

## SILICOFLAGELADOS EN SEDIMENTACION EN LA REGIÓN SUROCCIDENTAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Álvarez-Gómez, I. G. & A. Martínez-López\*

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, CICIMAR-IPN. Av. Instituto Politécnico Nacional S/N, Col. Playa Palo de Santa Rita, Apdo. postal 592. La Paz, B.C.S. México. C.P. 23096. email: irelaalvarez@yahoo.com,\*amartin@ipn.mx

**RESUMEN.** Los silicoflagelados pueden ser utilizados como indicadores indirectos de las condiciones prevalentes de la capa superficial del océano, cuando ya se han depositado en el sedimento. No obstante, es esencial identificar y documentar las especies que habitan el área. Esto incluye la documentación visual y descriptiva de su variabilidad morfológica, lo cual fue logrado a través de observaciones continuas de los silicoflagelados en sedimentación en Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz desde enero de 2002 a diciembre de 2003. Se identificaron 13 taxones distribuidos en 4 géneros: *Corbisema* (1 especie), *Dictyochoa* (10 especies y variedades), *Octactis* (1 especie) y *Distephanus* (1 especie). En verano y otoño de ambos años se presentaron el mayor número de taxones (10 y 11 respectivamente); *Octactis pulchra* fue la única especie observada en las 65 muestras examinadas. Algunos taxones como *Dictyochoa calida*, *D. fibula* var *robusta*, *D. epiodon* y *O. pulchra* presentaron variaciones en sus esqueletos; ello sugiere una respuesta del grupo a las diferentes condiciones oceanográficas, lo que hace patente la necesidad de documentar esta variabilidad.

**Palabras clave:** silicoflagelados, trampa de sedimentos, variaciones morfológicas, fitoplancton, Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz.

### Settling silicoflagellates at the southwestern region of the Gulf of California

**ABSTRACT.** Silicoflagellates can be used, after their sedimentation, as a proxy of prevailing ocean surface conditions, however it is essential to identify and document the species inhabiting the study area. This includes a visual and descriptive record of their morphological variability which was accomplished by continuously monitoring the settling silicoflagellates in the Alfonso Basin (Bahía de La Paz) from January 2002 to December 2003. Thirteen taxa distributed in 4 genera: *Corbisema* (1 species), *Dictyochoa* (10 taxa), *Octactis* (1 species) and *Distephanus* (1 species) were identified. Highest number of taxa (10 and 11 respectively) was observed during the summer and autumn seasons of both years. *Octactis pulchra* was the only species observed in the 65 samples analyzed. Certain taxa such as *Dictyochoa calida*, *D. fibula* var *robusta*, *D. epiodon* and *O. pulchra* showed variations in their skeletons which suggest a group response to varying oceanographic conditions, making it imperative to document this variability.

**Keywords:** silicoflagellates, sediment trap, morphological variation, phytoplankton, Alfonso Basin, Bahía de La Paz.

Álvarez Gómez, I. G. & A. Martínez López. 2010. Silicoflagelados en sedimentación en la región suroccidental del Golfo de California. *CICIMAR Océánides*, 25(1): 17-24.

### INTRODUCCIÓN

El componente silíceo del fitoplancton está constituido por un gran número de especies entre diatomeas y silicoflagelados. Sin embargo, estos últimos representan sólo el 2% del componente (Lipps, 1993) y con un poco número de especies. Esto ha derivado en un escaso interés por este grupo en aguas mexicanas; no obstante, algunos trabajos realizados con estos organismos han demostrado su utilidad para inferir diferentes escenarios oceano-

gráficos relacionados con el clima pasado (Murray, 1982; Murray & Schrader, 1983), así como la advección de masas de agua de unas latitudes a otras (Pérez-Cruz & Molina-Cruz, 1988). Este grupo posee características distintivas que permiten que se conserven prácticamente intactos durante su hundimiento en la columna de agua, como el esqueleto externo robusto de sílice que resiste la disolución y les confiere mayor capacidad de hundimiento, aunado a la presencia de espinas que impiden que sean consumidos fácilmente por el si-

Fecha de recepción: 24 de noviembre, 2009

Fecha de aceptación: 08 de marzo, 2010

guiente nivel trófico, a diferencia de otros grupos del fitoplancton. Todas estas características determinan que permanezcan bien preservados en el sedimento y que constituyan parte substancial del flujo de material en hundimiento en los océanos (Osawa *et al.*, 2005), además de algunos mecanismos como los agregados marinos que facilitan su rápido hundimiento en la columna de agua (Takahashi, 1991).

