  $\mu\text{m}$ , en la zona de los ápices radiales (Fig. 33-34). Areolas poroides y perforadas (Fig. 33). Se presenta un área axial que interrumpe las estrías a lo largo de la valva.

**Distribución.** La observación de esta especie representa un nuevo registro para México y ha aparecido de manera recurrente en las diferentes localidades en las cuales se realizó el monitoreo de fitoplancton costero. Las mayores densidades se registraron entre agosto y septiembre de 2011 en Chabihau 1 (5024 céls.  $\text{l}^{-1}$ ), San Crisanto 1 (850) y Dzilam de Bravo 1 (2540) (Fig. 8), lo cual sugiere que es una especie común en la costa norte de la Península de Yucatán. Sobre *Thalassia testudinum* se registró con una abundancia baja (0.18%). Esta especie también

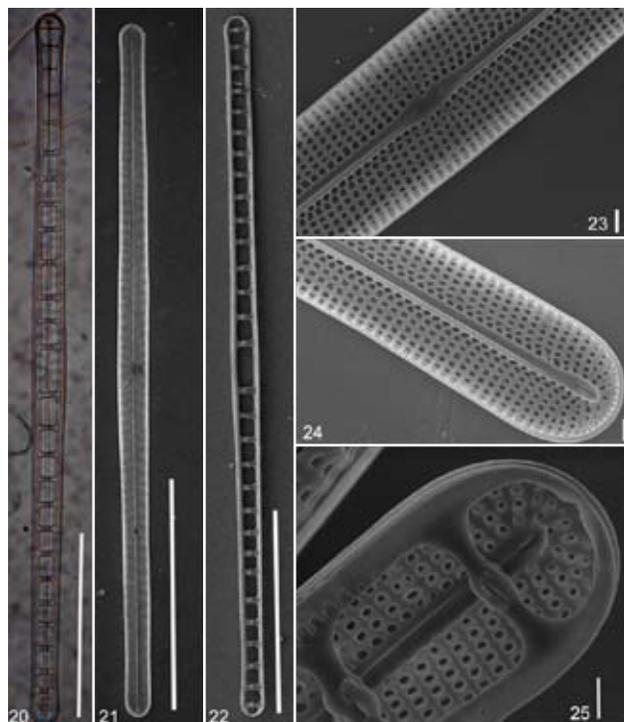


Figura 20-25. *Climaconeis* aff. *coxii* vista valvar. Fig. 20 ML. Figs. 21-25 MEB. Figs. 21, 23-24. Vista externa de la valva. Figs. 22, 25. Vista interna de la valva con valvocopula. Fig. 21. Organismo completo. Fig. 22. Valvocopula con barras craticulares. Fig. 23. Detalle de la región central de la valva. Fig. 24. Detalle del área apical. Fig. 25. Detalle de las uniones de las barras craticulares en forma de papila. Escala Figs. 20-22 = 50  $\mu\text{m}$ ; Figs. 23-25 = 1  $\mu\text{m}$ .

se ha observado en la Península del Sinaí y en el Mar Muerto (Ehrlich, 1975), Panamá (Robertson, 1984), Nuevo Mexico (Rusforth & Johansen, 1979; Wahrer *et al.*, 1985), Puerto Rico (Navarro, 1988), Florida (Wachnicka *et al.*, 2011) y Cuba (Loza *et al.*, 2011).

### ***Oestrupia powellii* (Lewis) Heiden**

**Basiónimo.** *Navicula powellii* (*poweli*, *powelli*) Lewis Sinónimo. *Caloneis powellii* (Lewis) Cleve 1894, *Navicula powellii* (*poweli*, *powelli*) Lewis, *Oestrupia powellii* (Lewis) Heiden, *Schizonema powellii* (Lewis) Kuntze.

**Descripción.** Valva lineal con ápices cuneados (Fig. 36). La longitud del eje apical fue de 51-79  $\mu\text{m}$  y del eje transapical de 15-17  $\mu\text{m}$ . Rafe recto con terminaciones centrales externas moderadamente distantes y dobladas hacia un lado. Área axial estrecha, con forma cuadrada. Estrías transapicales con una densidad de 7-13 en  $\mu\text{m}$ , paralelas y gruesas, y ligeramente radiadas conforme se acercan a los ápices.

**Distribución.** Esta especie no había sido registrada en la Península de Yucatán y fue observada en Chicxulub como parte del

fitoplancton costero (50 céls.  $\text{l}^{-1}$ ); sobre *Thalassia testudinum* su abundancia fue igualmente baja (0.09%). De acuerdo con Witkowski *et al.* (2000), la especie se distribuye en aguas marinas y salobres. Kraysky *et al.* (2009) la reportan para el Golfo de México, sin indicar localidad. Reyes-Vázquez (1975) la observó en la laguna la Restinga, Venezuela, mientras que López-Fuerte *et al.* (2010), la registraron como parte del ticoplancton en ambientes de manglar de Baja California Sur, México.

### ***Petroneis plagiostruma* (Grunow) Mann**

**Basiónimo.** *Navicula plagiostruma* Grunow in Cleve et Möller.

**Sinónimo.** *Navicula transfuga* var. *plagiostruma* (Grunow in Cleve et Möller) Cleve, *Schizonema plagiostrumum* (Grunow) Kuntze

**Descripción.** Ápices de la valva ligeramente rostrados (Fig. 37-38), el área hialina en el centro de la valva presenta una fuerte asimetría. Eje apical de 53  $\mu\text{m}$ , eje transapical de 23  $\mu\text{m}$ , con una densidad de 12 estrías en 10  $\mu\text{m}$  cerca de la zona del rafe y 13 en 10  $\mu\text{m}$  en el margen de la valva.

