

## Distribución y estructura de comunidades de diatomeas en sedimentos de un sistema de manglar

### Structure and distribution of diatom communities in sediments of a mangrove system

Francisco Omar López -Fuerte<sup>1</sup>,  
David A. Siqueiros-Beltrones<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Zooplancton. U. A. B. C. S. La Paz, Baja California Sur, México. folopez@uabcs.mx.

<sup>2</sup>Depto. de Plancton y Ecología marina, CICIMAR-IPN. Apartado postal 592. La Paz, Baja California Sur, México, C.P. 23096. dsiquei@ipn.mx.

López- Fuerte F. O., D. A. Siqueiros-Beltrones. 2006. Distribución y estructura de comunidades de diatomeas en sedimentos de un sistema de manglar. *Hidrobiológica* 16 (1): 23-33.

#### RESUMEN

Se determinó la estructura de las comunidades de diatomeas en los sedimentos adyacentes al manglar, para dos períodos del año (frío y cálido), en cinco sitios de Zona de Canales dentro del Sistema Lagunar Magdalena-Almejas, más uno, apartado, en el área de San Carlos. Se reconocieron un total de 325 taxa, a niveles de especie, variedad y forma. El mayor número de especies estuvo representado dentro de los géneros: *Navicula* (33), *Amphora* (31), *Nitzschia* (26), *Cocconeis* (16) y *Lyrella* (15). Las comunidades de diatomeas estuvieron compuestas principalmente por una mezcla de taxa episámicos y epipélicos. La distribución de las especies dominantes (muy abundantes) y abundantes resultó casi continua en los sitios de muestreo y en ambos periodos. De los 24 taxa más importantes numéricamente (IVB), ocho se presentaron en ambos períodos. Los valores de diversidad ( $H'$  y  $1-\lambda$ ) fueron elevados en los seis sitios de muestreo en ambos períodos y no variaron significativamente ( $\alpha = 0.05$ ) por sitio o fecha de muestreo. Aunque un sitio (San Carlos) no varió significativamente de los otros (Zona de Canales) en cuanto a diversidad, sí difirió en la composición de especies. Destacó la ausencia de especies de *Lyrella* y *Mastogloia* en dicho sitio, mismas que fueron características de Zona de Canales. Las comunidades de diatomeas de sedimentos de manglar de Zona de Canales de Bahía Magdalena se distribuyen homogéneamente, espacial y temporalmente, y se caracterizan por una elevada riqueza y diversidad de especies.

**Palabras clave:** Diatomeas, comunidades, manglar, diversidad, distribución.

#### ABSTRACT

The structure of diatom communities from the sediments bordering the mangrove forest was determined for two periods (cool and warm) in five sites of Zona de Canales, and in a sixth site in the San Carlos area within the Magdalena-Almejas lagoon system. 325 taxa were identified at the species, variety and form levels. The greater number of species were represented within the genera: *Navicula* (33), *Amphora* (31), *Nitzschia* (26), *Cocconeis* (16) y *Lyrella* (15). The surveyed communities are composed mainly by a mixture of episammic and epipellic taxa. The distribution of dominant (highly) abundant and abundant species was very much continuous, in both periods and sampling sites. Out of the 24 most important taxa in terms of their abundances and frequencies (BVI), eight occurred in both periods. Diversity values ( $H'$  y  $1-\lambda$ ) were high in the six sampling sites during the two periods and showed no significant differences ( $\alpha = 0.05$ ) by site or date of sampling. Although the San Carlos site did not vary significantly from Zona de Canales (ZC) sites, in terms of diversity, it does in its species composition.

The absence of *Lyrella* and *Mastogloia* species from this site, while being conspicuous in ZC is underlined. The diatom assemblages in the mangrove sediments of ZC in Bahía Magdalena are characterized by high species richness and diversity, homogeneously distributed, both temporally and spatially.

**Key words:** Diatom, communities, mangrove, diversity, distribution.

## INTRODUCCIÓN

En los sistemas de manglar, al igual que en los ambientes intermareales, las diatomeas bentónicas son un componente primordial en las comunidades microbianas; ayudando a estabilizar los sedimentos y manteniendo la humedad, además de contribuir de manera importante a la producción primaria (Navarro, 1988; Cahoon & Safir, 2002). Aunque de lo anterior se deriva que las taxocenosis de diatomeas son un componente de las comunidades, aquí nos referimos a comunidades de diatomeas *sensu* Busse y Snoeijs (2003). Es decir a taxocenosis o conjunto de poblaciones de taxa de diatomeas en un determinado habitat.

En los sedimentos del manglar la flora de diatomeas bentónicas exhibe una cierta estacionalidad; así como desaparecen, ya sea como especies o comunidades, casi de inmediato son reemplazadas por otras (Hendey, 1964). Las causas de dicho comportamiento se desconocen, ya que los nutrientes necesarios para el desarrollo de las diatomeas prácticamente nunca se agotan en los sedimentos (Hendey, 1964). No obstante, la microflora generalmente se encuentra en constante cambio y sólo unas cuantas especies pueden estar presentes temporalmente durante largos periodos o estacionalmente (Cook & Whipple, 1982).

En diferentes investigaciones se ha tratado de entender la forma en que distintas variables físicas y químicas (*e. g.* granulometría, salinidad, temperatura, etc.) influyen sobre la distribución de las diatomeas que se desarrollan en los lodos y arenas del intermareal (Miller *et al.*, 1987; Keithan *et al.*, 1988; Underwood *et al.*, 1998; Vilbaste *et al.*, 2000). Sin embargo, la mayoría de los estudios sobre diatomeas en los ambientes de manglar son de carácter florístico (Reyes-Vásquez, 1975; Foged, 1975; Maples, 1983; Navarro, 1982; Wah y Wee, 1988; Siqueiros-Beltrones & Morzaria-Luna, 1999; Siqueiros-Beltrones & López-Fuerte, en prensa); sólo en algunos se ha abordado un examen de la estructura de las comunidades, (Sullivan, 1980; 1981; Navarro & Torres, 1987; Siqueiros-Beltrones & Sánchez-Castrejón, 1999; Siqueiros Beltrones *et al.*, 2005), pero sin precisar alguna relación con variables ambientales. De cualquier forma, los estudios realizados sobre diatomeas bentónicas en ambientes de manglar

resultan insuficientes para proponer una teoría precisa sobre su estructura y distribución, y de sus variaciones temporales.

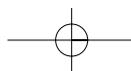
Los pocos estudios sobre diatomeas bentónicas en ambientes de manglar sugieren ya la existencia de una taxocenosis rica y diversa, lo cual pudiera ser considerado como una condición particular. Lo anterior exige el estudio sistemático de las comunidades de diatomeas en estos ambientes, para determinar la existencia o no de una flora representativa.

En el Golfo de California los manglares se distribuyen hasta los 30° N, mientras que en la costa occidental de la península de Baja California el Sistema Lagunar Magdalena-Almejas (25° N) representa su límite de distribución (Blasco, 1984). Los manglares que se presentan en este sistema son de tipo arbustivo, con una distribución irregular; e integrados principalmente por tres especies: *Rhizophora mangle* L. (mangle rojo), *Avicennia germinans* [L.] Stearn (mangle negro) y *Laguncularia racemosa* [L.] Gaertner (mangle blanco).

