

## -DIVERSIDAD DE DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL OASIS DE SAN IGNACIO BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

López Fuerte, F. O.

Universidad Autónoma de Baja California Sur, Laboratorio de Sistemas Arrecifales. Dpto. de Economía. La Paz, B. C. S., México. 23080. email: folopez@uabcs.mx

**Resumen.** Se proporciona el primer registro de diatomeas bentónicas epilíticas para el oasis de San Ignacio, B. C. S., México. Se realizaron dos muestreos (enero de 2007 y en julio de 2008) tratando de representar las épocas de invierno y verano. No obstante que los datos de temperatura fueron puntuales, se observaron diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) entre meses, lo que permitió discriminar verano e invierno. Los valores de pH y conductividad no mostraron diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ) entre épocas. Se reconocieron un total de 73 taxa de diatomeas epilíticas a niveles de especie, variedad y forma. De éstos, 66 se registraron en julio y 37 en enero; 29 taxa estuvieron presentes en ambos muestreos, 37 sólo en julio y 7 en enero. La mayor riqueza de especies se registró en julio ( $S=47$ ) y la mínima en enero ( $S=14$ ). En verano se registraron los valores más elevados de diversidad ( $H'=4.06$ ,  $S=39$ ); mientras que en enero se obtuvo el valor mínimo ( $H'=2.42$ ,  $S=13$ ). Las diferencias entre los valores de diversidad según la época de muestreo fueron significativas ( $p > 0.05$ ). La mayoría de las diatomeas identificadas fueron pennadas: 69 taxa (en 32 géneros); sólo 5 especies de los géneros *Cyclotella* y *Stephanodiscus* fueron centrales. La especie más frecuente y abundante fue *Denticula kuetzingii* que estuvo presente en todos los sitios de muestreo en ambas temporadas, con una abundancia relativa superior al 50%. Los análisis de similitud (cualitativos/cuantitativos) permitieron reconocer una asociación representativa del verano y otra del invierno.

**Palabras clave:** diatomeas epilíticas, oasis, Península de B. C., San Ignacio, diversidad.

### -diversity of epilithic diatoms in the San Ignacio oasis Baja California Sur, México

**Abstract.** The first record of benthic epilithic diatoms for the oasis of San Ignacio, B.C.S., México is presented. Two samplings were conducted in January 2007 and July 2008 in order to represent winter and summer conditions, respectively. Although temperature data were punctual, statistical differences were noted between months ( $p < 0.05$ ), which allow discrimination of summer and winter. Conductivity and pH values did not show statistical differences ( $p > 0.05$ ). A total of 73 taxa of epilithic diatoms were identified including species, variety and form levels. From these, 66 were recorded in July and 37 in January. Twenty nine taxa occurred in both sampling periods, 37 only in July and 7 in January only. Highest species richness was observed in July ( $S=47$ ) and the lowest in January ( $S=14$ ). Highest species diversity values occurred in summer ( $H' = 4.06$ ,  $S=39$ ), whilst January showed the lowest diversity ( $H' = 2.42$ ,  $S= 13$ ). Species diversity values were statistically different ( $p > 0.05$ ) between sampling periods. Most of the identified diatoms were pennate forms: 69 taxa (32 genera), while only five species of *Cyclotella* and *Stephanodiscus* were centric forms. The most frequent and abundant taxon was *Denticula kuetzingii* which occurred in all sampling sites and both periods with a relative abundance higher than 50%. Qualitative and quantitative similarity analyses allow the definition of two associations, one for summer and another for winter conditions.

**Keywords:** epilithic diatoms, oasis, Baja California Peninsula, San Ignacio, diversity.

López Fuerte, F. O. 2009. -diversidad de diatomeas epilíticas del oasis de San Ignacio Baja California Sur, México. *CICIMAR Oceánides*, 24(2): 101-110.

### INTRODUCCIÓN

La evolución geomorfológica e hidroclimática de la Península de Baja California ha producido una transformación ecológica radical

Fecha de recepción: 21 de agosto, 2009

pasando de un hábitat con vegetación propia de condiciones húmedas (mésica) hacia un matorral xerófito (Axelrod, 1979). Esta evolución trajo como consecuencia la formación de

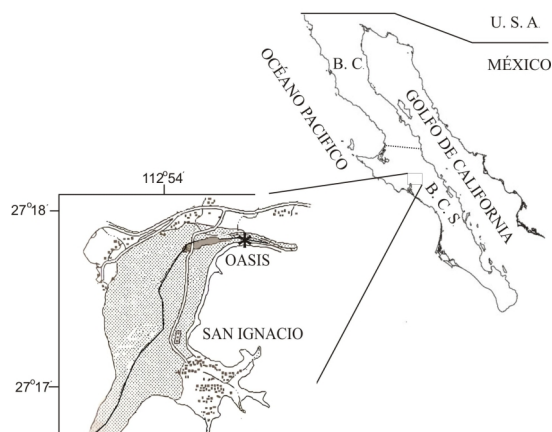
Fecha de aceptación: 30 de septiembre, 2009