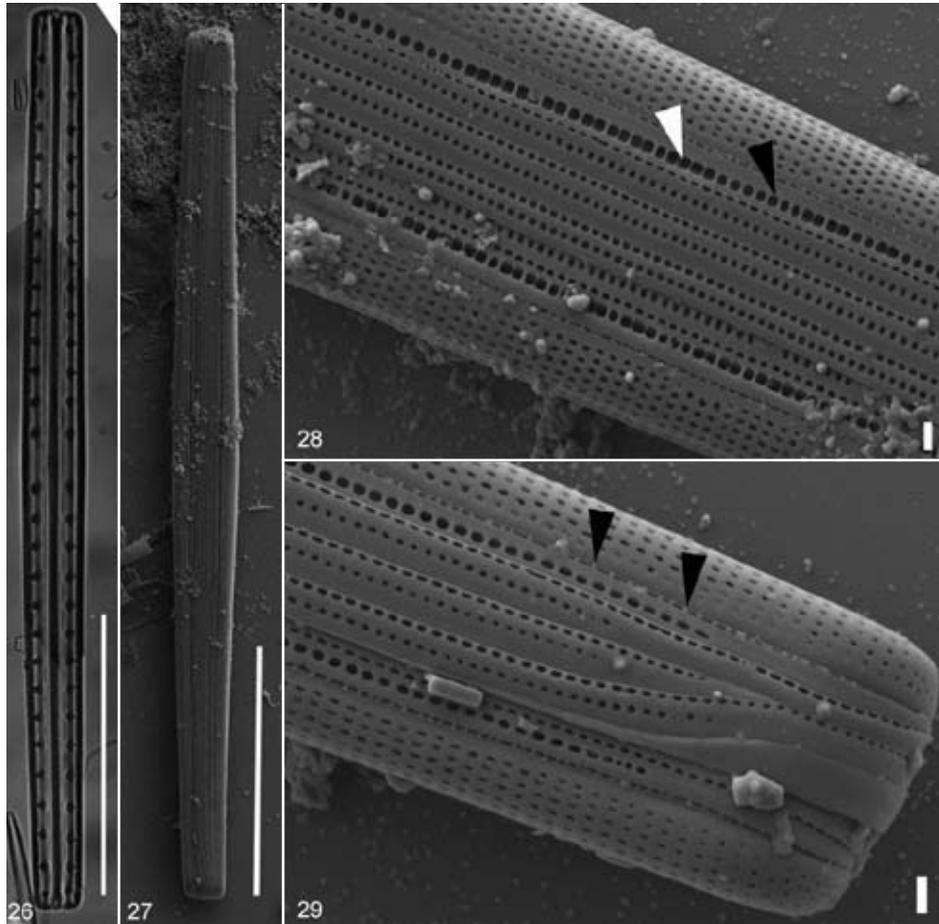
**Distribución.** Esta especie representa un nuevo registro para la Península de Yucatán. Solo se presentó en Chicxulub en muestras de fitoplancton costero con una densidad de 50 céls.  $\text{l}^{-1}$ . Sin embargo, la literatura consultada menciona que las especies de este género están típicamente asociadas a sedimentos de manglar, por lo cual, no es raro observarla en muestras de fitoplancton costero, sobre todo si se toman en cuenta las hectáreas de manglar presentes en la costa norte de la Península de Yucatán (CONABIO, 2009). De acuerdo con Witkowski *et al.* (2000) esta especie es común en las aguas litorales marinas del Caribe. Se le ha observado en la isla Caja de Muertos, Puerto Rico (Navarro *et al.*, 1989), en las islas del Rosario en el Caribe colombiano (Lozano-Duque *et al.*, 2010) y en Biscayne Bay, Florida (Wachnicka *et al.*, 2011).

### ***Synedrosphenia cuneata* (Grunow) Peragallo**

**Basiónimo.** *Synedra cuneata* Grunow Sinónimo. *Ardissonea cuneata* Mills, *Sceptroneis cuneata* (Grunow) Grunow, *Synedra cuneata* Grunow, *Synedrosphenia cuneata* (Grunow) Azpeitia Moros.

**Descripción.** Valvas alargadas, clavadas, sin área hialina axial, con ápices cuneados o redondeados (Fig. 39-40). La longitud del eje apical 184-408  $\mu\text{m}$  ( $\bar{x} = 299.08 \pm 63.15 \mu\text{m}$ ), del eje transapical en el polo basal de 10-15  $\mu\text{m}$  ( $\bar{x} = 12.33 \pm 1.4 \mu\text{m}$ ) y en el polo apical de 17-30  $\mu\text{m}$  ( $\bar{x} = 23.87 \pm 4.45 \mu\text{m}$ ). Areolas poroides y perforadas (Fig. 41-42). El polo basal, con una densidad de 11 areolas en 10  $\mu\text{m}$ , mientras que en el centro y en el polo apical de 12-13 en  $\mu\text{m}$ . En los márgenes de la cara valvar presenta crestas a lo largo de todo el eje apical.

**Distribución.** Esta especie es un nuevo registro para México y se observó únicamente en Dzilam de Bravo, como epífita de *T. tes-*



Figuras 26-29. *Climaconeis aff. coxii* en vista conectiva. Fig. 26 ML. Figs. 27-29 MEB. Figs. 26-27. Valvas completas. Fig. 28. Detalle del área central de la frústula y de la primera valvocopula con poros de forma oval (flecha negra) y rectangular a cuadrado (flecha blanca). Fig. 29. Detalle del área apical de la frústula y de los puentes rectangulares que unen la valva y la valvocopula (flechas). Escala Figs. 26-27 = 50  $\mu\text{m}$ ; Figs. 28-29 = 1  $\mu\text{m}$ .