La mayor cantidad de antecedentes de este grupo se han generado en el campo de la paleoceanografía, donde han sido meritorios de estudio. El primer antecedente sobre su distribución quedó plasmado en el trabajo de Polcheau (1976) quien reconoció siete taxones y dos morfotipos en el Océano Pacífico. Para el Golfo de California la información sobre este grupo es escasa y proviene principalmente de estudios del sedimento. En general, se han reportado solamente 8 taxones con distinta afinidad geográfica (Murray, 1982; Murray & Schrader, 1983; Schrader & Baumgartner, 1983; Pérez-Cruz & Molina-Cruz, 1988), misma información que ha sido útil para reconocer cambios en las condiciones hidrográficas del área. Particularmente, *Octactis pulchra* ha permitido reconocer condiciones productivas en periodos pasados por la presencia de aguas enriquecidas (Murray, 1982; Murray & Schrader, 1983; Schrader & Baumgartner, 1983; Schrader *et al.*, 1986). Otras especies como *Dictyocha calida*, *Dictyocha californica* y *Dictyocha fibula* var. *robusta* han evidenciado la influencia del fenómeno El Niño dentro del Golfo de California en la columna de agua (Pérez-Cruz & Molina-Cruz, 1988), ya que estas especies suelen distribuirse en aguas cálidas del Ecuador. Por otro lado, una combinación de condiciones oceanográficas fueron reportadas por Murray (1982) al encontrar la mezcla de especies de afinidad cálida y fría, como *D. calida* y *Dictyocha epiodon*, respectivamente, en los sedimentos superficiales de la boca del Golfo de California.

Aunque existen antecedentes sobre inferencias climáticas utilizando a los silicoflagelados depositados en los sedimentos del Golfo de California, la correcta interpretación de las condiciones oceanográficas o climáticas ocurridas décadas o siglos atrás, basada en las especies de los silicoflagelados, justifica la importancia de elaborar el inventario florístico del grupo, así como documentar su estacionalidad. Con este objetivo, en este estudio se re-

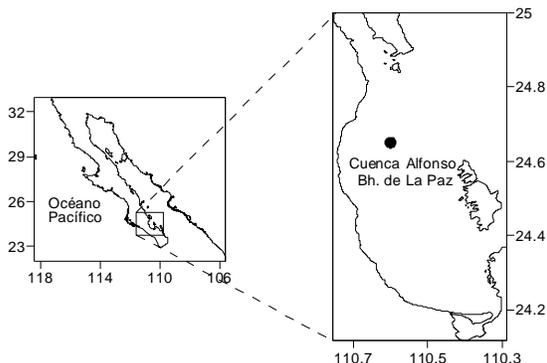
gistran los taxones de silicoflagelados presentes en Cuenca Alfonso en un periodo de dos años de observaciones continuas de sus flujos verticales, utilizando una trampa de sedimentos. Además, se amplía el conocimiento sobre estos organismos mostrando algunas alteraciones morfológicas en sus esqueletos y se documentan algunas sinonimias reportadas en la literatura para cada una de las especies identificadas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La Cuenca Alfonso se localiza en la porción suroccidental del Golfo de California entre los 24° 35' N y 110° 36' W, dentro de la Bahía de La Paz en la isobata de los 400 m (Cruz-Orozco *et al.*, 1996).

Por medio de una trampa de sedimentos (Technicap PPS3/3) que se mantuvo anclada a 360 m de profundidad (Fig. 1) se obtuvieron 65 muestras del material en hundimiento del periodo de enero de 2002 a diciembre de 2003. Estas muestras fueron tratadas utilizando el método de Hasle y Fryxell (1970), para eliminar carbonatos y materia orgánica. Posteriormente, se concentraron por medio de una cámara de sedimentación adaptada con una lámpara de luz roja y se elaboraron preparaciones permanentes utilizando resina Pleurax (IR= 1.65). La observación de los esqueletos se llevó a cabo utilizando un microscopio Zeiss con los objetivos 20x, 40x y 100x. Para las identificaciones de los silicoflagelados se

usaron las referencias de Loeblich *et al.*, (1968), Gemeinhardt (1929), Poelchau (1976), Huang (1979), Murray y Schrader (1983), Pérez-Cruz y Molina-Cruz (1988), De-



**Figura 1.** Localización del sitio de anclaje de la trampa de sedimentos (punto negro) en Cuenca Alfonso, Golfo de California.