una serie de relictos méxicos que actualmente se encuentran en las porciones altas de los macizos montañosos, o bien como oasis (Arriaga, 1997). Estos cuerpos de agua dulce son escasos y se caracterizan por una discontinuidad en su distribución; han sido evaluados y diferenciados ecológicamente sobre la base de distintos grupos biológicos que albergan (Arriaga & Rodríguez-Estrella, 1997). Aunque el número de investigaciones realizadas en los oasis de la península es considerable, solamente Siqueiros-Beltrones (2001) ha abordado el estudio de las algas, particularmente el de las diatomeas. No obstante, que éstas constituyen uno de los grupos taxonómicos autotróficos dominantes en los ambientes dulceacuicolas y es de los más utilizados en los países desarrollados para caracterizar ambientalmente la calidad de las aguas (bioindicadores). Asimismo, la casi nula investigación sobre la composición, diversidad, distribución y variación estacional de las diatomeas bentónicas en estos ambientes, dificulta la comparación entre los oasis y retrasa su posible utilización en la caracterización y monitoreo de la calidad del agua, como se hace en otras regiones.

La falta de conocimiento sobre las diatomeas de los oasis de Baja California Sur obliga a su estudio, por lo que el presente trabajo tiene como objetivo describir la composición florística, diversidad y la estructura de la comunidad de diatomeas epilíticas del oasis (manantial) de San Ignacio, Baja California Sur, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El oasis de San Ignacio ( $27^{\circ} 17' 49''$  N y  $112^{\circ} 52' 57''$  W) (Fig. 1) es un cuerpo de agua dulce permanente con una extensión aproximada de  $2.69 \text{ km}^2$ . Presenta condiciones microclimáticas diferentes al de su entorno, dadas por la presencia de vegetación que en conjunto determinan que las variables ambientales (temperatura, humedad, viento, entre otras) se comporten de manera casi constante (Coria, 1997). El tipo de clima es BW<sub>hs</sub>(x')(e), muy árido, semicálido con lluvias de verano y con una oscilación térmica extrema. El manantial que da origen al cuerpo del oasis brota en el basamento del arroyo San Ignacio y fluye siguiendo la topografía del cañón para filtrarse en el sustrato arenoso, antes de llegar al borde del desierto del Vizcaíno (Díaz & Troyo, 1997). La velocidad de la corriente del agua que brota del manantial es ba-



**Figura 1.** Localización del oasis de San Ignacio. \* Punto de muestreo.

**Figure 2.** Location of San Ignacio Oasis. \*Sampling point.

ja, dado que esta se trasfiere de una poza a otra y las condiciones hidrológicas son particulares y diferentes al resto del cuerpo del oasis, el cual se mantiene debido a una represa.

Se realizaron dos muestreos tratando de representar condiciones de verano, en julio de 2007 y de invierno, en enero del 2008, estableciendo siete y cuatro sitios de muestreo respectivamente. Los sitios se eligieron con base en la presencia de rocas ( $>20 \text{ cm}$  de largo). Se raspó con un cepillo una superficie de aproximadamente  $5 \text{ cm}^2$  de roca, obteniéndose alrededor de  $50 \text{ ml}$  de muestra que se colocó en viales previamente etiquetados. Las muestras fueron guardadas en hielo y oscuridad para ser transportadas al laboratorio. Después de una observación *in vivo* bajo el microscopio para asegurar la presencia de diatomeas, éstas se preservaron en alcohol y se refrigeraron.

La limpieza de las frústulas y su montaje permanente se realizaron siguiendo el método sugerido por Siqueiros-Beltrones (2002), en el cual las muestras son sometidas a digestión de la materia orgánica en el interior (y exterior) de las valvas mediante oxidación, usando una mezcla de; muestra- ácido nítrico-etanol comercial, en proporción de 1: 3: 1. Una vez lavadas ( $\text{pH} >6$ ), las valvas limpias pasaron al proceso de montaje permanente para el cual se utilizó Pleurax ( $\text{IR} = 1.7$ ) como medio de montaje. Las valvas de las diatomeas fueron contadas en campos visuales verticales (lineales) a una magnificación de  $1000\times$  usando un microscopio óptico Zeiss con contraste de fases y un micrómetro adaptado; se contaron

no menos de 1000 valvas por sitio. Para la identificación se utilizó literatura especializada: Hustedt (1930, 1961-1966); Krammer & Lange-Bertalot (1986; 1988; 1991), Simonsen (1987) y Round *et al.* (1990).

Los datos físicos y químicos se obtuvieron *in situ* para cada sitio. El pH y la temperatura del agua se midieron con un potenciómetro pHTestr10 (intervalo de pH de 1.0 a 15.0, resolución de 0.1), con termómetro integrado. Para medir la conductividad se utilizó un conductímetro ECTestr11 (intervalo 2000 S/cm a 20.00 S/cm, resolución de 0.10 a 10).

Para cada especie se calculó la proporción de sitios en los cuales una especie estuvo presente (frecuencia porcentual) y el porcentaje de abundancia relativa (suma total de las valvas por especie entre el total de valvas contabilizadas) (Apéndice). La diversidad de especies se midió con los índices de Shannon ( $H'$ ) y Simpson ( $1 - \lambda$ ), mientras que para la uniformidad de su distribución se aplicó el índice de equidad de Pielou ( $J'$ ). Para medir la semejanza entre las asociaciones de diatomeas las muestras fueron comparadas con base en datos de presencia/ausencia de especies (índice de Jaccard) y de abundancias relativas (Bray Curtis) (Magurran, 1988). Los cálculos se realizaron con los programas BioDiversity Professional © (McAleece, 1997) y Primer V. 5 (Clarke & Warwick, 1994).