La investigación tuvo como objetivo determinar la estructura de las comunidades de diatomeas y sus variaciones espacio-temporales, en los sedimentos de manglar del Sistema Lagunar Magdalena-Almejas, particularmente, en la parte denominada Zona de Canales. Nuestra hipótesis indica que se trata de una flora diatomológica rica y diversa, representativa de los sedimentos adyacentes al manglar, misma que se distribuye homogéneamente en los sitios de muestreo, pero que difiere del período frío al cálido. Para demostrar esto, fue necesario la elaboración de la lista de especies de diatomeas en los sedimentos y el cálculo de los parámetros ecológicos que describen la estructura de sus comunidades, *i.e.*, diversidad, equidad, y dominancia; así como las especies más abundantes y mejor distribuidas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio:** El sistema Lagunar Magdalena-Almejas (Fig.1) se localiza en una zona de transición biogeográfica, entre los 24° 15' y 25° 20' N y los 111° 30' y 112° 12' W (Castro-Aguirre & Torres, 1993). Es el sistema lagunar más grande e importante en la costa occidental de la península de



Distribución de diatomeas en ambientes de manglar.

25

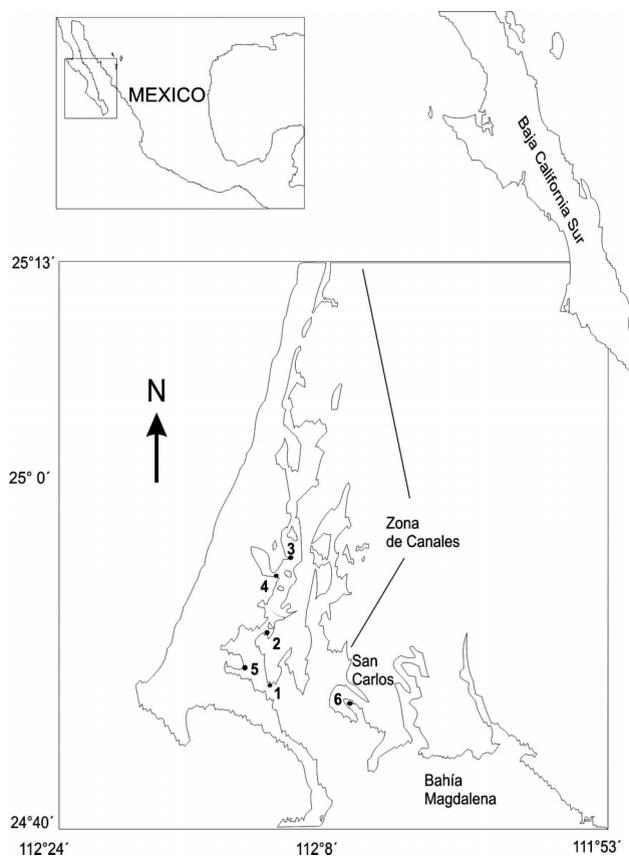


Figura 1.- Localización del Sistema Lagunar Bahía Magdalena-Bahía Almejas, y ubicación de los sitios de muestreo en Zona de Canales y San Carlos.

Baja California; se divide en tres zonas: la sur llamada Bahía Almejas), la central (Bahía Magdalena), y la noroeste, llamada Zona de Canales. Esta última está compuesta por una gran cantidad de canales irregulares con una profundidad promedio de 3.5 m. Presenta influencia oceánica a través de Boca de la Soledad en el extremo norte, y al sur por la boca de Bahía Magdalena.

En Zona de Canales se tienen registradas las velocidades máximas de corriente durante el flujo-reflujo y se registran las temperaturas y salinidades superficiales más elevadas (37.3 a 39.2 UPS) de todo el Sistema Lagunar (Nienhuis & Guerrero, 1985; Obeso-Nieblas, 1999). Las tres zonas se encuentran bordeadas por bosques de manglar, principalmente *Avicennia germinans* y *Rhizophora mangle*. Las variaciones climáticas definen dos temporadas a lo largo del año, una fría de noviembre a abril y una cálida de mayo a octubre, aunque los límites entre estas no son claros (Gárate-Lizárraga & Siqueiros-Beltrones, 1998).

**Estrategia de muestreo:** Los muestreos se efectuaron en abril y en octubre (2002) y se trataron de representar los

períodos frío y cálido, respectivamente. Además, al representar los límites de dichas temporadas, estas fechas mostrarían características transicionales propiciando la manifestación de ciertos taxa que estarían ausentes en las temporadas pico. Los muestreos se realizaron durante marea baja, en cinco sitios de muestreo en Zona de Canales, y uno más en San Carlos (Bahía Magdalena); los mismos en ambos períodos.

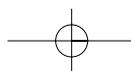
En cada sitio se recolectaron, con una espátula, dos muestras de sedimento de aproximadamente 9 cm de diámetro y 0.5 cm de grosor (utilizando la parte superior de una caja de Petri como molde); se guardaron en cajas de Petri, en hielo y oscuridad. Las muestras recolectadas (puntos) se encontraban separadas entre sí por una distancia de entre 5 a 10 metros, pretendiendo evitar el posible efecto de la clásica distribución agregada (en manchones) de las diatomeas.

En el laboratorio, de las dos muestras se conformó una muestra compuesta. La materia orgánica en el interior (y exterior) de las frústulas fue oxidada usando una mezcla de muestra - ácido nítrico - etanol comercial, en proporción de 1: 3: 1 (Siqueiros Beltrones, 2000). Una vez lavadas (pH >6), las frústulas limpias se montaron por triplicado en Pleurax. (IR = 1.7).

**Variables químicas y físicas.** Para cada sitio de muestreo se midió la salinidad intersticial con un refractómetro (ATAGO S/MIL), extrayendo unas gotas de agua del sedimento a través de papel filtro, usando una jeringa. La temperatura intersticial se obtuvo con un termómetro de campo un cm dentro del sedimento.

**Textura de los sedimentos y materia orgánica:** La composición y proporción de cada uno de los componentes de los sedimentos se determinó mediante las técnicas del hidrómetro y de tamices (Costet & Sanglerat, 1975). Se utilizó la escala de Wentworth para definir el tipo de arena según los valores de Phi ( $\phi$ ); así, de 2.25 a 3.0  $\phi$  se consideró como arena fina, y de 3.25 a 4.0  $\phi$  como arena muy fina. El porcentaje de materia orgánica se determinó mediante la técnica de oxidación crómica de Walkley-Black modificada (Rosales, 1979).

**Florística:** La composición florística a nivel de especie fue determinada independientemente de la cuantificación de los taxa, para identificar tantas especies como fuera posible. La identificación taxonómica se basó en trabajos tradicionales: Peragallo y Peragallo (1897-1908); Hustedt (1930, 1955, 1959, 1961-66); Hendey (1964); Cleve-Euler (1951 - 1955); Schmidt *et al.* (1874-1959); y literatura reciente: Navarro (1982); Foged (1984); Moreno *et al.* (1996); Siqueiros-Beltrones



(2000); Witkowski *et al.* (2000); Siqueiros-Beltrones (2002). Se siguió la clasificación de Round *et al.* (1990).