*tudinum*; su abundancia representó el 2.3% del total. De acuerdo con Grunow y Kitton (1877), esta especie es común en Honduras, sin embargo, no mencionan la localidad donde fue observada. De la misma manera Peragallo y Peragallo (1897-1908) la reportaron en las aguas marinas de Francia, sin mencionar la localidad.

#### ***Talaroneis furcigera* (Grunow) Sterrenburg**

**Basiónimo.** *Dimeregramma* (*Dimerogramma*) *furcigerum* Grunow in Van Heurck.

**Sinónimo.** *Dimeregrammopsis furcigerum* (Grunow) Ricard

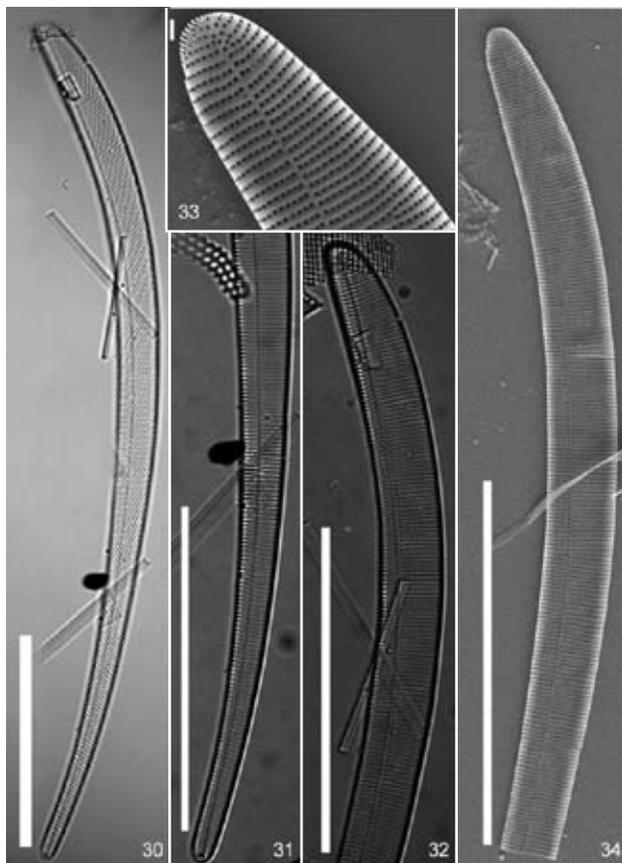
**Descripción.** Valvas lanceoladas con ápices ligeramente prolongados y redondeados. (Fig. 43-44). Longitud apical: 22-31  $\mu\text{m}$  y del eje transapical: 7-8  $\mu\text{m}$ . Estrías transapicales, uniseriadas en una densidad de 14 en 10  $\mu\text{m}$ ; areolas poroides simples. A cada lado de la valva se presenta una línea de espinas (Fig. 44) simples en una densidad de 7 en 10  $\mu\text{m}$ . En la punta de los ápices se observó un campo de poros (Fig. 44-45); separado del resto de las

valvas por una pared de sílice alargada, con un par de espinas simples.

**Distribución.** El hallazgo de esta especie durante el presente estudio, constituye un nuevo registro para la Península de Yucatán. Solo se observó en Dzilam de Bravo, primero en muestras de fitoplancton costero (50 céls/l<sup>-1</sup>) y posteriormente como epífita de *Thalassia testudinum*, con 0.18% de la abundancia. En México había sido registrada por Siqueiros-Beltrones *et al.* (2004), como parte de la flora epilítica de la zona de pesca de abulón en Baja California Sur. Witkowski *et al.* (2000) reportan que es común en aguas del Mediterráneo y en zonas litorales de los océanos cálidos, se conoce también de diversas localidades del mar Caribe (Navarro & Hernández-Becerril, 1997).

## DISCUSIÓN

La cantidad de nuevos registros observados en este trabajo, pone de manifiesto la necesidad de realizar nuevos esfuerzos que



Figuras 30-34. *Licmophora normaniana*. Figs. 30-32 ML. Figs. 33-34 MEB mostrando la cara externa de la valva. Fig. 30. Valva completa. Fig. 31. Polo basal. Fig. 32. Polo apical. Fig. 33-34. Detalle del polo apical con estrías paralelas y radiales conforme se acercan al ápice. Escala Fig. 30-32 = 50 µm; Fig. 33 = 1 µm.

aborden de manera particular la florística y la ecología de las diatomeas bentónicas de la Península de Yucatán. Esto se ve reforzado por el hallazgo de una nueva especie de diatomea bentónica del género *Cocconeis* en la parte del Caribe de la Península de Yucatán (López-Fuerte com. pers.). Es posible que las variaciones de las características morfométricas de *Climaconeis aff. coxii*, representen una nueva variedad de esta especie, sobre todo tomando en cuenta que el único registro, conocido hasta ahora de esta especie en el Golfo Pérsico (Reid & Williams, 2002). Lo anterior refuerza la importancia de llevar a cabo estudios florísticos que incluyan además descripciones detalladas de los taxa registrados, dado que la mayor parte de la literatura disponible, no aborda las especies locales y por lo tanto no toman en cuenta las variaciones que pueden presentarse en dichas floras (Novelo *et al.*, 2007).

Por otra parte, el hecho de encontrar tantos nuevos registros en 7 muestras de fitoplancton costero, sugiere que la riqueza

específica de dicha zona está subestimada. Esto podría deberse a que las técnicas estándares para cuantificar el fitoplancton, no contemplan a las especies pequeñas. En los casos, en los que lo hacen, solo las mencionan como nanofitoplancton y en el mejor de los casos las aproximan a género, *v. gr. Navicula* sp. Sin embargo, la mayoría de las veces dichas aproximaciones son incorrectas.