**Figure 1.** Location of the site of sediment trap mooring (black dot) in Alfonso Basin, Gulf of California.



kahashi (1991) para esta especie en la Cuenca de Panamá.

*Dictyocha californica* Murray & Schrader (Lámina 1 b).

*Dictyocha* sp. A en Murray (1982), Murray & Schrader (1983) y Schrader & Baumgartner (1983).

*Dictyocha epiodon* Ehrenberg (Lámina 1 c-g)

*D. mandrai* en Schrader *et al.* (1986) y Onodera y Takahashi (2005), como *D. fibula* var *aculeata* en Huang (1979) y como *D. aculeata* en Barron y Bukry (2007). Esta especie presenta un anillo rómbico a octagonal, con 4 espinas radiales y espinas secundarias que se prolongan dentro y fuera de las barras basales, una espina apical que se proyecta desde el ápice del puente; las tallas del esqueleto fluctúan entre 30 y 35  $\mu\text{m}$  (Poelchau, 1976). Sin embargo, las tallas observadas en este trabajo (22.37-44.75  $\mu\text{m}$ ) tienen un rango más amplio que las reportadas por Poelchau (1976). Durante junio de 2003 algunos esqueletos fueron observados con un anillo apical adicional, esto como parte de las variaciones de la especie (Lámina 2 l).

*Dictyocha fibula* var *robusta* Murray & Schrader (Lámina 1 i-j)

*Dictyocha* sp. B en Murray (1982), Murray y Schrader (1983) y Schrader y Baumgartner (1983). *D. fibula* var. *robusta* se caracteriza por tener un esqueleto muy robusto, sub-circular con margen aserrado; en la base interna del anillo puede presentar espinas secundarias y barras basales ligeramente curvadas, tiene 4 espinas radiales más largas en el eje vertical y las dos del eje horizontal reducidas, las ventanas que salen del puente apical son más grandes que las que las opuestas a este (Murray, 1982; Murray & Schrader, 1983; Hernández-Becerril & Bravo-Sierra, 2001). Con respecto a los rangos de tallas, nuestras observaciones (Tabla 2) son menores a los reportados por Hernández-Becerril y Bravo-Sierra (2001), cuyas dimensiones son de 56-62  $\mu\text{m}$  de ancho y 65-76  $\mu\text{m}$  de largo. No sólo existen diferencias en tallas, sino también fueron notables algunas variaciones morfológicas durante julio de 2002. Esto podría ser resultado del incremento de nutrientes en la base de la zona eufótica, debido al ascenso de la picnoclina por la presencia de un giro ciclónico durante verano, que favorece la producción de silicoflagelados en subsuperficie (Vi-

**Tabla 2.** Rangos máximos y mínimos del diámetro mayor y menor del anillo basal de cada uno de los taxa. \* Señala a las dos especies que por su forma presentan un solo diámetro del anillo basal

**Table 2.** Major and minor basal ring diameter ranges of each taxa. \* Distinguish two species with only one basal ring diameter.

	Diámetro ( $\mu\text{m}$ )			
	Menor		Mayor	
	Mín	Máx	Mín	Máx
<i>Corbisema</i> sp.	17.40	17.40	19.89	19.89
<i>D. calida</i>	27.35	32.32	27.35	32.32
<i>D. californica</i>	32.32	39.78	52.21	59.67
<i>D. crux</i>	52.21	52.21	62.16	62.16
<i>D. epiodon</i>	22.37	42.27	24.86	44.75
<i>D. fibula</i> var. <i>robusta</i>	49.73	64.65	59.67	64.65
<i>D. messanensis</i> f. <i>messanensis</i>	14.91	24.86	19.89	27.35
<i>D. perlaevis</i>	42.27	47.24	52.21	64.65
<i>D. franshepardii</i>	17.40	22.37	29.83	37.29
<i>D. messanensis</i> f. <i>spinosa</i>	24.86	34.81	29.83	37.29
<i>D. pentagona</i>	37.29	42.27	42.27	42.27
<i>D. speculum</i> *			22.37	22.37
<i>O. pulchra</i> *			14.91	47.24

llegas-Aguilera, 2008). Esto es congruente con la observación de muchos especímenes deformados de esta especie en ambientes altamente eutrofizados y en el Mar Negro (Kozo Takahashi, com. pers.) así como en condiciones poco favorables para ellos. Entre las principales malformaciones que se observaron en este estudio se encuentran ventanas adicionales en sus esqueletos (Lámina 2 e-f), así como distorsiones del anillo basal (Lámina 2 d,h) y en algunas ocasiones el puente apical se observo horizontal con respecto a su eje (Lámina 2 g) .