Las observaciones se hicieron con un microscopio Zeiss, con contraste de fases, a una magnificación de 1000 X. Se tomaron microfotografías con un microscopio Olympus CH-2 (película Kodak color ASA 800) de la mayoría de los taxa, para facilitar su identificación.

**Análisis cuantitativo:** Para determinar la abundancia relativas de los taxa, se censaron dos laminillas por sitio de muestreo. El tamaño mínimo de muestra o número de frústulas (1000) se seleccionó según Siqueiros-Beltrones *et al.* (1991). Los conteos se realizaron sobre un recorrido (transecto) al centro de la laminilla, iniciando en uno de los márgenes y continuando hasta completar 500 frústulas por cada laminilla, para completar así las 1000 frustulas.

**Estructura de las comunidades:** Para estimar la diversidad en las comunidades se utilizaron índices derivados de la teoría de la información ( $\log_2$ ); así, se calcularon la diversidad de especies ( $H'$ ) y la equidad de Pielou ( $J'$ ). Asimismo, para una mejor interpretación de las medidas de diversidad, se calcularon los índices de dominancia ( $\lambda$ ) y de diversidad de Simpson ( $1-\lambda$ ) (Brower *et al.*, 1998). Para determinar las especies dominantes dentro de las comunidades se calculó el Índice de Valor Biológico (IVB) (Sanders, 1960) para cada mes de muestreo.

La similitud entre las comunidades de diatomeas se midió con base en datos de presencia / ausencia de especies

y también considerando sus abundancias relativas, usando los índices de Jaccard y de Morisita, respectivamente (Magurran, 1988). Los valores se introdujeron a un módulo de clasificación aglomerativo con algoritmo flexible y modo Q. Debido a la variación azarosa que pueden exhibir las formas raras, en este caso representadas principalmente por las especies con abundancia absoluta < 19, dichos taxa (7 % de las diatomeas cuantificadas) fueron excluidos en los cálculos de similitud (Stephenson y Cook, 1980; De La Cruz-Agüero, 1994). Todos los cálculos se hicieron con el paquete ANACOM (Análisis de Comunidades) versión 3.0 (De La Cruz-Agüero, 1994).

Bajo la premisa de que todos los sitios representan un mismo tipo de hábitat y que las comunidades de diatomeas exhiben una estructura similar, se realizaron las siguientes pruebas estadísticas. Los resultados de temperatura ( $T^\circ$ ) y salinidad intersticial (UPS), así como los de porcentaje de materia orgánica (% MO) se compararon mediante una prueba no paramétrica de Man-Whitney (Snedecor y Cochran, 1981). Los valores de diversidad ( $H'$  y  $1-\lambda$ ) se compararon mediante la prueba de Kruskal-Wallis, donde  $H_0$  = no existen diferencias significativas entre dichos valores por período y sitio de muestreo ( $\alpha = 0.05$ ). De la misma manera, se aplicó una prueba de independencia para los valores de S, en donde  $H_0$  = no existe dependencia entre los valores de S y los sitios de muestreo.

Tabla 1. Valores de salinidad (UPS) y temperatura ( $T^\circ$  C) intersticial, tipo de arena (TA), tamaño medio de grano ( $\phi$ ) y porcentaje de contenido de materia orgánica (%MO) medidos en abril (A) y octubre (O) del 2002, en Zona de Canales.

Sitio		1	2	3	4	5	6
Abril	UPS	45	40	41	40	41	41
	$T^\circ$	26.5	27	27	24	25.5	27
	TA	AF	AF	AF	AF	AF-MF	AF-MF
	$\phi$	2.651	2.158	2.375	2.780	2.686	2.353
Octubre	MO	0.6	0.6	0.6	0.4	0.8	0.8
	UPS	44	47	47	49	44	---
	$T^\circ$	26	28	29	27	24.5	27
	TA	AF	AF	AF	AF	AF	AF
	$\phi$	2.457	2.332	2.218	2.711	2.692	2.446
	MO	0.8	0.1	0.4	0.3	0.2	0.05

Arena Fina = AF, Arena Fina-Muy Fina = AF-MF.

Distribución de diatomeas en ambientes de manglar.

## RESULTADOS

**Variabes físicas y químicas.**- Los valores de temperatura y salinidad intersticiales resultaron elevados para los dos períodos muestreados (Tabla 1). No se hallaron diferencias significativas ( $T = 12$ ,  $\alpha = 0.05$ ) por mes de muestreo entre los valores de temperatura; mientras que, entre los valores de salinidad sí ( $T = 2$ ,  $\alpha = 0.05$ ), siendo más altos en el período cálido. Aunque ambos tipos de datos son puntuales, proporcionan una idea de las condiciones que imperan en los sitios de muestreo durante marea baja. Los porcentajes de materia orgánica (% MO) en general fueron bajos (Tabla 1) y se encontraron diferencias significativas ( $T = 5.5$ ;  $\alpha = 0.05$ ) por período de muestreo. En el mes de abril los % MO resultaron más homogéneos y más elevados en general, respecto a los del mes de octubre en el que además, estos resultan muy disímiles entre sitios. De acuerdo con los análisis granulométricos, los sedimentos de los seis sitios de muestreo se caracterizan por la presencia de dos tipos de arena, fina y muy fina (Tabla 1).

**Florística.**- El análisis florístico de las diatomeas en los sedimentos adyacentes al manglar en Zona de Canales redujo 325 taxa (entre especies, variedades y formas) pertenecientes a 75 géneros. El mayor número de especies perteneció a los géneros: *Navicula* (33), *Amphora* (31), *Nitzschia* (26), *Cocconeis* (16), *Lyrella* (15) y *Diploneis* (12). La riqueza de especies (S) resultó elevada en todos los sitios de muestreo (Tabla 2); en el mes de abril varió entre 68 y 108 taxa, mientras que en octubre, entre 49 y 119; con el valor más elevado en el sitio 2 y el mínimo fuera de Zona de Canales, en ambos períodos. Aunque la prueba de independencia indicó que existían diferencias significativas en S (5 g.l.,  $\alpha = 0.05$ ), no

se notó un patrón, o relación con las variables físicas y químicas.

**Estructura de las comunidades:** Se contabilizaron 12, 298 valvas, pertenecientes a 251 taxa. De acuerdo con las abundancias relativas de los distintos taxa se segregaron grupos; aquellos que estuvieron representados por 200 o más individuos (15) conformaron el grupo de las dominantes; entre 100 y 199 el de abundantes (30); entre 20 y 99 las comunes (34); y entre 19 y menos individuos conformaban el grupo de los taxa raros (172). Las especies con valores más elevados de IVB son formas típicamente episámicas. Así, de acuerdo con sus abundancias y frecuencias en las comunidades, se pueden considerar los taxa representativos del área de estudio, aunque por sus tallas no sean conspicuas. A saber: *Opephora mutabilis* (Grunow.) Sabbe y Vyverman, *Opephora krumbeinii* Witkowski et al., *Cymbella* cf. *pusilla* Grunow, y *Achnanthes lanceolata* var. *elliptica* Cleve (Tabla 3). Sólo ocho taxa con alto valor de IVB estuvieron presentes en ambos meses: *O. mutabilis*, *O. krumbeinii*, *Cymbella* cf. *pusilla*, *Navicula salinarum* Grunow, *N. parva* (Menegh.) Cleve, *Planothidium heidenii* Schulz, *Navicula cruciculoides* Brockman y *Cocconeopsis patrickae* (Hust.) Witkowski, Lange-Bert. et Metzeltin.