Las altas densidades de *Licmophora normaniana* y *Climaconeis aff. coxii* en muestras de fitoplancton del área de estudio sugieren, que hay una incorporación activa de las diatomeas bentónicas a los procesos de productividad primaria en la columna de agua de la costa norte de la Península de Yucatán. La explicación de este fenómeno involucra dos procesos, el primero de tipo ecológico y el segundo oceanográfico. En el primer caso tiene que tomarse en cuenta el proceso de sucesión de las películas de diatomeas bentónicas. De acuerdo con Siqueiros-Beltrones (2002), una vez que la película alcanza la etapa clímax, misma que se distingue porque la mayor parte de los componentes de la asociación son de tipo erecto (i.e. *Licmophora*, *Climaconeis*, *Synedrosphenia*), inicia un proceso de degeneración de la película microalgal. De esta manera se forman grumos o paquetes de diatomeas que se desprenden y son exportados a la columna de agua, lo cual tiene como consecuencia la dispersión y eventualmente la colonización de otros sustratos. Durante este proceso, los fenómenos oceanográficos (vientos, mareas y corrientes) locales, pueden potenciar la exportación de diatomeas bentónicas hacia la columna de agua. De acuerdo con Enríquez *et al.* (2010), en la zona de estudio el viento es uno de los factores que influye en la dinámica de las masas de agua sobre la plataforma continental de la Península de Yucatán. Lo anterior es relevante puesto que Jonge y van Beusekom (1995), observaron que con valores de velocidad de viento efectivo mayores a  $6 \text{ m s}^{-1}$ , la resuspensión de diatomeas bentónicas guarda una relación lineal con la velocidad del viento. Así, dado que las velocidades de viento registradas por Enríquez *et al.* (2010) fluctúan entre 2 y  $10 \text{ m s}^{-1}$ , es posible suponer que la resuspensión de las diatomeas sea un fenómeno común en el área de estudio. La interacción de eventos ecológicos y oceanográficos, permite explicar la incorporación de diatomeas bentónicas a la columna de agua y por ende a la producción primaria que se cuantifica en la zona de estudio.

El hecho de que todas las especies observadas (excepto *Climaconeis aff. coxii*), hayan sido registradas como formas comunes en distintas áreas del Caribe (Colombia, Cuba, Honduras, Puerto Rico, Venezuela y Antillas menores), sugiere que podrían estar siendo transportadas hacia la Península de Yucatán, vía la corriente de Yucatán. Al respecto Schmitz y Richardson (1991) reportaron que el 45% del transporte de la corriente de Florida (porción norte de la corriente de Yucatán), tiene como origen a las aguas del Atlántico sur, que entran al Caribe a través de las Antillas menores, con velocidades de hasta  $30 \text{ cm s}^{-1}$ ; esta velocidad se encuentra por encima de la velocidad crítica ( $\cong 10 \text{ cm s}^{-1}$ ),

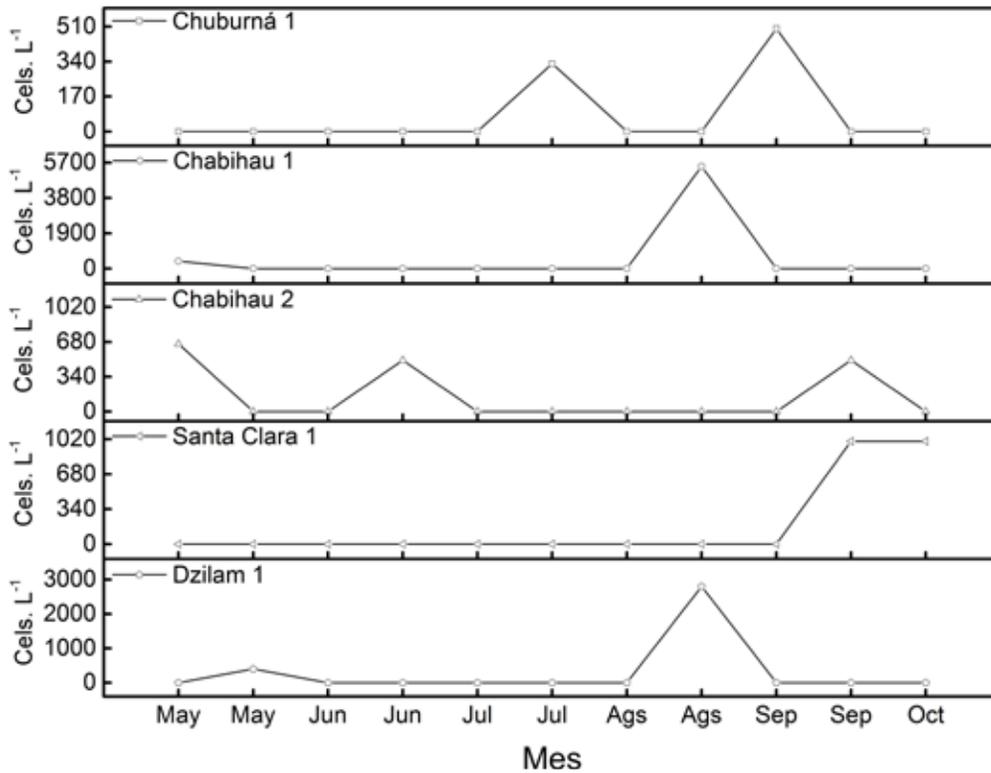
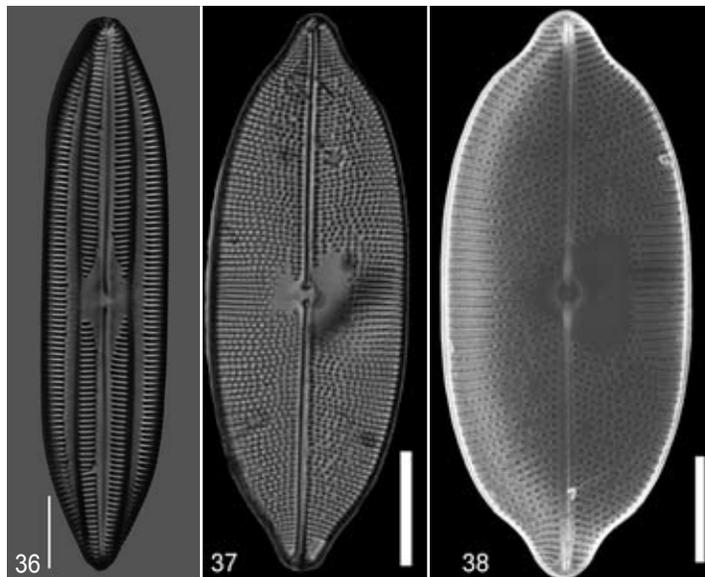