*Dictyocha franshepardii* Bukry (Lámina 1 n)

*Dictyocha* sp. 2 en Murray (1982), Murray & Schrader (1983) y Schrader & Baumgartner (1983) y como *D. minima* en Schrader *et al.* (1986).

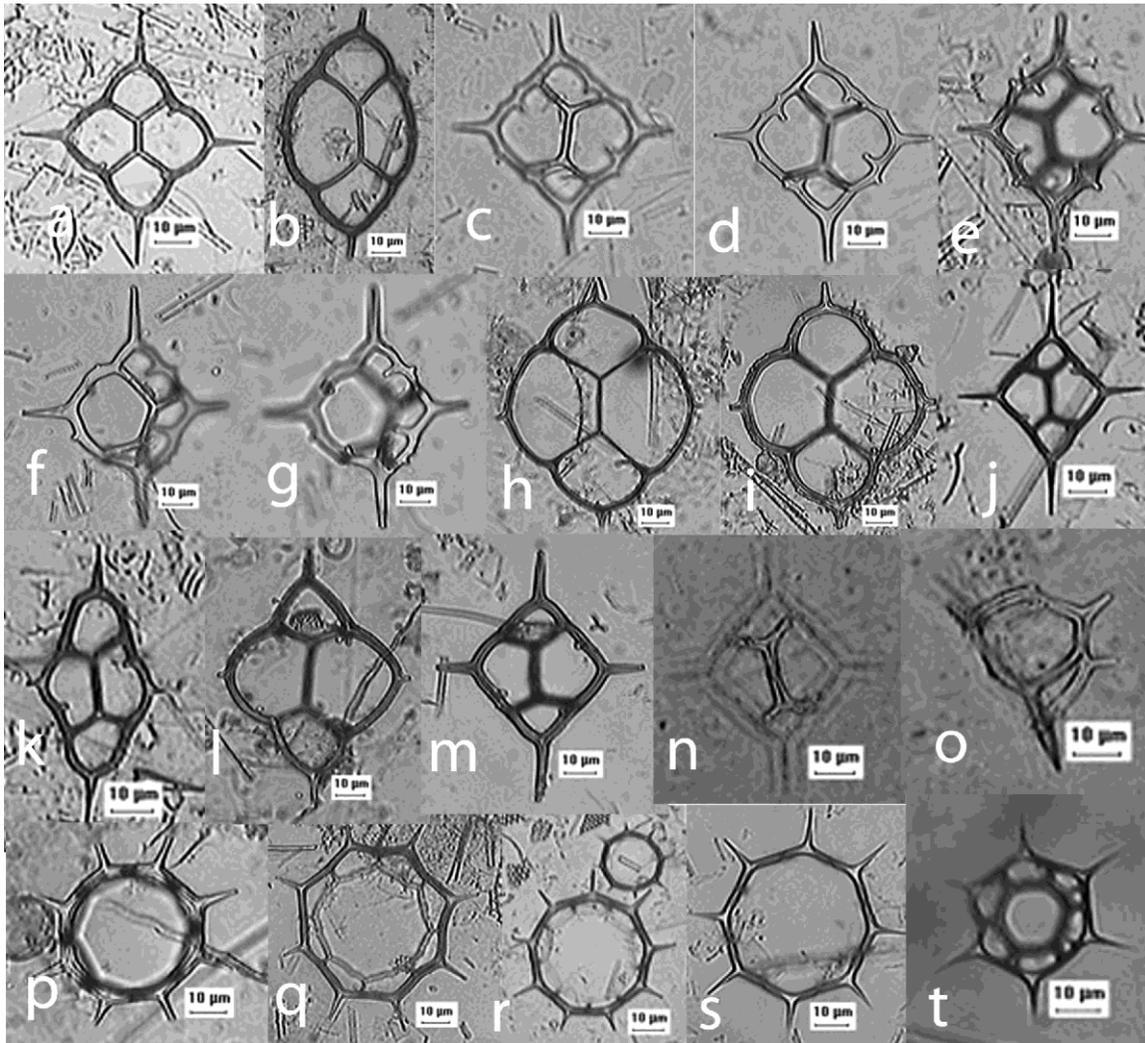
*Dictyocha messanensis* f. *messanensis* Haeckel (Lámina 1 j)

*D. messanensis* en Murray y Schrader (1983), Sancetta (1990), Romero *et al.* (2002) y Onodera y Takahashi (2005) y como *D. stapedia* en Barron y Bukry (2007)