Los valores de diversidad de  $H'$  y  $1-\lambda$  fueron elevados tanto espacial, como temporalmente (Tabla 2), con un valor promedio de  $H' = 4.76$  y con los valores más altos en los sitios 1 y 3. El sitio 6 registró también los valores más bajos de diversidad en ambos meses. Los valores promedio de  $H'$  y  $J'$  por período fueron casi iguales y no se encontraron diferencias significativas entre período o sitio de muestreo ( $\alpha = 0.05$ ). La elevada diversidad de especies responde principalmente al número de especies (S) en los sitios de muestreo y los va-

Tabla 2. Valores calculados de los parámetros utilizados para determinar la estructura de la comunidad en las taxocenosis de diatomeas por sitio de muestreo.

Sitio		1	2	3	4	5	6
Abril	S	108	72	93	92	78	69
	$H'$	5,18	4,71	5,19	5,05	4,27	4,03
	$1-\lambda$	0,95	0,94	0,95	0,95	0,89	0,86
	$\lambda$	0,05	0,06	0,05	0,05	0,11	0,14
	$J'$	0,77	0,76	0,79	0,77	0,68	0,66
	N	1046	1045	1024	1018	1010	1024
Octubre	S	104	98	119	64	94	49
	$H'$	5,13	5,02	5,48	4,43	4,41	3,92
	$1-\lambda$	0,92	0,92	0,95	0,92	0,89	0,89
	$\lambda$	0,08	0,08	0,06	0,08	0,12	0,11
	$J'$	0,77	0,76	0,79	0,74	0,67	0,7
	N	1042	1006	1029	1033	1018	1003

Riqueza específica (S); ( $H'$ ) Índice de Diversidad de Shannon; ( $1-\lambda$ ) Índice de Diversidad de Simpson; ( $\lambda$ ) Índice de Dominancia de Simpson; ( $J'$ ) Índice de Equidad y Tamaño de muestra (N).

lores elevados de diversidad de Simpson ( $1-\lambda$ ) corroboran que son muchas especies bien representadas, más que taxa raros, los responsables de los valores altos de  $H'$ . Los valores de equidad, fueron igualmente altos, con un promedio de  $J'=0.74$  y una dominancia ( $\lambda$ ) promedio baja (0.083). Tampoco se apreció alguna relación entre los parámetros de las comunidades y las variables ambientales medidas.

En general, el sitio de San Carlos, el cual no pertenece a Zona de Canales, difiere del resto en composición específica, riqueza y diversidad de especies, así como en la importancia numérica de los taxa. Destaca la ausencia de especies conspicuas de *Lyrella* y *Mastogloia*, mismas que son características de Zona de Canales y sugiere condiciones ambientales disímiles; dichas diferencias pueden atribuirse más a la dinámica de corrientes y mareas que a las variables medidas aquí. Con base en lo anterior, las comunidades de diatomeas en los sedimentos intermareales de Zona de Canales representan taxocenosis con una elevada riqueza y diversidad de especies que se distribuyen homogéneamente en el área de estudio. Lo anterior sugiere la existencia de condiciones ambientales similares en todos los sitios de muestreo, mismas que determinan una estructura equivalente para los períodos frío y cálido. Las variaciones en riqueza de especies pueden atribuirse a la naturaleza oportunista y distribución en manchas propia de las diatomeas, lo cual no se compensó con la estrategia de muestreo.

Los valores obtenidos mediante los índices de similitud muestran las afinidades entre sitios y fechas de muestreo con base en los taxa más frecuentes, los cuales representan el 93

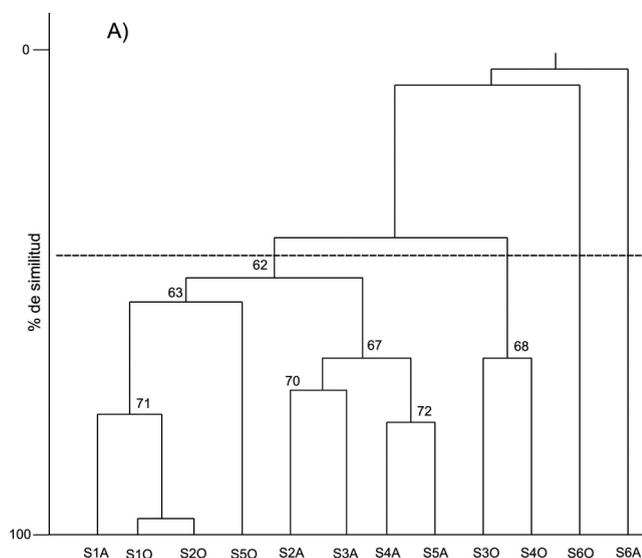
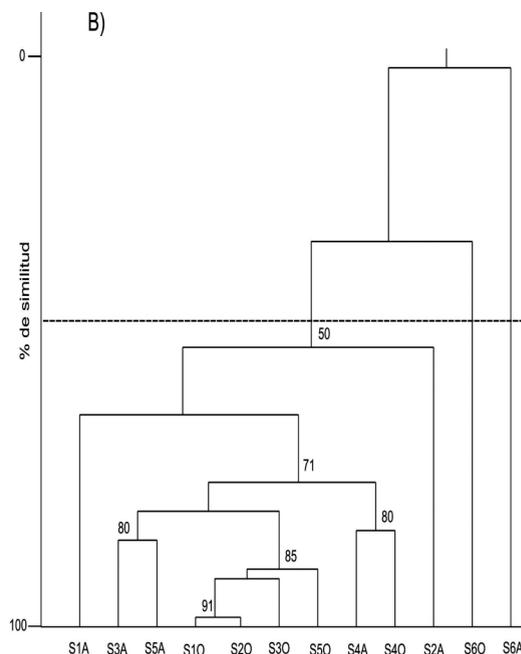


Figura 2.- Agrupamiento de comunidades de diatomeas bentónicas en sedimentos de Zona de Canales, mediante presencia y ausencia de especies según el índice de Jaccard (A);



y, considerando también las abundancias relativas de los taxa, según el índice de Morisita (B). Solamente se segregan con baja similitud las muestras de los dos períodos del sitio (6) de San Carlos. El resto de las muestras representan una sola gran asociación según la línea de corte.