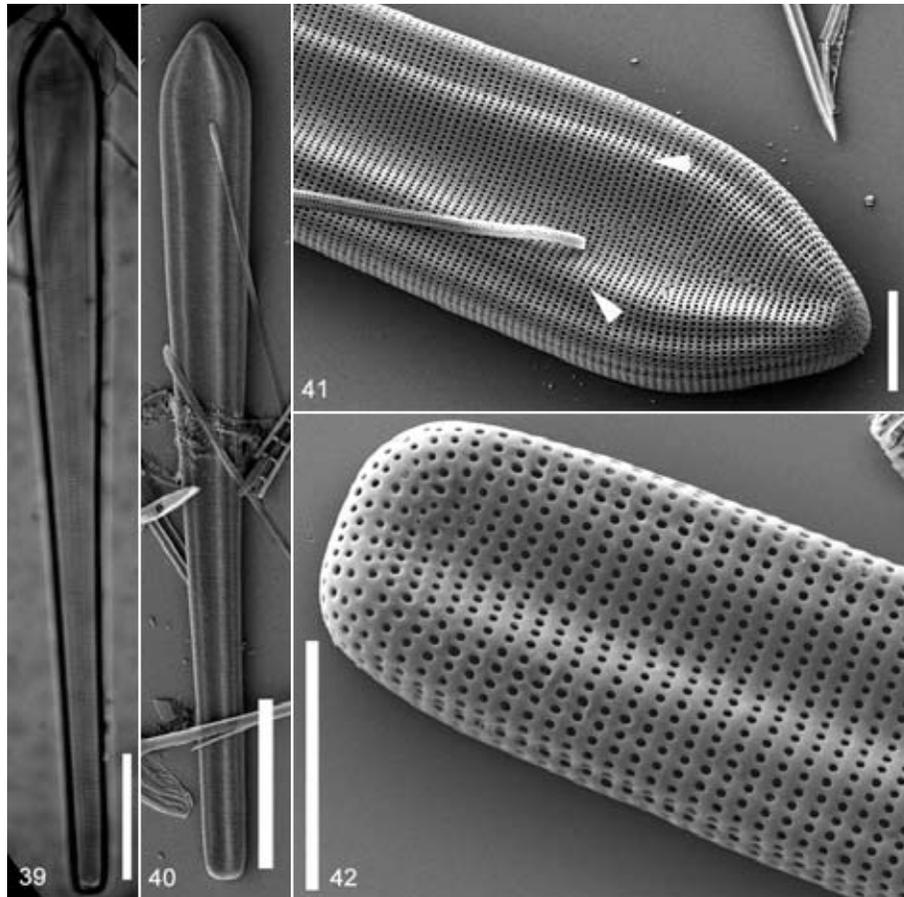
Figura 35. Densidad de *Licmophora normaniana* en diferentes localidades de la costa Norte de la Península de Yucatán.



Figuras 36-38. Figs. 36-37 ML; Fig. 38 MEB. Fig. 36. *Oestrupia powellii* vista valvar. Figs. 37-38. *Petroneis plagiosstoma*. Fig. 37. Enfocando cara externa de la valva. Fig. 38. Cara interna de la valva. Escala = 10µm.

en la cual las diatomeas bentónicas comienzan a ser suspendidas e integradas a la columna de agua (de Jonge & van den Bergs, 1987). Lo anterior, en conjunto con la influencia de la corriente de Yucatán (transporte de la masa de agua con su contenido biológico)

sobre la plataforma yucateca (Enríquez *et al.*, 2010), indica la probabilidad de que las poblaciones de los organismos observados en este estudio pudieran haber sido transportados desde el Caribe.



Figuras 39-42. *Synedrosphenia cuneata*. Fig. 39 ML organismo completo. Figs. 40-42 MEB cara externa de la valva. Fig. 40. Valva completa. Fig. 41. Detalle del polo apical en donde se observan dos crestas cercanas al margen de la valva y estrías radiales en el ápice de la valva (flechas). Fig. 42. Detalle de polo basal con areolas poroides formando estrías paralelas. Escala Figs. 39-40 = 50  $\mu$ m; Figs. 41-42 = 1  $\mu$ m.