De acuerdo con Stephenson y Cook (1980) y De la Cruz-Agüero (1994), se recomienda poner especial atención sobre los descriptores con baja frecuencia, representados en este caso por los taxa que aparecieron una vez en un sólo sitio y/o valores extremos como *Denticula kuetzingii*, cuya frecuencia de ocurrencia fue de 100% en ambos muestreos, su abundancia de 3427 valvas en verano y 2571 en invierno, lo cual representó el 53% del total de las valvas contabilizadas. De acuerdo con lo anterior, esta especie se consideró como valor extremo y no se tomó en cuenta para los análisis numéricos.

Los datos de temperatura, pH y de conductividad se compararon estadísticamente mediante una prueba no paramétrica de Mann-Whitney (Snedecor & 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 fecha de mues-

treo; para ello se usó el programa Statistica v. 8 (StatSoft, 2007).

## RESULTADOS

Los valores de las variables físicas y químicas (Tabla 1) muestran una temperatura superficial mínima del agua en enero (21 °C) y máxima en julio (29.6 °C); el promedio de temperatura para enero fue de 25.6 °C, mientras que en julio fue de 28.9 °C. No obstante que los datos de temperatura fueron puntuales, se observaron diferencias estadísticas entre meses ( $p < 0.05$ ), lo cual permite discriminar verano e invierno. En cuanto al pH, los valores para ambos meses indican una condición neutral, obteniéndose un valor máximo de 7.4 en enero y uno mínimo de 6.9 en julio. Los valores de conductividad muestran que el agua es dura ( $> 1000$  S), indicando que presenta altos niveles de minerales. En cuanto a los valores

**Tabla 1.** Temperatura (°C), pH y conductividad ( $\mu$ S) de cada sitio por época de muestreo del oasis de San Ignacio.

**Table 2.** Temperature (°C), pH and conductivity ( $\mu$ S) for each site and sampling season in the San Ignacio oasis.

SITIO	VERANO			INVIERNO		
	°C	pH	S	°C	pH	S
1	29.1	7.1	1010	26.6	7.3	1010
2	29.6	6.9	1080	27.3	7.2	1010
3	29.2	6.9	1070	21.4	7.4	1060
4	29.2	6.9	1070	27	7.2	1000
5	27.4	7.0	1050			
6	28.7	6.9	1070			
7	28.9	6.9	1050			

de pH y conductividad no mostraron diferencias en términos estadísticos ( $p > 0.05$ ) entre épocas.

## Flora diatomológica

Un total de 73 especies de diatomeas epifíticas fueron identificadas en el oasis de San Ignacio (Apéndice), de las cuales 66 se encontraron en julio y 37 en enero. Sólo 29 de los 73 taxa estuvieron presentes en ambos muestreos, mientras que 37 se presentaron exclusivamente en julio y siete en enero. La riqueza de especies entre épocas fue distinta; en verano varió entre 25 y 47 especies, mientras que en invierno entre 14 y 29.

La mayoría de las diatomeas identificadas fueron pennadas, representadas por 69 especies incluidas en 32 géneros; mientras que las

diatomeas centrales estuvieron representadas por cinco especies de los géneros *Cyclotella* y *Stephanodiscus*. Entre éstas, *Cyclotella pseudostelligera* sobresalió con un porcentaje de abundancia relativa de 3.9 % y un 86 % de frecuencia de ocurrencia, lo cual resulta elevado si se compara con otras formas pennadas como *Amphora copulata*, *Planothidium frequentissimum* y *Sellaphora pupula* con amplia frecuencia de ocurrencia (100%). Los géneros mejor representados en cuanto al número de especies fueron, *Nitzschia* (16), *Navicula* (6), *Diploneis* (4) y *Cyclotella* (4).

Tanto a nivel de género como de especie las mayores variaciones se registraron en verano (Apéndice). La especie más frecuente y abundante fue *Denticula kuetzingii* que estuvo presente en todos los sitios de muestreo en ambas temporadas, con una abundancia relativa superior al 50%. Otros taxa frecuentes fueron *Achnantheidium minutissimum*, *A. exiguum*, *Navicula namibica* y *Amphora acutiuscula*.

#### Estructura de la comunidad

Las relaciones entre frecuencia y abundancia relativa de las principales especies de diatomeas muestran que en la mayoría de los casos las especies con los valores más elevados de frecuencia de aparición fueron las más abundantes (Apéndice). En el verano, sólo 30 especies (39%) estuvieron presentes en el 50% o más de los sitios de muestreo, 24 (36%) se hallaron exclusivamente en un sitio de muestreo. En esta época, se observaron muchas especies poco abundantes pero frecuentes, por ejemplo; *Pseudostaurosira brevistriata* var. *inflata*, *Gomphonema parvulum*, *Nitzschia frustulum* y *Planothidium frequentissimum*. En invierno sólo tres taxa presentaron baja abundancia con una elevada frecuencia: *Amphora acutiuscula*, *Nitzschia amphibia* f. *frauenfeldii* y *Sellaphora pupula*; no obstante, en el verano estos taxa obtuvieron abundancias elevadas.