*Dictyocha messanensis* f. *spinosa* Lemmermann (Lámina 1 m-o)

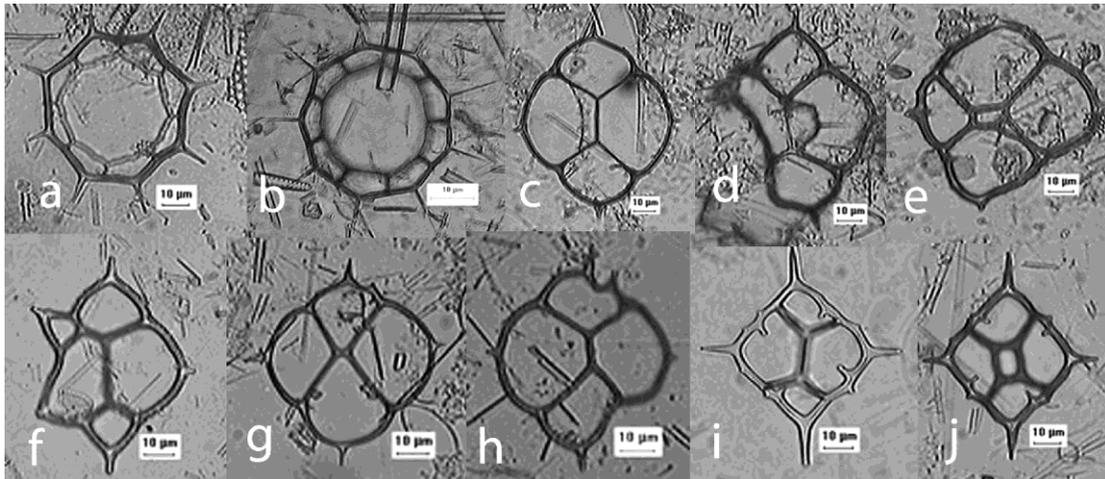
*D. fibula* en Huang (1979) y como *D. messanensis* en Murray & Schrader (1983)

*Dictyocha speculum* Ehrenberg (Lámina 1 t)



**Lámina 1.** Taxa de silicoflagelados identificados. *Dictyocha calida*: a) esqueleto común (40x); b) *Dictyocha californica* (40x); *Dictyocha epidora*: c) vista del puente apical (40x), d) contorno del anillo basal (40x), e) vista ventral (40x), f) lateral izquierda (40x), g) lateral derecha (40x); *Dictyocha fibula* var. *robusta*: h) esqueleto delgado (40x); i) esqueleto robusto (40x); *Dictyocha messanensis* forma *messanensis*: j) anillo comunmente observado (40x); k) *Dictyocha franshepardii* (40x); *Dictyocha perlaevis* (40x); *Dictyocha messanensis* forma *spinosa*: m) esqueleto común (40x), n) ligera apreciación de la espina apical (40x), o) vista lateral mostrando la espina apical más una espina secundaria (40x); *Octactis pulchra*: p) anillo robusto (40x), q) esqueleto común (40x), r) diferencias de tallas (40x), s) anillo basal (40x); *Distephanus speculum*: t) mostrando el anillo basal y apical (40x).

**Plate 1.** Silicoflagellate taxa identified. *Dictyocha calida*: a) common skeleton (40x); b) *Dictyocha californica* (40x); *Dictyocha epidora*: c) apical view of the bridge (40x), d) contour of the basal ring (40x), e) ventral view (40x), f) left side view (40x), g) right side view (40x); *Dictyocha fibula* var. *robusta*: h) thin skeleton (40x), i) robust skeleton (40x); *Dictyocha messanensis* forma *messanensis*: j) ring commonly observed (40x); k) *Dictyocha franshepardii* (40x); l) *Dictyocha perlaevis* (40x); *Dictyocha messanensis* f. *spinosa*: m) common skeleton (40x), n) slight appreciation of the apical spine (40x), o) side view showing apical spine and supporting spine (40x); *Octactis pulchra*: p) robust ring (40x), q) skeleton common (40x), r) differences in sizes (40x), s) basal ring (40x); *Distephanus speculum*: t) view of the basal and apical ring (40x).



**Lámina 2.** Malformaciones de los esqueletos de silicoflagelados. *Octactis pulchra*, a) esqueleto común (40x), b) anillo con 9 espinas (40x); *Dictyocha fibula* var. *robusta*, c) anillo comúnmente observado (40x), d,h) esqueleto plegado (40x), e-f) esqueletos con ventanas adicionales (40x), g) puente apical inverso (40x); *Dictyocha epidon*, i) esqueleto característico (40x), j) variante con un anillo apical (40x).