Finalmente, este estudio es una primera aproximación a la florística de diatomeas bentónicas de la Península de Yucatán en la cual se han estudiado relativamente pocas muestras (siete), por lo que es probable que el número de nuevos registros aumente de manera considerable al incrementarse el número de muestras analizadas. Lo anterior, no hace sino confirmar que es necesario continuar con el esfuerzo de caracterizar a las comunidades de este grupo de microorganismos en la Península de Yucatán y avanzar hacia estudios de tipo ecológico y biogeográfico, que permitan establecer de manera confiable sus variaciones en el espacio y el tiempo, así como entender las relaciones que establecen con otros organismos como pastos marinos, mangles y diversos consumidores.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de los resultados del proyecto "α y β diversidad de diatomeas bentónicas en pastos marinos y sedimentos en tres localidades del litoral Yucateco" apoyado por

CONACyT a través de su programa de Estancias Posdoctorales Nacionales. Agradecemos al programa de monitoreo costero del Laboratorio de Productividad Primaria del CINVESTAV-IPN, por la aportación de las muestras de fitoplancton costero. Al proyecto de tesis doctoral de la M. en C. Ana Aguilar Trujillo "Variación espacial de los grupos funcionales de dinoflagelados epifíticos/bentónicos nocivos de la costa norte de la Península de Yucatán" por las muestras de *Thalassia testudinum*. El trabajo de campo fue financiado parcialmente con el proyecto FOMIX-CONACyT Yucatán Reg: 108897. A los doctores Akshinthala K. Prasad y Luc Ector por proporcionar la literatura necesaria para la determinación de *Climaconeis aff. coxii*. Al doctor David Siqueiros-Beltrones por su asesoría en la determinación de algunas de las especies y por su revisión de este manuscrito. A la Dra. Nora Maidana y a un revisor anónimo cuyos comentarios ayudaron a mejorar sustancialmente este trabajo. A las técnicas de microscopía electrónica Dora Huerta y Ana Ruth Cristóbal del Laboratorio Nacional para el análisis de Nano y Biomateriales.

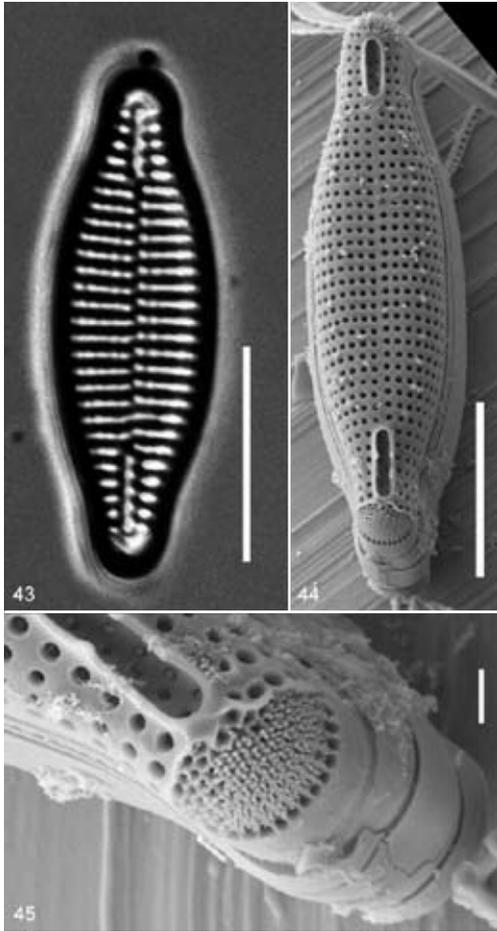


Figura 43-45. *Talaroneis furcigerum*. Fig. 43 ML. Figs. 44-45 MEB cara externa de la valva. Fig. 44. Mostrándose claramente la pared cilíndrica de sílice antes del campo de poros. Fig. 45. Detalle del campo de poros y porción de la pared de sílice. Escala Figs. 43-44 = 10  $\mu$ m; Fig. 45 = 1  $\mu$ m.