% de las diatomeas cuantificadas. De esta manera, de acuerdo con el índice de Jaccard las comunidades de diatomeas de los sitios de Zona de Canales son similares casi en un 60% (Fig. 2A). Este valor es relativamente alto, considerando que la máxima similitud medida (sitios 1 y 2 de octubre) fue de 78.8%. Aunque la agrupación al 67.6% de muestras de abril sugiere una agrupación global, la exclusión de las muestras del sitio 6, no lo corroboran. Lo anterior más bien estaría indicando que se trata de una misma gran asociación en Zona de Canales y otra en el sitio 6.

Al considerar las abundancias relativas, mediante el índice de Morisita, se aprecia primeramente que, no obstante que los taxa se distribuyen de forma homogénea en los distintos sitios de Zona de Canales, se manifiesta que sus abundancias relativas pueden variar, alternándose las especies dominantes según el sitio de muestreo (Fig. 2B). Las similitudes son mayores y los agrupamientos sugeridos son distintos que con Jaccard. Esto reafirma la idea de que se trata de una misma gran asociación, y lo que se aprecia (Fig. 2B) es una variación momentánea o al azar de los taxa dentro de un sitio cualquiera.

Con base en todo lo anterior, se apoya la hipótesis según la cual, en los sedimentos de Zona de Canales de Bahía Magdalena existe una flora diatomológica con elevada riqueza y diversidad de especies que se distribuye como una

Distribución de diatomeas en ambientes de manglar.

Tabla 3. Valores del IVB calculados para los muestreos de abril y octubre.

ABRIL		OCTUBRE	
TAXÓN	IVB	TAXÓN	IVB
1. <i>Opephora mutabilis</i>	108	1. <i>Opephora mutabilis</i>	125
2. <i>Cymbella</i> cf. <i>pusilla</i>	52	2. <i>Navicula salinarum</i>	72
3. <i>Achnanthes lanceolata</i> var. <i>elliptica</i>	44	3. <i>Cymbella</i> cf. <i>pusilla</i>	52
4. <i>Mastogloia pseudoexigua</i>	43	4. <i>Opephora krumbeinii</i>	51
5. <i>Opephora krumbeinii</i>	40	5. <i>Achnanthes heideni</i>	42
6. <i>Mastogloia angulata</i>	39	6. <i>Fallacia forcipata</i>	38
7. <i>Amphora salina</i> var. <i>tenuisima</i>	38	7. <i>Fallacia litoricola</i>	36
8. <i>Amphora</i> cf. <i>panucea</i>	36	8. <i>Nitzschia distans</i>	30
9. <i>Navicula salinarum</i>	32	9. <i>Navicula parva</i>	26
10. <i>Mastogloia smithii</i>	24	10. <i>Navicula platyventris</i>	20
11. <i>Mastogloia exigua</i>	23	11. <i>Nitzschia frustulum</i> var. <i>perminuta</i>	17
12. <i>Navicula parva</i>	22	12. <i>Cocconeopsis patrickae</i>	16
13. <i>Cocconeis discrepans</i>	21	13. <i>Gomphonemopsis pseudoexigua</i>	15
14. <i>Navicula pennata</i>	20	14. <i>Lyrella clavata</i> var. <i>subconstricta</i>	13
15. <i>Opephora pacifica</i>	17	15. <i>Amphora coffeaeformis</i> var. <i>salina</i>	12
16. <i>Nitzschia frustulum</i>	17	16. <i>Frustulia</i> cf. <i>interposita</i>	11
17. <i>Cocconeopsis patrickae</i>	15	17. <i>Amphora proteus</i>	10
18. <i>Amphora ostrearia</i> var. 1	15	18. <i>Nitzschia amphibia</i>	10
19. <i>Amphora ocellata</i>	15	19. <i>Odontella aurita</i>	9
20. <i>Opephora olsenii</i>	13	20. <i>Amphora arenaria</i>	9
21. <i>Achnanthes heideni</i>	12	21. <i>Amphora cymbifera</i>	9
22. <i>Navicula cruciculoides</i>	11	22. <i>Navicula cruciculoides</i>	8
23. <i>Lyrella aproximatooides</i>	10	23. <i>Cocconeis placentula</i>	8
24. <i>Amphora angusta</i> var. <i>ventricosa</i>	10	24. <i>Diploneis obliqua</i>	8

sola asociación en los sitios de muestreo, misma que podría considerarse representativa de este tipo de ambientes. Sin embargo, no se apoya la hipótesis en que esta varía del período frío al cálido.

### DISCUSIÓN

Existe mucho trabajo florístico y ecológico en general por hacer con las diatomeas de la región noroeste de México. A pesar de esto, el número de especies de diatomeas que se han registrado en los sedimentos de sistemas de manglar en la región sur del Golfo de California (Siqueiros Beltrones, 2000), incluyendo este estudio, es elevado.

La composición taxonómica de las diatomeas en los sedimentos adyacentes al manglar es similar a la determinada en otros trabajos realizados en ambientes de manglar. Nuestra lista florística comparte un 36 % de los taxa registrados con la conformada por Siqueiros-Beltrones y Sánchez-Castrejón (1999) para el sur del Golfo de California; 28 % con

la elaborada por Sullivan (1981) para manglares de Bahamas; un 52 % con la de Navarro y Torres (1987) para manglares de Florida, y 44 % con la de Wah y Wee (1988) para manglares de Malasia. Llama la atención principalmente la similitud con la primera referencia, dada la cercanía entre las áreas se antoja más bien baja. Para las comunidades del sur del Golfo de California, las salinidades variaron entre 35 y 83.5 ups. Dicha heterogeneidad en salinidad y mayores temperaturas podrían ser la causa de la ausencia de varios taxa, sobre todo del género *Mastogloia* (Siqueiros-Beltrones & Sánchez-Castrejón, 1999). Sin embargo, aún cuando solamente se recolectó en dos períodos del año en Bahía Magdalena, se propone la existencia de una flora diatomológica particular para estos ambientes, al igual que en ambientes de marismas de las costas de E. U. A., para los que se ha propuesto la existencia de una flora propia o representativa en términos de composición específica (Sullivan, 1978; Cook & Whipple, 1982). La base florística construida en este estudio permitirá

llevar a cabo estudios dirigidos a confirmar dicha propuesta, aunque la naturaleza transicional de la zona de estudio pudiera influir en otro sentido.

En sistemas costeros poco profundos un número considerable de diatomeas pennadas del microfítobentos se hallan frecuentemente como ticoplancton, debido principalmente a los procesos de resuspensión por efectos de corrientes y cambios de marea. Los efectos de resuspensión pueden traer un aumento en la biomasa fitoplanctónica por formas típicamente bentónicas, contribuyendo directamente a la producción de la columna de agua, a lo largo de todo el Sistema Lagunar y hacia el interior y exterior del Sistema Lagunar. Por ello la contribución del ticoplancton a la producción primaria resultaría tan efectiva como en el bentos (Sundbäck, 1984; Lukatelich & McComb, 1986; De Jonge & van Beusekom, 1992; Blanchard & Montagna, 1992).