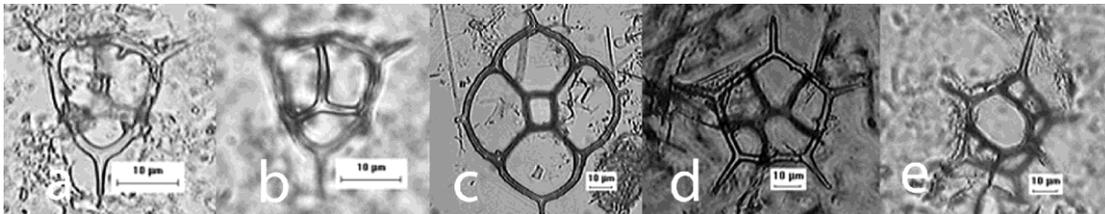
**Plate 2.** Abnormal silicoflagellate skeletons. *Octactis pulchra*: a) common skeleton (40x), b) ring with 9 spines (40x); *Dictyocha fibula* var. *robusta*: c) ring commonly observed (40x), d,h) skeleton distorted (40x), e-f) skeletons with additional windows (40x), g) apical bridge inverted (40x); *Dictyocha epidon*: i) skeleton pattern (40x), j) variant with an apical ring (40x).

*D. speculum* en Jochem & Babenerd (1989)

*Octactis pulchra* Schiller (Lámina 1 p-s)

*Dictyocha octonaria* en Round (1967) y Hernández-Becerril y Bravo-Sierra (2001), citada como *Distephanus pulchra* en Schrader *et al.* (1986) y Takahashi y Blackwelder (1992) y como *Distephanus speculum* var. *septenarius*, *Distephanus octonarius* var. *octonarius* y *Distephanus octonarius* var. *polyactis* en Huang (1979). Esta especie consta de dos anillos, uno basal grueso y otro apical delgado; del anillo basal parten 8 espinas radiales cónicas generalmente las de los extremos polares son las más largas de todas (Poelchau,

1976). Sin embargo, algunas distinciones morfológicas fueron observadas en las muestras de la trampa, tales como anillos que presentaron alteraciones en el número y tamaño de las espinas radiales (de 9 ó 10) y fueron más notables durante diciembre de 2002 (Lámina 2 b). Malformaciones similares han sido documentadas por Takahashi (1991) para zonas tropicales, al igual que para zonas subtropicales del Pacífico (Hernández-Becerril & Bravo-Sierra, 2001) y del Atlántico (Takahashi, 1991) y en una región templada de la costa de Chile por González (1985). Asimismo, el rango mínimo observado fue de 14.91 y el máximo de 47.24  $\mu\text{m}$  (Tabla 2), las cuales son similares a los rangos reportados por Poelchau (1976) y Takahashi (1991), de 19.38  $\mu\text{m}$  y



**Lámina 3.** Nuevos registros dentro de la Bahía de La Paz. *Corbisema* sp.: a) esqueleto con tres espinas accesorias internas (100x), b) mostrando la barra apical (100x); *Dictyocha crux*: c) anillo basal (40x); *Dictyocha pentagona*: d) anillo basal en el cual se denotan algunas espinas accesorias (100x), e) vista dorsal (40x).

**Plate 3.** New records in Bahía de La Paz. *Corbisema* sp.: a) skeleton with three internal accessory spines (100x), b) showing the apical rod (100x); *Dictyocha crux*: c) basal ring (40x); *Dictyocha pentagona*: d) basal ring with some accessory spines (100x), e) dorsal view (40x).

17-28  $\mu\text{m}$  de diámetro respectivamente. Sin embargo, nuestras mediciones difieren con el rango máximo (38 a 52  $\mu\text{m}$ ) reportado por Hernández-Becerril y Bravo-Sierra (2001).