## REFERENCIAS

- AL-YAMANI, F. Y. & M. A. SABUROVA. 2011. *Illustrated guide on the benthic diatoms of Kuwait's Marine Environment*. Primera ed. Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait. 364 p.
- BLANCHARD, G. F., D. M. PATERSON, L. J. STAL, P. RICHARD, R. GALOIS, V. HUET, J. KELLY, C. HONEYWILL, J. DE BROUWER, K. DYER, M. CHRISTIE & M. SEGUIGNES. 2000. The effect of geomorphological structures on potential biostabilization by microphytobenthos on intertidal mudflats. *Continental Shelf Research* 20: 1243-1256.
- BOOTH, W. 1986. Photosynthetic activity of an epiphytic diatom, *Gomphonema novo-zelandicum*, and its carpophyllum (Phaeophyta) hosts. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 20: 615-622.
- CAPURRO, L. 2002. A large coastal ecosystem: the Yucatán Peninsula. *Avance y Perspectiva CINVESTAV* 22: 69-75.
- CONABIO (COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD). 2009. *Manglares de México: Extensión y distribución*. Mexico City: CONABIO. 99 p.
- DE BROUWER, J. F. C., S. BJELIC, E. M. G. T. DE DECKERE & L. J. STAL. 2000. Interplay between biology and sedimentology in a mudflat (Biezelingse Ham, Westerschelde, The Netherlands). *Continental Shelf Research* 20: 1159-1177.
- DE JONGE, V. N. & J. VAN DEN BERGS. 1987. Experiments on the resuspension of estuarine sediments containing benthic diatoms. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 24: 725-740.
- DE JONGE, V. N., & J. E. E. VAN BEUSEKOM. 1992. Contribution of resuspended microphytobenthos to total phytoplankton in the EMS estuary and its possible role for grazers. *Netherlands Journal of Sea Research* 30: 91-105.
- DE JONGE, V. N., & J. E. E. VAN BEUSEKOM. 1995. Wind- and tide-induced resuspension of sediment and microphytobenthos from tidal flats in the Ems estuary. *Limnology and Oceanography* 40: 776-778.
- DE STEFANO, M., D. MARINO & L. MAZZELLA. 2000. Marine taxa of *Cocconeis* on leaves of *Posidonia oceanica*, including a new species and two new varieties. *European Journal of Phycology* 35: 225-242.
- EHRlich, A. 1975. The diatoms form the surface sediments of the Bardawil Lagoon (Northern Sinai) paleoecological significance. *Nova Hedwigia. Beihefte* 53: 253-282.
- ENRÍQUEZ, C., I. J. MARIÑO-TAPIA & J. A. HERRERA-SILVEIRA. 2010. Dispersion in the Yucatan coastal zone: Implications for red tide events. *Continental Shelf Research* 30: 127-137.
- GRUNOW, H. A. & F. KITTON. 1877. New Diatoms from Honduras. *The Monthly Microscopical Journal* 18: 165-186.
- HERNÁNDEZ-ALMEIDA, O. U. & D. A. SIQUEIROS-BELTRONES. 2008. Variations in the Structure of Epiphytic Diatom Assemblages in Subtropical Macroalgae. *Hidrobiológica* 18: 51-61.
- HOCHARD, S., C. PINAZO, C. GRENZ, J. L. B. EVANS & O. PRINGAULT. 2010. Impact of microphytobenthos on the sediment biogeochemical cycles: A modeling approach. *Ecological Modelling* 221: 1687-1701.
- HUSTEDT, F. 1955. Marine littoral diatoms of Beaufort, North Carolina. *Duke University Marine Station Bulletin* 6: 1-67.
- HUSTEDT, F. 1959. Die Kieselalgen Deutschland, Österreichs und der Schweiz. In: Rabenhorst (Ed.). *Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreichs und der Schweiz*, VII Band, II Teil. Koeltz Scientific Book (Reimp. 1991). Leipzig. pp. 1 - 845.
- HUSTEDT, F. 1961-66. Die Kieselalgen Deutschland, Österreichs und der Schweiz. In: Rabenhorst (Ed.). *Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*, VII Band, III Teil. Koeltz Scientific Books (Reimp. 1991). Leipzig. pp. 1 - 916.
- KRAYESKY, D. M., E. MEAVE DEL CASTILLO, E. ZAMUDIO, J. N. NORRIS & S. FREDERICO. 2009. Diatoms (Bacillariophyta) of the Gulf of Mexico. In: Felder