Por otra parte, el conocimiento preciso de la composición de las especies y de la estructura de las comunidades de diatomeas bentónicas en ambientes particulares como los sistemas de manglar, puede proporcionar bases para estudios biogeográficos y para resaltar ciertos acontecimientos oceanográficos no evidentes en un área. El área de Zona de Canales es considerada como un ambiente de alta energía, donde los procesos de corrientes y mareas determinan la tasa de transporte y sedimentación (Obeso-Nieblas *et al.*, 1999). Recientemente, Martínez-López *et al.* (2004) registraron muchas especies de diatomeas ticoplanctónicas a 200 kilómetros del noroeste del Sistema Lagunar Magdalena-Almejas y a 300 m de profundidad, probablemente exportadas de este sistema. Algo similar se aprecia en la obra de Moreno *et al.* (1996) para las diatomeas del Golfo de California, en la que se registran muchas formas ticoplactónicas que sugieren influencia de los manglares de la costa continental.

Los valores de diversidad en las comunidades de diatomeas de sedimentos en Zona de Canales, al igual que en otros trabajos realizados en ambientes de manglar, son elevados. Según Sullivan (1978) la diversidad de las comunidades de diatomeas en ambientes de marismas esta directamente relacionada con la naturaleza dinámica de este tipo de habitats, en este caso la marea, influida por el bosque de manglar, seleccionaría los sedimentos.

La textura del sedimento es uno de los factores que más influye en la composición específica y en los patrones de microdistribución, dentro de las comunidades de diatomeas bentónicas de la zona intermareal (Amspoker & McIntire, 1978; Miller *et al.*, 1987; Stevenson & Hashim, 1989; Wendker, 1992). En el área de estudio, los sedimentos presentaron una composición y proporción de cada uno de sus componentes casi uniforme. Posiblemente esta uniformidad favorece y

explica la distribución casi continua observada entre los grupos de diatomeas dominantes y abundantes, principalmente entre los sitios de muestreo. Ninguno de los taxa considerados como dominante estuvo restringido a un sólo sitio o estación de muestreo.

Se ha determinado que diferentes taxa y comunidades de diatomeas se distribuyen continuamente a lo largo de gradientes físicos y químicos, y cuando se presentan diferencias, estas difícilmente pueden ser identificadas (Amspoker & McIntire, 1978; Cook & Whipple, 1982). La distribución continua observada puede ser debida a la existencia de un gradiente ambiental homogéneo, atribuible a la presencia del manglar y/o a una mayor tolerancia fisiológica de estas especies a las condiciones adversas, *i. e.* desecación y sustancias de los productos en descomposición del manglar que se acumulan en los sedimentos.

Así, se podría decir que los elevados valores de diversidad en Zona de Canales, se relacionan directamente con la estabilidad ambiental proporcionada por el manglar, en este caso del sustrato, pero igualmente de salinidad, materia orgánica y otros procesos más complejos, que determinan incluso la presencia de los mangles. Esto parece normal para un ambiente de manglar en donde las características físicas y químicas, típicamente tropicales, varían poco a lo largo del año. Sin embargo, Bahía Magdalena exhibe dos temporadas diferentes, por lo que es un hábitat más parecido al de lagunas templadas (Gárate-Lizárraga & Siqueiros-Beltrones, 1998; Gárate-Lizárraga *et al.*, 2001) y su localización en una zona de transición oceanográfica se ve reflejada por la presencia de taxa tropicales y subtropicales (Hernández-Becerril, 1989) que redundan en una elevada diversidad de especies, con valores superiores a los registrados en ambientes similares (Siqueiros-Beltrones *et al.*, 2005).

De acuerdo con Cook y Whipple (1982) la dominancia dentro de una comunidad de diatomeas bentónicas está dada por una o unas cuantas especies y resulta efímera, ya que las condiciones ambientales cambian en periodos muy cortos, lo que impide que dicha dominancia se vea sostenida o incrementada. Si bien en Zona de Canales unas cuantas especies (ocho, presentes en ambos periodos) son dominantes, esta dominancia se mantiene espacial y temporalmente y aunque su presencia no ocasiona valores altos de dominancia, su constancia denota condiciones ambientales más o menos constantes. Esta estabilidad ambiental probablemente favorece el desarrollo de una flora diatomológica rica y con una elevada diversidad en estos ambientes.

Las diferencias aludidas se manifiestan en la ausencia de especies de *Lyrella* y *Mastogloia* en el sitio 6 (San Carlos). La presencia de estos taxa conlleva algunas consecuencias

Distribución de diatomeas en ambientes de manglar.

de tipo ecológico y fíco-geográfico. En general, las especies de *Lyrella* han sido señaladas como indicadoras de ambientes marinos limpios y con bajos contenidos de materia orgánica (Hendey, 1970; Reyes-Vásquez, 1975). No obstante, el registro de 14 taxa representantes de este género y particularmente *Lyrella clavata* var. *subconstricta* (Gregory.) D. G. Mann, *Lyrella exulla* (A. S.) D. G. Mann, y *Lyrella aproximoides* (Hustedt.) D. G. Mann, que fueron constantes y abundantes en algunos sitios de muestreo, hacen cuestionable su condición de indicadores de bajos contenidos de materia orgánica.

De la misma manera, se ha sugerido que *Navicula salinarum* Grunow es una especie tolerante a contaminación, que incrementa sus abundancias bajo condiciones de altos contenidos de nutrientes y salinidades elevadas, como los que se presentan en ambientes de marismas, planicies lodosas y ambientes de manglar (Sullivan, 1975; Admiraal *et al.*, 1984; Peletier, 1996; Underwood y Provot, 2000). En este estudio la distribución de *N. salinarum* fue amplia y registró abundancias elevadas, lo cual podría deberse al contenido de sales y nutrientes característicos de estos ambientes.

En San Carlos tampoco se registró algún representante del género *Mastogloia*, en ningún período y tampoco se observaron en un trabajo previo sobre diatomeas epifitas en raíces de *R. mangle* (Siqueiros-Beltrones *et al.*, 2005). Esto contrasta con lo afirmado por Reyes-Vásquez (1975) y Sullivan (1981) de que el género *Mastogloia* es de los más importantes y característicos en ambientes de manglar. Las especies del género *Mastogloia* han sido referidas a oasis o puntos calientes (Witkowski *et al.*, 2000) bajo dos situaciones, 1) ninguno o muy pocas taxa de este género, o 2) con una flora muy diversa. En nuestro estudio se presentan ambas situaciones ya que en algunos sitios además de registrarse un número elevado de especies de ese género y de manera abundante, en otros sitios no hubo representantes del género. De acuerdo con esto, se suman las evidencias de que el sitio San Carlos difiere significativamente en cuanto a condiciones ambientales, aunque no respecto a las variables medidas. Es decir, la similitud entre los sitios de Zona de Canales podría depender de la uniformidad ambiental atribuida al manglar; pero las diferencias podrían relacionarse con los procesos de corrientes y cambios de mareas, ya que eso cambia respecto del sitio 6 y podría entonces explicar sus diferencias con el resto de los sitios.

Las comunidades de diatomeas de sedimentos de manglar de Zona de Canales de Bahía Magdalena, son taxocenosis con una alta riqueza y diversidad de especies que comparten muchos taxa con otros sistemas de manglar. Un mayor número de estudios en ambientes como Bahía Magdalena y otros manglares de México y del mundo ayu-

darán a precisar lo que se propone como una flora diatomológica particular o asociación *sensu stricto* de los sistemas de manglar, tanto en las costas del Pacífico mexicano como del mundo.