En verano, en términos de abundancia y frecuencia de ocurrencia, *Achnantheidium exiguum*, *A. minutissimum*, *Amphora acutiuscula*, *Sellaphora pupula*, *Nitzschia palea*, *N. amphibia* f. *frauenfeldii*, *N. amphibioides* y *Pseudostaurosira brevistriata* var. *inflata*, codominaron la comunidad de diatomeas. Por otra parte, en invierno las especies dominantes y codominantes fueron, *Achnantheidium minutissimum*, *A. exiguum* y *N. amphibioides*; en términos

cualitativos fueron más comunes en invierno que en verano. Mientras que *Denticula kuetzingii* dominó en ambas épocas.

Los valores de diversidad  $H'$  y  $1-$  pueden considerarse elevados, tanto espacial, como temporalmente (Tabla 2). En verano se registraron los valores más elevados de diversidad y riqueza ( $H'=4.06$ ,  $S=39$ ); mientras que en enero se obtuvo el valor mínimo de riqueza ( $H'=2.42$ ,  $S=13$ ). En lo que respecta a los valores de diversidad, estadísticamente las diferencias entre épocas de muestreo resultan significativas ( $p>0.05$ ). Estructuralmente, la elevada diversidad de especies en verano responde a una combinación del número de especies ( $S$ ), elevada equidad y baja dominancia; aunque la baja riqueza parece ser el factor que más afecta la baja diversidad en invierno.

Estacionalmente, la estructura comunitaria presentó variaciones, como lo muestran los análisis de similitud. Las diferencias más claras entre épocas están representadas por la presencia/ausencia de las 38 especies exclusivas del verano. Así, el uso del índice de Jaccard muestra que las comunidades de diatomeas de verano difieren en más del 50% con respecto a las del invierno (Fig. 2a). Por otro lado, el índice de Bray Curtis, muestra un patrón similar al de Jaccard, es decir, permite hacer una diferenciación entre épocas, aunque a un valor menor al 50% de similitud (Fig. 2b).

**Tabla 2.** Valores calculados de los parámetros utilizados para determinar la estructura de la comunidad en las taxocenosis de diatomeas por época y sitio de muestreo del oasis de San Ignacio. S: Riqueza de especies;  $H'$ : Diversidad de especies (Shannon); J': Equitabilidad;  $1-$ : Diversidad de especies (Simpson); : Dominancia.

**Table 2.** Calculated values of the parameters used for the determination of the community structure in the diatom taxocenosis by season and sampling site in San Ignacio oasis. S: Species richness;  $H'$ : Species diversity (Shannon); J': Equitability;  $1-$ : Species diversity (Simpson); : Dominance.

SITIO	VERANO				INVIERNO					
	S	$H'$	J	$1-$	S	$H'$	J'	$1-$		
1	39	3.93	0.74	0.87	0.13	20	2.94	0.68	0.8	0.2
2	32	3.75	0.75	0.87	0.13	26	2.63	0.56	0.69	0.31
3	27	2.82	0.59	0.73	0.27	20	2.56	0.59	0.68	0.32
4	29	3.76	0.77	0.89	0.11	13	2.42	0.66	0.69	0.31
5	24	3.43	0.75	0.88	0.12					
6	29	2.81	0.58	0.76	0.24					
7	36	4.06	0.78	0.92	0.08					