- D. L., & D. K. Camp (Eds.). *Gulf of Mexico: Its Origins, Waters, and Biota*. I. Texas A&M University Press, Texas. 1391 p.
- LEBRETON, B., P. RICHARD, R. GALOIS, G. RADENAC, C. PFLÉDGER, G. GUILLOU, F. MORNETB & G. F. BLANCHARD. 2011. Trophic importance of diatoms in an intertidal *Zostera noltii* seagrass bed: Evidence from stable isotope and fatty acid analyses. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 92: 140-153.
- LÓPEZ-FUERTE, F. O. & D. A. SIQUEIROS-BELTRONES. 2006. Structure and distribution of diatom communities in sediments of a mangrove system. *Hidrobiológica* 16: 23-33.
- LÓPEZ-FUERTE, F. O., D. A. SIQUEIROS-BELTRONES & J. N. NAVARRO. 2010. *Benthic diatoms associated with mangrove environments in the northwest region of México*. CONABIO-UABCS-CICIMAR, México. 217 p.
- LOZA, S., M. SÁNCHEZ, M. CARMENATE & D. SIQUEIROS-BELTRONES. 2011. Adición a la microflora de diatomeas de las aguas marinas de Cuba. *Serie Oceanológica* 8: 47-52.
- LOZANO-DUQUE, Y., L. A. VIDAL & G. R. NAVAS. 2010. Listado de diatomeas (Bacillariophyta) registradas para el Mar Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 39: 83-116.
- MACINTYRE, H. L., R. J. GEIDER & D. C. MILLER. 1996. Microphytobenthos: the ecological role of the "Secret Garden" of unvegetated, shallow-water marine habitats. I. Distribution, abundance and primary production. *Estuaries and Coasts* 19: 186-201.
- MERINO, M. 1997. Upwelling on the Yucatan Shelf: hydrographic evidence. *Journal of Marine Systems* 13: 101-121.
- NAVARRO, J. N. 1988. Diatomeas en tapetes microbianos de Puerto Rico. *Gayana Botanica* 45: 275-281.
- NAVARRO, N. J. & D. U. HERNÁNDEZ-BECERRIL. 1997. XV. Check-list of marine diatoms from the Caribbean Sea. In: Chiang-Cabrera, F. (Ed.). *Listados florísticos de México*, 48. Instituto de Biología, UNAM, D.F., México.
- NAVARRO, J. N., C. PÉREZ, N. ARCE & B. ARROYO. 1989. Benthic marine diatoms of Caja de Muertos Island, Puerto Rico. *Nova Hedwigia* 49: 333-367.
- NOVELO, E., R. TAVERA & C. IBARRA. 2007. Bacillariophyceae from karstic wetlands in Mexico. *Bibliotheca Diatomologica* 54. J. Cramer. Berlin/Stuttgart. 136 p.
- PERAGALLO, H. & M. PERAGALLO. 1897-1908 *Diatomées marines de France et des districts maritimes voisins*. M. J. Tempère (Ed.). Grez sur Loing, France. 491 p.
- PRASAD, A. K. S. K., K. A. RIDDLE & J. A. NIENOW. 2000. Marine diatom genus *Climaconeis* (Berkeleyaceae, Bacillariophyta): two new species, *Climaconeis koenigii* and *C. colemaniae*, from Florida Bay, USA. *Phycologia* 39: 199-211.
- REID, G. & D. M. WILLIAMS. 2002. The marine diatom genus *Climaconeis* (Berkeleyaceae, Bacillariophyta): two new species from Abu Dhabi, United Arab Emirates. *Diatom Research* 17: 309-318.
- REYES-VÁZQUEZ, G. 1975. Diatomeas litorales de la Familia Naviculaceae de la Laguna La Restinga, Isla Margarita, Venezuela. *Boletín Instituto Oceanográfico Universidad de Oriente, Cumaná* 94: 199-225.
- ROBERTSON, D. R. 1984. Cohabitation of competing territorial damselfishes on a Caribbean coral reef. *Ecology* 65: 1121-1135.
- ROMERO, O. E. & J. N. NAVARRO. 1999. Two marine species of *Cocconeis* Ehrenberg (Bacillariophyceae): *C. pseudomarginata* Gregory and *C. caribensis* sp nov. *Botanica Marina* 42: 581-592.
- ROUND, F. E., R. M. CRAWFORD & D. G. MANN. 1990. *The diatoms: biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge. 747 p.
- RUSHFORTH, S. R. & J. R. JOHANSEN. 1979. Algal communities from selected sites in Eddy County, New Mexico. *Journal of Phycology* 15: 22-31.
- SCHMIDT, A., M. SCHMIDT., F. FRICKE., H. HEIDEN., O. MÜLLER & F. HUSTEDT. 1874-1959. *Atlas der Diatomaceen-Kunde*. R. Reiland, Leipzig, Heft 1-120, Tafeln 1-1460.
- SCHMITZ, W. J. & P. L. RICHARDSON. 1991. On the sources of the Florida Current. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers* 38(1957), S379-S409.
- SIQUEIROS-BELTRONES, D. A. 2002. *Diatomeas bentónicas de la Península de Baja California; diversidad y potencial ecológico*. Oceánides-CICIMAR-IPN-UABCS, México. 102 p.
- SIQUEIROS-BELTRONES, D. A. & O. U. HERNÁNDEZ-ALMEIDA. 2006. Floristics of epiphytic diatoms in a patch of subtropical macroalgae. *Oceánides CICIMAR* 21: 11-61.
- SIQUEIROS BELTRONES, D. A & F. O. LÓPEZ-FUERTE. 2006. Epiphytic diatoms associated with red mangrove (*Rhizophora mangle*) prop roots in Bahía Magdalena, Baja California Sur, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 54: 287-97.
- SIQUEIROS-BELTRONES, D. A. & D. VOLTOLINA. 2000. Grazing selectivity of red abalone *Haliotis rufescens* postlarvae on benthic diatom films under culture conditions. *Journal of the World Aquaculture Society* 31: 239-246.
- SIQUEIROS-BELTRONES, D. A., S. E. IBARRA-OBANDO & D. H. LOYA-SALINAS. 1985. Una aproximación a la estructura florística de las diatomeas epifitas de *Zostera marina* y sus variaciones temporales, en Bahía Falsa, San Quintín, B. C. *Ciencias Marinas* 2: 69-88.
- SIQUEIROS-BELTRONES, D. A., G. VALENZUELA-ROMERO, O. U. HERNÁNDEZ-ALMEIDA, U. ARGUMEDO-HERNÁNDEZ & F. O. LÓPEZ-FUERTE. 2004. Catálogo iconográfico de diatomeas de hábitats rocosos y su incidencia en la dieta de abulones (*Haliotis* spp.) jóvenes de Baja California Sur, México. *CICIMAR-Oceánides* 19: 29-103.
- STAL, L. J. 2010. Microphytobenthos as a biogeomorphological force in intertidal sediment stabilization. *Ecological Engineering* 36: 236-245.
- STIDOLPH, S. R., F. A. S. STERRENBURG, K. E. L. SMITH & A. KRABERG. 2012. *Stuart R. Stidolph Diatom Atlas*. U.S. Geological Survey Open-File Report 2012-1163, 199 p.

- SUNDBÄCK, K. & W. GRANÉLI. 1988. Influence of microphytobenthos on the nutrient flux between sediment and water: A laboratory study. *Marine Ecology Progress Series* 43: 63-69.
- SUNDBÄCK, K. & B. JÖNSSON. 1988. Microphytobenthic productivity and biomass in sublittoral sediments of a stratified bay, southeastern Kattegat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 122: 63-81.
- TROCCOLI-GHINAGLIA, L., J. A. HERRERA-SILVEIRA & F. A. COMÍN. 2004. Structural variations of phytoplankton in the coastal seas of Yucatán, Mexico. *Hydrobiologia* 519: 85-102.
- WACHNICKA, A., E. GAISER & J. BOYER. 2011. Ecology and distribution of diatoms in Biscayne Bay, Florida (USA): Implications for bioassessment and paleoenvironmental studies. *Ecological Indicators* 11: 622-632.
- WAHRER, R. J., G. A. FRYXELL & E. R. COX. 1985. Studies in pennate diatoms: valve morphologies of *Licmophora* and *Campylostylus*. *Journal of Phycology* 21: 206-217.
- WITKOWSKI, A., H. LANGE-BERTALOT & D. METZELTIN. 2000. Diatom flora of marine coasts 1. In: Lange-Bertalot, H. (Ed.). *Iconographia Diatomologica. Annotated diatom micrographs*. A.R.G. Ganter Verlag, Königstein. 925 p.

Recibido: 27 de agosto de 2012.

Aceptado: 21 de enero de 2013.