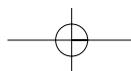
## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo otorgado al primer autor por el Programa de Formación de Investigadores del Instituto Politécnico nacional (PIFI); y por el CONACYT, mediante una beca crédito. Asimismo, se recibió apoyo por parte de la Coordinación General de Posgrado e Investigación a través del proyecto CGPI20020373. El segundo autor es becario de la Comisión de Fomento de Actividades Académicas (COFAA) y Estimulo al Desempeño de los Investigadores (EDI) del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Se agradece a Daniel Galindo el asesoramiento en los análisis estadísticos, a Ma. Esther Meave y dos revisores anónimos su meticulosas críticas al manuscrito anterior.

## REFERENCIAS

- ADMIRAAL, W., H. PELETIER & T. BROWER. 1984. The seasonal succession patterns of diatom species on an intertidal mudflat: an experimental analysis. *Oikos* 42: 30-40.
- AMSPOKER, M. C. Y C. D. MCINTIRE. 1978. Distribution of intertidal diatoms associated with sediments in Yaquina Estuary, Oregon. *Journal of Phycology* 14: 387-395.
- BLANCHARD G. F. Y P. A. MONTAGNA. 1992. Photosynthetic response of natural assemblages of marine benthic microalgae to short- and long-term variations of incident irradiance in Baffin Bay, Texas. *Journal of Phycology* 28: 7-14.
- BLASCO, F. 1984. Climatic factors and the biology of mangrove plants. In: Snedaker, S. y J. Snedaker (eds.). *The mangrove ecosystem*. Research Methods UNESCO/SCOR 18-35 p.
- BROWER, J., J. H. ZAR Y C. VON ENDE. 1998. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Wm. C. Brown Publishers. Dubuque, IA. 273 p.
- BUSSE, S. Y P. SNOEIJIS. 2003. Gradient responses of diatom communities in the Bothnian Sea (northern Baltic Sea), with emphasis on responses to water movement. *Phycologia* 42 (5): 451 – 464.
- CAHOON, L. B., & K. A. SAFIR. 2002. Distribution and biomass of benthic microalgae in Manukau Harbor, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 36: 257-266.
- CASTRO-AGUIRRE, J. L. & R. TORRES. 1993. Consideraciones acerca del origen de la ictiofauna de Bahía Magdalena-Almejas, un sistema lagunar de la costa occidental de Baja California Sur, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. 38 (1-4): 67-73.

- CLEVE-EULER, A. (1951-1955): Die diatomeen von schweeden un Finnland. In: Verlag von Kramer (Ed.). *Bibliotheca Phycologica*. Band 5. Vols. I-V. Wesley y Wesley, New York. 963 pp.
- COOK, L. L. Y S. A. WHIPPLE. 1982. The distribution of edaphic diatoms along environmental gradients of a Louisiana salt marsh. *Journal of Phycology* 18: 64-71.
- COSTET, J. Y G. SANGLERAT. 1975. *Curso práctico de mecánica de suelos*. Omega, España. 653 p.
- DE LA CRUZ-AGÜERO, G. 1994. *Sistema de análisis de comunidades*. Versión 3.0. Departamento de Pesquerías y Biología Marina. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional. México. 99 p.
- DE JONGE, V. N. & J. 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.
- FOGED, N. 1975. Some littoral diatoms from the coast of Tanzania. *Bibliotheca Phycologica* 47: 225 p.
- FOGED, N. 1984. *Freshwater and littoral diatoms from Cuba*. J. Cramer. Germany. 243 p.
- GÁRATE-LIZÁRRAGA, I. Y D. A. SIQUEIROS-BELTRONES. 1998. Time variations in phytoplankton assemblages in a subtropical lagoon system after the 1982/83 El Niño event (1984/86). *Pacific Science*. 52 (1): 79-97.
- GÁRATE-LIZÁRRAGA, I., G. VERDUGO-DÍAZ Y D. A. SIQUEIROS-BELTRONES. 2001. Variations in phytoplankton assemblages during 1988-1989 in a subtropical lagoon system on the west coast of México. *Oceánides*. 16 (1):1-16.
- HENDEY, N. I. 1964. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V: Bacillariophyceae (Diatoms). Fisheries Investigation Series IV: HMSO. Londres. 317 p.
- HENDEY, I. N. 1970. Some littoral diatoms of Kuwait. *Nova Hedwigia*. 31: 107-167.
- HERNÁNDEZ-BECERRIL, D.U. 1989. Species of the dinoflagellate genus *Ceratium* Schrank (Dinophyceae) in the gulf of California and coast of Baja California, México. *Nova Hedwigia*. 1 (2): 33-54.
- HUSTEDT, F. 1930. Bacillariophyta. In A. Pascher (Ed.). Die Susswasserflora Mitteleuropas. Otto Koeltz Science Publ. Koenigstein. Germany. 466 p.
- HUSTEDT, F. 1955. Marine littoral diatoms of Beaufort North Carolina. Duke University Marine Station Bulletin. 6: 1-67.
- HUSTEDT, F. 1959. Die Kieselalgen Deutschlands, Ostrrreichts un der Schweiz. In: L. Rabenhortst (Ed.). *Kryptogammenflora*. Band VII: 2 Teil. Koeltz Scientific Books (Rep. 1991). Dehra Dun, India. 845 p.
- HUSTEDT, F. 1961-66. Die kieselalgen Deutschland, Osterreichs un der Schweiz. In: L.Rabenhorst (Ed.), *Kryptogamen-Flora von Deutschland, Osterreich un Schweiz*, VII Band, III Teil. Koeltz Scientific Books (Rep. 1991). Dehra Dun, India. 816 p.
- KEITHAN, E. D., R. L. LOWE Y H. R. DE YOE. 1988. Benthic diatoms distribution in a Pennsylvania stream: role of pH and nutrients. *Journal of Phycology*. 24: 581-585.
- LUKATELICH R. J. Y A. J. MCCOMB. 1986. Distribution and abundance of benthic microalgae in a shallow southwestern Australian estuarine system. *Marine Ecology Progress Series*. 27: 287-297.
- MAGURRAN, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton. University Press. N. J. 179 p.
- MAPLES, R. S. 1983. Community structure of diatoms epiphytic on pneumatophores of the black mangrove *Avicennia germinans* in a Louisiana USA salt marsh. *Gulf Research Report*. 7: 225-260.
- MARTÍNEZ LÓPEZ, A., D.A. SIQUEIROS BELTRONES Y N. SILVERBERG. 2004. Transport of benthic diatoms across the continental shelf of southern Baja California Peninsula. *Ciencias Marinas*. 30 (4): 503-513.
- MILLER, A. R., R. L. LOWE & J. T. ROTENBERRY. 1987. Succession of diatom communities on sand grains. *Journal of Ecology*. 75: 693-709.
- MORENO, J. L., S. LICEA & H. SANTOYO. 1996. *Diatomeas del Golfo de California*. Universidad Autónoma de Baja California Sur-SEP-FOMES-PROMARCO. México. 273 p.
- NAVARRO, N. J. 1982. *Marine Diatoms Associated with Mangrove Prop Roots in the Indian River, Florida, U.S.A*. J. Cramer. Alemania. 151 p.
- NAVARRO, N. J. 1988. Diatomeas en tapetes microbianos de Puerto Rico. *Gayana Botanica*. 45 (1-4): 275-281.
- NAVARRO, N. J. & R. TORRES. 1987. Distribution and community structure of marine diatoms associated with mangrove prop roots in the Indian River, Florida, U.S.A. *Nova Hedwigia*. 45: 101-112.
- NIENHUIS, H. Y R. GUERRERO. 1985. A quantitative analysis of the annual phytoplankton cycle of Magdalena lagoon complex (México). *Journal of Plankton Research*. 7(4): 427-441.
- OBESO-NIEBLAS, M., J. E. GAVIÑO Y A. JIMÉNEZ. 1999. Modelación de la marea en el Sistema Lagunar Bahía Magdalena, B. C. S., México. *Oceánides*. 14 (2): 79-88.
- PELETIER, H. 1996. Long-term changes in intertidal estuarine diatom assemblages related to reduced input of organic waste. *Marine Ecology Progress Series*. 137: 265-271.
- PERAGALLO, H. Y M. PERAGALLO. 1897-1908. *Diatomées marines de France et districts maritimes voisins*. M. J. Tempere, Francia. 491 p.
- REYES-VÁSQUEZ, G. 1975. Diatomeas litorales de la Familia Naviculaceae de la Laguna La Restinga, Isla de Margarita,



- Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente*. 14: 199-225.
- ROSALES, L. 1979. *Manual de laboratorio de oceanografía química*. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México. 203 p.
- ROUND, F. E., R. M. CRAWFORD & D. G. MANN. 1990. *The diatoms*. Cambridge University Press. Cambridge. 747 p.
- SANDERS, H. L. 1960. Benthic studies in Buzzard Bay III. The structure of the soft-bottom community. *Limnology and Oceanography* 5: 138-153.
- SCHMIDT, A., M. SCHMIDT, F. FRICKE, H. HEIDEN, O. MULLER & F. HUSTEDT. 1874-1959. *Atlas der diatomaceenkunde*. Heft 1-120, Tafeln 1-460. Leipzig y Berlin, Alemania.
- SIQUEIROS-BELTRONES, D. A. 2000. Benthic diatoms associated to abalone (*Haliotis* spp.) on a rocky substratum from Isla Magdalena, B. C. S., México. *Oceánides* 15 (1): 35-46.
- SIQUEIROS BELTRONES, D. A. 2002. *Diatomeas bentónicas de la península de Baja California; diversidad y potencial ecológico*. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional / Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. 102 p.
- SIQUEIROS-BELTRONES, D. A., S. IBARRA-OBANDO Y M. POUMIAN-TAPIA. 1991. Composición y estructura de las comunidades de diatomeas bentónicas del Estero de Punta Banda en Otoño de 1983 y 1986. *Ciencias Marinas* 17 (1): 119-138.
- SIQUEIROS-BELTRONES, D.A. & F.O. LÓPEZ-FUERTE. (en prensa) Benthic diatoms associated to red mangrove (*Rhizophora mangle* L.) prop roots in Bahía Magdalena, B.C.S, México. *Biología Tropical* 54: (2004).
- SIQUEIROS-BELTRONES, D.A. & H. MORZARIA-LUNA. 1999. New records of marine benthic diatom species for the northwestern mexican region. *Oceánides* 14 (2): 89-95.
- SIQUEIROS-BELTRONES, D. A. & E. SÁNCHEZ-CASTREJÓN. 1999. Structure of benthic diatom assemblages from a mangrove environment in a Mexican subtropical lagoon. *Biotropica* 31 (1): 48-70.
- SIQUEIROS-BELTRONES, D.A., F.O. LÓPEZ-FUERTE & I. GÁRATE-LIZÁRRAGA. 2005. Structure of diatom assemblages living on prop roots of the red mangrove *Rhizophora mangle* L. from the West coast of Baja California Sur, México. *Pacific Science* 59 (1): 79-96.
- SNEDECOR, G. W. & W. G. COCHRAN. 1981. *Métodos estadísticos*. CECSA. 703 p.
- STEPHENSON, W. & S. D. COOK. 1980. Elimination of species before cluster analysis. *Australian Journal of Ecology*. 5: 263-273.
- STEVENSON, R. J. & S. HASHIM. 1989. Variation in diatom community structure among habitats in sandy streams. *Journal of Phycology*. 25: 678-686.
- SULLIVAN, M. J. 1975. Diatom communities from a Delaware salt marsh. *Journal of Phycology*. 11: 384-390.
- SULLIVAN, M. J. 1978. Diatom community structure: taxonomic and statistical analyses of a Mississippi salt marsh. *Journal of Phycology*. 14: 468-475.
- SULLIVAN, M. J. 1980. Taxonomy and community structure of diatoms epiphytic on red and black mangroves and turtle grass in Bimini Harbour, Bahamas. *Journal of Phycology*. 16 (Suppl.): 43.
- SULLIVAN, M. J. 1981. *Community structure of diatoms epiphytic on mangroves and Thalassia in Bimini Harbour, Bahamas*. 385-389 p. In: (R. Ross, ed.) Proc. Sixth Symp. Living and Fossil Diatoms, Budapest, 1980. Koeltz Sci. Pub, Koenigstein.
- SUNDBÄCK, K. 1984. Distribution of microbenthic chlorophyll-a and diatom species related to sediment characteristics. *Ophelia* (Suppl.) 3: 229-246.
- UNDERWOOD, G. J. C., J. PHILLIPS & K. SAUNDERS. 1998. Distribution of estuarine benthic diatoms species along salinity and nutrient gradients. *European Journal of Phycology*. 33: 173-183.
- UNDERWOOD, G. J. C. & L. PROVOT. 2000. Determining the environmental preferences of four epipelagic diatom taxa: growth across a range of salinities, nitrate and ammonium conditions. *European Journal of Phycology*. 35: 173-182.
- VILBASTE, S., K. SUNDBÄCK., C. NILSSON & J. TRUU. 2000. Distribution of benthic diatoms in the littoral zone of the Gulf of Riga, the Baltic Sea. *European Journal of Phycology*. 33: 373-385.
- WAH, T. T. & C. WEE. 1988. Diatoms from mangrove environments of Singapore and southern peninsular Malaysia. *Botanica Marina*. 31: 317-327.
- WENDKER, S. 1992. Influence of current velocity on diatoms of a small soft-water stream. *Diatom Research*. 7 (2): 387-396.
- WITKOWSKI, A., H. LANGE-BERTALOT & D. METZELTIN. 2000. *Diatom flora of marine coasts* I. A.R.G. Gantner Verlag, Ruggell, Alemania. 925 p.

Recibido: 5 de diciembre de 2004.

Aceptado: 27 de septiembre de 2005.