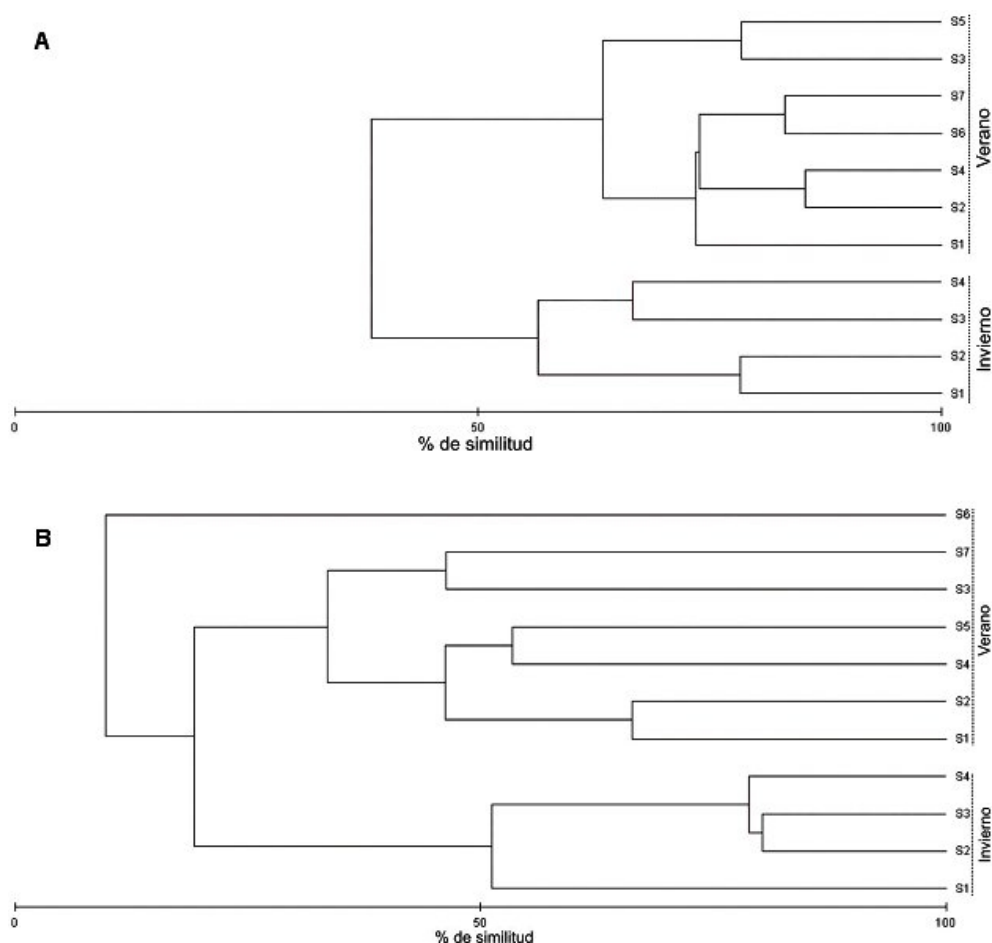


Figura 2. Agrupamiento de diatomeas epilíticas basado en el índice de similitud de Jaccard (a) y Bray Curtis (b) por sitio y época de muestreo del oasis de San Ignacio.

Figure 2. Epilithic diatom clusters based on the similarity indexes of Jaccard (a) and Bray Curtis (b) by sampling season and site in the San Ignacio oasis.

Dicha información permite reconocer asociaciones representativas de verano e invierno, tanto en términos cualitativos como cuantitativos, así como hipotetizar sobre la presencia de una diatomoflora representativa de la época fría y cálida.

### DISCUSIÓN

El conocimiento en general de la flora diatomológica en México es muy pobre y más aún el de aguas continentales, por lo que es muy frecuente que cuando se emprende un estudio florístico se aporte un número importante de novedades, no sólo para el lugar en que se realicen, sino para el país en sí. En el único trabajo previo sobre diatomeas de agua dulce de Baja California Sur se registraron 87 taxa para cuatro oasis (Siqueiros-Beltrones, 2001), por lo que las 73 especies determina-

das solo en el oasis de San Ignacio resulta ser elevado. Llama la atención que de las 87 especies previamente reportadas en el trabajo de Siqueiros-Beltrones (2001), sólo 11 se hayan registrado en el oasis de San Ignacio. Según dicho autor *Denticula kuetzingii* también fue muy abundante en el oasis de San Luis Gonzága, en donde se observó formando agregados de una coloración rojiza en los sedimentos. Asimismo, el bajo número de taxa en común entre el oasis de San Ignacio con los otros oasis estudiados por Siqueiros-Beltrones (2001), permite entrever una diferenciación taxonómica que podría estar marcando un gradiente latitudinal, ya que el oasis de San Ignacio es uno de los más nortefños de Baja California Sur. No obstante, es necesario completar el inventario florístico de la parte sur y centro de B. C. S., para tener más elementos

y poder hacer una diferenciación biogeográfica sustentada, recurriendo a otros parámetros, *v. gr.*, beta diversidad.

En lo que respecta a la distribución taxonómica y la estructura de las asociaciones de las diatomeas del oasis de San Ignacio, coincide con lo esperado teóricamente, es decir, una o dos especies dominan la comunidad en términos de abundancia y frecuencia de ocurrencia, pocas especies son codominantes y una gran cantidad de especies presentarían abundancias relativas menores al 1% con frecuencia de ocurrencia muy baja (se registran por lo general una vez) (Kelly, 2000; Bernadette *et al.*, 2008). Este patrón se ha determinado igualmente para comunidades de diatomeas marinas en diferentes sustratos estudiados en Baja California Sur (Siqueiros-Beltrones, 2000; Siqueiros-Beltrones *et al.*, 2005; López-Fuerte & Siqueiros-Beltrones, 2006).

Atribuir a la temperatura la diferenciación de una asociación representativa de invierno y otra de verano en términos cualitativos y cuantitativos sería aventurado, no obstante que se ha determinado un gradiente estacional relacionado con la temperatura y cambios bruscos en la conductividad y en el oxígeno disuelto (Israde *et al.*, 2008). Sin embargo, se puede llegar a una mejor aproximación complementando los análisis con la inclusión de otras variables *i. e.*, irradiancia, nutrientes, sólidos disueltos, etc. Además de los factores físicos y químicos, existen factores biológicos que se deben considerar, como lo es el efecto de la interacción biológica con los herbívoros, debido a la potencial eficiencia diferencial de la herbivoría en el consumo afectando la composición y modulación de la estructura comunitaria (Cuker, 1983). Los efectos de las interacciones biológicas se han demostrado en ambientes con bajo flujo de corrientes (Menge & Sutherland, 1987; Rosemond *et al.*, 2000), condición que se presenta en la cabecera del oasis de San Ignacio, por lo que habría de considerarse esta condición para la explicación de las variaciones en composición y abundancia.

El registro abundante y presencia constante de taxa pequeños (*Denticula kuetzingii*, *Achnantheidium minutissimum*, *A. exiguum* y *Navicula namibica*) que son fisiológicamente más activas que las células grandes, permite inferir la posible ventaja de éstos sobre taxa grandes *vs.* consumidores; lo anterior bajo la premisa de que, cuando la interacción biótica

principal es la herbivoría, las especies pequeñas aunque pueden ser dominantes en términos de abundancia y frecuencia, serán por su tamaño competitivamente inferiores en términos de productividad, pero menos vulnerables a ser consumidas (Rosemond *et al.*, 2000; Ulrich, 2000).