### Nuevos registros

Tres nuevos taxones fueron observados durante el periodo de muestreo: *Corbisema* sp., *Dictyocha pentagona* y *Dictyocha crux*. *Corbisema* sp. se presentó durante verano de 2002 y otoño de 2003, en tanto que *D. crux* (Lámina 3 c) se observó en verano y otoño de 2002 y *D. pentagona* (Lámina 3 d-e) solamente en 2003 durante primavera, verano y otoño; estos silicoflagelados incluidos como nuevos registros fueron citados por primera ocasión en Álvarez-Gómez (2007) de donde deriva esta publicación; posteriormente, uno de ellos fue registrado por Gárate-Lizárraga *et al.* (2009). *Corbisema* sp. (Lámina 3 a-b) y *D. pentagona* no habían sido reportados para la Bahía de La Paz o para el Golfo de California en trabajos anteriores realizados tanto en columna de agua (Pérez-Cruz & Molina-Cruz, 1988; Thunell *et al.*, 1996; Hernández-Becerril & Bravo-Sierra, 2001) como en sedimentos (Murray, 1982; Murray & Schrader, 1983 y Schrader & Baumgartner, 1983).

### CONCLUSIONES

Los trece taxones de silicoflagelados encontrados durante el periodo 2002-2003 en la Cuenca Alfonso, representan el mayor registro de silicoflagelados dentro del Golfo de California y se demuestra la permanencia de este grupo fitoplanctónico a lo largo del año. *O. pulchra* es la especie más representativa y persistente. Las variaciones morfológicas en los esqueletos de *D. fibula* var. *robusta*, *D. epidon* y *O. pulchra*, aparentemente representan una respuesta al enriquecimiento de la zona eufótica; de igual forma, el tamaño variable de las tallas registradas, comparadas con las de otras regiones, podría estar en función de la disponibilidad de nutrientes de cada sitio

### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al proyecto SIP "Impacto del cambio climático sobre la región suroeste del Golfo de California" con clave 20091244. Al Proyecto CONACyT "Variabilidad climática en el Holoceno: estudio en registros naturales de alta resolución (sedimentos laminados) del Golfo de California". A. M. L. es becaria de COFAA y EDI.

### REFERENCIAS

- Álvarez-Gómez, I.G. 2007. *Flujos de silicoflagelados en la Cuenca Alfonso, Bahía de La Paz, Golfo de California*. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de los Mochis (México). 89 p. <https://doi.org/10.2307/j.ctv3f8q98.3>
- Barron A.J. & D. Bukry. 2007. Solar forcing of Gulf of California climate during the past 2000 yr suggested by diatoms and silicoflagellates. *Marine Micropaleontology*, 62: 115-139. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2006.08.003>
- Cruz-Orozco, R., G. Martínez-Noriega & A. Mendoza-Maravilla. 1996. Batimetría y sedimentos de Bahía de La Paz, B.C.S. México. *Oceanides*, 11: 21-27.
- Desikachary, T.V. & P. Prema. 1996. *Silicoflagellates (Dictyochophyceae)*. Bibliotheca Phycologica 100, Berlin, Stuttgart. 299 p.
- Gárate-Lizárraga, I., C.J. Band-Schmidt, F. Aguirre-Bahena & T. Grayeb del Alamo. 2009. A multispecies microalgae bloom in Bahía de La Paz, Gulf of California, México (June 2008). *CICIMAR Oceanides*, 24(1): 15-29. <https://doi.org/10.37543/oceanides.v24i1.50>
- Gemeinhardt, K. 1929. Silicoflagellatae. 1-87, En: Rabenhorst, Dr. L. (Ed.) *Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz Leipzig*, Akademische Verlagsgesellschaft, 2.
- González, H. 1985. Taxonomical survey on silicoflagellates in Central Chile. *Nova Hedwigia*, 41: 483-494.
- Hasle, G.R. & G.A. Fryxell. 1970. Diatoms: cleaning and mounting for light and electron microscopy. *Trans. Micr. Soc.*, 89(4): 49-474. <https://doi.org/10.2307/3224555>
- Hernández-Becerril, D.U. & E. Bravo-Sierra. 2001. Planktonic Silicoflagellates (Dictyochophyceae) from the Mexican Pacific Ocean. *Botánica Marina*, 44: 417-423. <https://doi.org/10.1515/BOT.2001.050>
- Huang, R. 1979. A study on the Silicoflagellates along the Northern Coast of Taiwan. *Science Reports of the National Taiwan University*, 9: 119-125.