El que la composición y el dominio de la comunidad de diatomeas epilíticas sea de formas principalmente pequeñas puede responder a que éstas poseen mecanismos débiles para sujetarse al sustrato y pueden ser desprendidas con relativa facilidad con el aumento en la velocidad de la corriente o incremento del caudal (Lamb & Lowe, 1987). El manantial, al poseer una corriente constante y con baja velocidad debido a la existencia de pozas, les confiere estabilidad hidrológica, resultando en un ambiente adecuado para el desarrollo y permanencia de comunidades de este tipo de taxa que utilizan mecanismos de fijación no muy desarrollados; aunque se ha comprobado que taxa pequeños pueden desarrollar mecanismos de adherencia lo suficientemente eficientes para soportar aumentos en el caudal o la velocidad de la corriente, *i. e.*, *Achnantheidium minutissimum* (Ghosh & Gaur, 1998). No obstante, se ha determinado que especies grandes como *Fragilaria capucina* prefieren también desarrollarse bajo condiciones de baja velocidad de corriente (Passy, 2001).

Algunas especies de diatomeas que dominan la estructura de la comunidad han sido utilizadas como indicadores biológicos, *i. e.*, *Achnantheidium minutissimum*, *A. exiguum*, *Nitzschia amphibia* (Wehr *et al.*, 2003). Basándonos en la presencia, abundancia, complicación taxonómica e incertidumbre en la información taxonómica de dichos taxa, es difícil hacer inferencias sobre la calidad del agua del oasis de San Ignacio. Por otra parte, las medidas de la estructura comunitaria y la información autoecológica, dejan entrever que, por lo menos, la cabecera del oasis de San Ignacio es un cuerpo de agua limpio. Es recomendable el monitoreo constante de la diatomoflora del oasis de San Ignacio, con el fin de poder detectar cambios en la estructura de las asociaciones que puedan representar condiciones de alteración.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al CONACYT por la beca otorgada. Así como al Instituto Politécnico Na-

cional el apoyo brindado a través del proyecto IPN-SIP: 20070424. Diatomeas bentónicas de los oasis de Baja California Sur; florística y grupos ecológicos. También se reconoce a la CONABIO (Proyecto HJ032) los recursos para realizar los muestreos. Especial agradecimiento a David A. Siqueiros Beltrones por la revisión y comentarios del manuscrito y a dos revisores anónimos.

### REFERENCIAS

- Arriaga, L. 1997. Introducción, 1-4. En: Arriaga, L. & Rodríguez-Estrella, R. (Ed.). *Los oasis de la Península de Baja California*. Publ. 13, CIBNOR, S. C., La Paz, México, 292 p.
- Arriaga, L. & R. Rodríguez-Estrella. 1997. *Los oasis de la Península de Baja California*. Publ. 13, CIBNOR, S. C., La Paz, México, 292 p.
- Axelrod, D. I. 1979. Age and origin of the Sonoran Desert vegetation. *Occasional Papers of the California Academy of Sciences*, 132: 1-74.
- Coria, B. R. 1997. Climatología, 27-34. En: Arriaga, L. & Rodríguez-Estrella, R. (Ed.). *Los oasis de la Península de Baja California*. Publ. 13, CIBNOR, S. C., La Paz, México, 292 p.
- Bernadette, N., Chatham, T. & J. Harrington. 2008. Benthic diatoms of the river Deel: diversity and community structure. *Biology and environment*, 108(1): 29-42.
- Clarke, K. R. & R. M. Warwick. 1994. *Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth. 144 p.
- Cuker, B. 1983. Grazing and nutrient interactions in controlling the activity and composition of the epilithic algal community of an arctic lake. *Limnol. Oceanogr.*, 28(1): 133-141.
- De la Cruz-Agüero, G. 1994. *Sistema de análisis de comunidades. Versión 3.0*. Departamento de Pesquerías y Biología Marina. CICMAR-IPN. México. 99 pp.
- Díaz, S. & Troyo, E. 1997. Balance Hidrológico y Análisis de la Aridez, 35-49. En: Arriaga, L. & Rodríguez-Estrella, R. (Ed.). *Los oasis de la Península de Baja California*. Publ. 13, CIBNOR, S. C., La Paz, México, 292 p.
- Ghosh, M. & J. Gaur. 1998. Current velocity and the establishment of stream algal periphyton communities. *Aquat. Bot.*, 60(1): 1-10.
- Hustedt, F. 1930. Bacillariophyta (Diatomeae). En: Pascher, A. *Die Süßwasserflora Mitteleuropas*. Otto Koeltz Science Pub. Jena. 466 p.
- Hustedt, F. 1961-66. Die Kieselalgen Deutschland, Österreichs und der Schweiz. en: Rabenhorst, L. (Ed.). *Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*, VII Band, III Teil. Koeltz Scientific Books (Rep. 1991). Leipzig. 816 p.
- Israde A. I., G. V., Segura & N. Abarca. 2008. Freshwater diatoms in Lerma River, Central México and their use for Water Quality Assessment. En: NALMS. (Ed.): *Lake Management in a Changing Environment. 28th International Symposium of the North American Lake Management Society*. Lake Louise, Alberta, Canada. 100 p.
- Kelly, M. G. 2000 Identification of Common Benthic Diatoms in Rivers. *Field Studies*, 9: 583-700.
- Kramer, K. & H. Lange-Bertalot. 1986. *Bacillariophyceae, 1 Teil: Naviculaceae*. Band 2/1. Süßwasserflora von Mitteleuropa (H. Ettl, J. Gerloff und D. Mollenhauer, eds), Gustav Fischer. Stuttgart, 876 p.
- Kramer, K. & H. Lange-Bertalot. 1988. *Bacillariophyceae, 2 Teil: Epithemiaceae, Surirellaceae*. Band 2/2. von Süßwasserflora von Mitteleuropa (H. Ettl, J. Gerloff y D. Mollenhauer, eds), Fischer-Stuttgart, Alemania, 536 p.
- Kramer, K. & H. Lange-Bertalot. 1991. *Bacillariophyceae, 3 Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. Band 2/3 von