- Jochem J.F. & B. Babenerd 1989. Naked *Dictyocha speculum*, a new type of phytoplankton bloom in the Western Baltic. *Marine Biology*, 103: 373-379. <https://doi.org/10.1007/BF00397272>
- Lipps, J.H. 1993. Silicoflagellates. 141-154, En: McCartney, K. (Ed.) *Fossil Prokaryotes and Protist*. Blackwell Scientific Publications, 342 p.
- Loeblich R.A. III, L.A. Loeblich, H. Tappan, & R.A. Loeblich Jr. 1968. Annotated index of fossil silicoflagellates and ebridians with descriptions and illustrations of validly proposed taxons. *The Geological Society of America Inc. Mem.*, 106: 319. <https://doi.org/10.1130/MEM106-p1>
- Murray, D. W. 1982. *Paleo-Oceanography of the Gulf of California Based on Silicoflagellates from Marine Varved Sediments*. Tesis de maestro en ciencias. Oregon State University, E.U.A. 126 p.
- Murray, D. & H. Schrader, 1983. Distribution of Silicoflagellates in plankton and core top samples from the Gulf of California. *Marine Micropaleontology*, 7: 517-539. [https://doi.org/10.1016/0377-8398\(83\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0377-8398(83)90013-0)
- Onodera, J. & K. Takahashi. 2005. Silicoflagellate fluxes and enviromental variations in the northwestern North Pacific during december 1997-may 2000. *Deep-Sea Research*, 52(1): 371-388. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2004.10.001>
- Osawa, M., K. Takahashi & B.J. Hay. 2005. Shell-bearing plankton fluxes in the central Black Sea, 1989-1991. *Deep-Sea Research*, 1(52):1677-1689. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2005.04.005>
- Pérez-Cruz, L.L. & A. Molina-Cruz. 1988. El Niño 1983: Efecto sobre la distribución de los silicoflagelados del Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 14(3):9-38. <https://doi.org/10.7773/cm.v14i3.606>
- Poelchau, H.S. 1976. Distribution of Holocene silicoflagellates in North Pacific sediments. *Micropaleontology*, 22(2): 164- 193. <https://doi.org/10.2307/1485399>
- Romero, O.E., C.B. Lange & G. Wefer. 2002. Interannual variability (1988-1991) of siliceous phytoplankton fluxes off Northwest Africa. *Journal of Plankton Research*, 24(10):1035-1046. <https://doi.org/10.1093/plankt/24.10.1035>
- Round, F.E. 1967. The phytoplankton of the Gulf of California. Part 1. Its composition, distribution and contribution to the sediments. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology*, 1:76-97. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(67\)90008-1](https://doi.org/10.1016/0022-0981(67)90008-1)
- Sancetta, C. 1990. Seasonal occurrence of silicoflagellate morphologies in different environments of the eastern Pacific Ocean. *Marine Micropaleontology*, 16: 285-291. [https://doi.org/10.1016/0377-8398\(90\)90007-9](https://doi.org/10.1016/0377-8398(90)90007-9)
- Schrader, H. & T. Baumgartner. 1983. Decadal variation of upwelling in the Central Gulf of California. 247-276, En: Thiede J. & E. Suess (Eds.) *Coastal Upwelling*. Plenum Publ. Co., New York. [https://doi.org/10.1007/978-1-4613-3709-6\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4613-3709-6_12)
- Schrader, H., N. Piasias & G. Cheng. 1986. Seasonal variation of silicoflagellates in phytoplankton and varved sediments in the Gulf of California. *Marine Micropaleontology*, 10: 207-233. [https://doi.org/10.1016/0377-8398\(86\)90030-7](https://doi.org/10.1016/0377-8398(86)90030-7)
- Takahashi, K. 1991. Silicoflagellates and *Actiniscus*: Vertical Fluxes at Pacific and Atlantic Sediment Trap Stations. *Ocean Biocenosis*, 2: 31. <https://doi.org/10.1575/1912/407>
- Takahashi, K. & L.P. Blackwelder. 1992. The spatial distribution of silicoflagellates in the region of the Gulf Stream warm-core ring 82b: application to water mass tracer studies. *Deep-Sea Research*, 39: 327-346. [https://doi.org/10.1016/S0198-0149\(11\)80018-X](https://doi.org/10.1016/S0198-0149(11)80018-X)
- Thunell, R., C. Pride, P. Ziveri, F.K. Muller, C. Sancetta & D. Murray. 1996. Plankton response to physical forcing in the Gulf California. *Journal of Plankton Research*, 18(11): 2017-2026. <https://doi.org/10.1093/plankt/18.11.2017>
- Villegas-Aguilera, M.M. 2008. *Fitoplancton silíceo de la zona eufótica como señal de la productividad primaria en Cuenca Alfonso, Golfo de California*. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN (México). 95 p.

Copyright (c) 2010 Álvarez-Gómez, I. G. & A. Martínez-López.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](#).

Usted es libre para **Compartir** —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y **Adaptar** el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

**Atribución:** Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia - Texto completo de la licencia](#)