- SuBwasserflora von Mitteleuropa (H. Ettl, J. Gerloff y D. Mollenhauer, eds.), Fischer-Stuttgart-Jena, Alemania, 576 p.
- Lamb M. A. & R. Lowe 1987. Effects of current velocity on the physical structuring of diatom (Bacillariophyceae) communities. *Ohio J. Sci.*, 87(3): 72-78.
- López-Fuerte, F. O. & D. A. Siqueiros-Beltrones. 2006. Distribución y estructura de asociaciones de diatomeas en sedimentos de un sistema de manglar. *Hidrobiológica*, 16(1): 23-33
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton. University Press. Princeton. 179 p.
- McAleece, N. 1997. *Biodiversity professional beta 1. Version 2*. The Natural History Museum & The Scottish Association for Marine Science. <http://www.nhm.ac.uk/zoology/bdpro>.
- Menge B. A. & P. J. Sutherland. 1987. Community Regulation: Variation in Disturbance, Competition, and Predation in Relation to Environmental Stress and Recruitment. *Am. Nat.*, 130(5): 730-757.
- Passy, S. 2001. Spatial paradigms of lotic diatom distribution: A landscape ecology perspective. *J. Phycol.*, 37: 370-378.
- Rosemond A. D., P. J. Mulholland & S. H. Brawley. 2000. Seasonally shifting limitation of stream periphyton: Response of algal populations and assemblage biomass and productivity to variation in light, nutrients, and herbivores. *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, 57(1): 66-75.
- Round, F. E., R. M. Crawford & D. G. Mann. 1990. *The diatoms. Biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press. Cambridge. 747 p.
- Simonsen, R. 1987. *Atlas and catalogue of the diatom types of Friedrich Hustedt*. vol. I, II, III. J. Kramer. Berlin.
- 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. 2001. *Benthic diatoms from oases in the southern Baja Peninsula*. Abstracts of the 16th North American Diatom Symposium. 42 p.
- Siqueiros-Beltrones, D. A. 2002. *Diatomeas bentónicas de la península de Baja California; diversidad y potencial ecológico*. CICIMAR-IPN-UABCS. La Paz. 102 p.
- 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. 1989. *Statistical Methods*, Eighth Edition. Iowa State University Press. Ames., 503 p.
- StatSoft, Inc. 2007. *STATISTICA (data analysis software system), version 8.0*. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- Stephenson, W. & S. D. Cook. 1980. Elimination of species before cluster analysis. *Aust. J. Ecol.*, 5: 263-273.
- Stirling, G. & B. Wilsey. 2001. Empirical relationships between species richness, evenness, and proportional diversity. *Am. Nat.*, 158(3): 286-299.
- Ulrich S. 2000. Benthic microalgal diversity enhanced by spatial heterogeneity of grazing. *Oecologia*, 122(2): 284-287.
- Wehr, J. D., Thorp, J. & R. G. Sheath. 2003. *Freshwater algae of North America. Ecology and Classification*. Academic Press, USA. 917 p.



**Apéndice.** Diatomeas epilíticas encontradas en el oasis de San Ignacio, BCS.

%AR = Porcentaje de Abundancia Relativa ; %FO = Porcentaje de Frecuencia de Ocurrencia por época.

TAXA	VERANO		INVIERNO	
	%AR	%FO	%AR	%FO
1. <i>Achnanthes inflatagrandis</i> Metzeltin, Lange-Bertalot & García-Rodríguez	0.132	43	0.064	25
2. <i>Achnantheidium exiguum</i> (Grunow) Czarnecki.	20.101	100	10.039	100
3. <i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	9.733	100	50.064	100
4. <i>Amphora acutiuscula</i> Kützing	7.458	100	2.831	100
5. <i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & Archibald	1.693	100	0.064	25
6. <i>Amphora pseudoholsatica</i> Nagumo & Kobayasi	0.106	14		
7. <i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Simonsen	0.026	14		
8. <i>Bacillaria paradoxa</i> Gmelin	0.899	100	0.257	50
9. <i>Brachysira steinitziae</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	0.026	14		
10. <i>Caloneis bacillum</i> (Grunow) Cleve	0.846	71	0.515	75
11. <i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	0.026	14		
12. <i>Craticula ambigua</i> (Ehrenberg) D. G. Mann	0.053	14		
13. <i>Cyclotella atomus</i> Hustedt	1.111	100	0.129	50
14. <i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	0.608	14		
15. <i>Cyclotella pseudostelligera</i> Hustedt	3.861	86	0.064	25
16. <i>Cyclotella stelligera</i> (Cleve & Grunow) van Heurck			0.064	25
17. <i>Cymbella cymbiformis</i> C. Agardh	0.053	29		
18. <i>Cymbella hustedtii</i> Krasske	2.618	86	0.064	25
19. <i>Cymbella mexicana</i> (Ehrenberg) Cleve	0.053	14		
20. <i>Cymbella</i> sp.	0.476	71		
21. <i>Denticula valida</i> (Pedicino) Grunow	0.503	57	0.322	75
22. <i>Diadesmis confervacea</i> Kützing	0.132	43		
23. <i>Diploneis decipens</i> var. <i>paralela</i> Cleve			0.064	25
24. <i>Diploneis oblongella</i> (Nägeli) Cleve	0.079	43		
25. <i>Diploneis suborbicularis</i> (Gregory) Cleve	0.026	14		
26. <i>Diploneis subovalis</i> Cleve	0.106	57		
27. <i>Encyonopsis microcephala</i> (Grunow) Krammer	0.079	29		
28. <i>Eunotia praerupta</i> Ehrenberg	0.053	14		
29. <i>Fallacia pygmaea</i> (Kützing) Stickle & Mann	0.026	14		
30. <i>Fragilaria fasciculata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot	0.053	29		
31. <i>Fragilaria ulna</i> var. <i>acus</i> (Kützing) Lange-Bertalot			1.351	75
32. <i>Gomphonema affine</i> Kützing	1.613	100	7.079	100
33. <i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	1.746	100	2.381	75
34. <i>Gomposphenia oahuensis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	0.820	71		
35. <i>Mastogloia elliptica</i> (Agardh) Cleve	0.026	14		
36. <i>Navicula aquaedurue</i> Lange-Bertalot	2.222	100	0.644	50
37. <i>Navicula cryptotenelloides</i> Lange-Bertalot	0.053	14		
38. <i>Navicula gregaria</i> Donkin	0.291	14		
39. <i>Navicula longicephala</i> var. <i>longicephala</i> Hustedt	0.026	14		
40. <i>Navicula namibica</i> Lange-Bertalot	11.029	71		
41. <i>Navicula rostellata</i> Kützing			0.129	50
42. <i>Navicymbula pusilla</i> (Grunow) Krammer	0.079	43	0.257	25
43. <i>Nitzschia amphibia</i> f. <i>frauenfeldii</i> (Grunow) Lange-Bertalot	4.708	100	3.153	100
44. <i>Nitzschia amphibia</i> Grunow			7.593	100
45. <i>Nitzschia amphibioides</i> Hustedt	3.042	100	6.821	100

## Apéndice. Cont.

%AR = Porcentaje de Abundancia Relativa y %FO = Porcentaje de Frecuencia de Ocurrencia por época.

TAXA	VERANO		INVIERNO	
	%AR	%FO	%AR	%FO
46. <i>Nitzschia calida</i> Grunow	0.026	14		
47. <i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch	0.026	14		
48. <i>Nitzschia compressa</i> (Bailey) Boyer var. <i>compressa</i>	0.264	43		
49. <i>Nitzschia constricta</i> (Kützing) Ralfs	0.132	29		
50. <i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	0.212	71	0.064	75
51. <i>Nitzschia frustulum</i> (Kützing) Grunow	0.820	100	0.708	75
52. <i>Nitzschia fusiformis</i> Grunow			0.064	25
53. <i>Nitzschia levidensis</i> (W. Smith) Grunow	0.026	14		
54. <i>Nitzschia linearis</i> (Agardh ex W. Smith) W. Smith	0.026	14		
55. <i>Nitzschia microcephala</i> Grunow	0.106	43	0.129	25
56. <i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	5.871	100	0.129	25
57. <i>Nitzschia sinuata</i> var. <i>delognei</i> (Grunow) Lange-Bertalot	0.132	14		
58. <i>Opephora krumbeyii</i> Witkowski, Witak & Stachura	2.989	86	0.901	75
59. <i>Opephora pacifica</i> Grunow	0.026	14		
60. <i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve	0.026	14		
61. <i>Pinnularia gibba</i> Ehrenberg	0.026	14		
62. <i>Pinnularia neomajor</i> Krammer	0.053	14		
63. <i>Pinnularia viridifomis</i> Krammer	0.026	14		
64. <i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Round & L. Bukhtiyarova	1.455	100	0.386	75
65. <i>Psammothidium lauenburgianum</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round			1.416	50
66. <i>Pseudostaurosira brevistriata</i> var. <i>inflata</i> (Pantocsek) Hartley <i>et al.</i>	2.380	100	0.965	50
67. <i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehrenberg) O. Müller	0.132	57	0.064	25
68. <i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkovsky	6.268	100	0.515	100
69. <i>Stephanodiscus minutulus</i> (Kützing) Cleve & Möller	0.238	57		
70. <i>Synedra acus</i> var. <i>angustissima</i> Grunow			0.515	50
71. <i>Synedra ulna</i> var. <i>danica</i> (Kützing) Grunow	0.053	29		
72. <i>Terpsinoe musica</i> Ehrenberg	0.053	29	0.064	25
73. <i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	2.036	100	0.129	50