



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS**



**DIVERSIDADES ALFA Y BETA DE DIATOMEAS  
EPILÍTICAS EN OASIS DE BAJA CALIFORNIA  
SUR**

**TESIS**  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS MARINAS

PRESENTA  
FRANCISCO OMAR LÓPEZ FUERTE

LA PAZ, B. C. S., DICIEMBRE DE 2010



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**  
**ACTA DE REVISIÓN DE TESIS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 06 del mes de Septiembre del 2010 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

**“DIVERSIDADES ALFA Y BETA DE DIATOMEAS EPILÍTCAS  
EN OASIS DE BAJA CALIFORNIA SUR”**

Presentada por el alumno:

**LÓPEZ**

Apellido paterno

**FUERTE**

materno

**FRANCISCO OMAR**

nombre(s)

Con registro: 

A	0	7	0	3	6	7
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

**DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA DEFENSA DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

**LA COMISION REVISORA**

Director(a) de Tesis

DR. DAVID ALFARO SIQUEIROS BELTRONES

DRA. MARÍA MARGARITA CASAS VALDEZ

DRA. CHRISTINE JOHANNA BAND SCHMIDT

DRA. MARÍA DINORAH HERRERO PEREZRUL

DR. EBERTO NOVELO MALDONADO

**PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES**

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



**IPN  
CICIMAR  
DIRECCION**



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 18 del mes Octubre del año 2010, el (la) que suscribe MC. FRANCISCO OMAR LÓPEZ FUERTE alumno(a) del

Programa de DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS

con número de registro A070367 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo al dirección de:

DR. DAVID ALFARO SIQUEIROS BELTRONES

y cede los derechos del trabajo titulado:

“DIVERSIDADES ALFA Y BETA DE DIATOMEAS EPILÍTCAS

EN OASIS DE BAJA CALIFORNIA SUR”

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: folopez@uabcs.mx dsiquei@ipn.mx

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

MC. FRANCISCO OMAR LÓPEZ FUERTE

*nombre y firma*

*Dedicatoria*

*A mi familia; Ma. del Carmen e hijos, Oma e Tann  
A mis padres y Hermanos*

## Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada. Así como al Instituto Politécnico Nacional el apoyo brindado a través de los proyectos IPN-SIP: 20070424, Diatomeas bentónicas de los oasis de Baja California Sur; florística y grupos ecológicos, IPN-SIP: 20080010-Influencia de protrombolitos en la geomorfología de lagunas costeras del Golfo de California e IPN-SIP-20090154, Influencia de pro-trombolitos en la geomorfología de lagunas costeras del Golfo de California II. También se reconoce a la CONABIO el apoyo brindado (Proyecto HJ032).

Se agradece el apoyo brindado por los sinodales en las diferentes etapas del doctorado y trabajo de tesis, Dra. Margarita Casas Valdez, Dra. Christine Johanna Band Schmidt, Dra. M. Dinorah Herrero Perezrul, Dr. Eberto Novelo Maldonado, Dr. Jose de la Cruz, Victor Cruz Escalona y principalmente al Dr. David A. Siqueiros Beltrones.

A la Universidad Autónoma de Baja California Sur (Departamento de Economía) por los apoyos brindados durante el desarrollo de este trabajo de tesis.

Van las gracias a todos los que participaron en los muestreos y análisis estadísticos, Monica, Iran, German (Pinpon), Ulianov, Oscar.

Al M. en C. Ruben Garcia quien participo en la edición del manuscrito.

## Contenido

Resumen.....	I
Abstract.....	II
Glosario.....	III
Lista de tablas.....	VI
Apéndices.....	VIII
1. Introducción.....	1
2. Antecedentes.....	8
3. Justificación.....	10
4. Objetivos.....	11
4.1. Objetivo general.....	11
4.2. Objetivos específicos.....	11
5. Método y Materiales.....	12
5.1. Estrategia de muestreo y tratamiento de muestras.....	12
5.1.2. Selección de substrato.....	15
5.1.3. Obtención de las muestras.....	15
5.2. Procesamiento de muestras.....	16
5.2.1. Determinación del tamaño de muestra.....	16
5.2.2. Determinación taxonómica.....	17
5.3. Estructura de las asociaciones.....	17
5.3.1. Medidas de diversidad (Diversidad alfa):.....	17
5.3.2. Índice de diversidad de Shannon H'.....	18
5.3.3. Índice de equidad de Pielou (J').....	18
5.3.4. Índice de dominancia de Simpson.....	18
5.3.5. Diversidad de Simpson.....	19
5.3.6. Diversidad Beta.....	19
5.3.7. Índice de Jaccard.....	20
5.3.8. Índice de Bray-Curtis.....	20
5.3.9. Frecuencia de aparición (FA).....	20
5.4. Variables físicas y químicas del agua.....	20
5.5. Análisis de los datos.....	21
7. Resultados.....	22
7.1. Flora Diatomológica y Riqueza Específica.....	22
7.2. Fase cuantitativa.....	24
7.3. Estructura de las asociaciones.....	25
7.3.1. Diversidad y dominancia.....	25
7.4. Diversidad Beta.....	38
7.5. Variables Fisicoquímicas.....	47
7.5.1. Temperatura.....	48
7.5.2. Conductividad.....	48
7.5.3. pH.....	49
7.6. Biogeografía.....	49
8. Discusión.....	52
9. Conclusión.....	60
10. Literatura Citada.....	61

## **Diversidades alfa y beta de diatomeas epilíticas en oasis de Baja California Sur**

### Resumen

El 93% de los oasis de la Península de Baja California se encuentran en su porción sur. Algunos de estos han sido evaluados y caracterizados sobre la base de los distintos grupos biológicos. Sin embargo, se ha soslayado el estudio de uno de los grupos taxonómicos autotróficos dominantes en ambientes dulceacuícolas, *i. e.*, las diatomeas. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es determinar las diversidades alfa y beta para seis oasis de Baja California Sur, mediante el primer estudio sistemático de la diatomoflora bentónica (epilítica); con ello se complementa la caracterización de los oasis del Estado. El análisis de diversidad alfa redituó 152 taxa entre especies y variedades, representadas en 55 géneros. La distribución en cuanto a la presencia exclusiva de taxa por oasis fue la siguiente: 26 para San Ignacio, 16 para San Bartolo, 8 para Santa Águeda y 6 para Santiago. De manera combinada, 10 especies son exclusivas para San Ignacio-Santa Águeda y 6 para San Bartolo-Santiago; solamente 11 especies están presentes en 3 de los cuatro oasis mencionados; las especies dominantes son las de afinidad subtropical (oasis) y las cosmopolitas con el 57 y 36% respectivamente. En relación con las variables fisicoquímicas, en particular con el pH, el 62% y 28% de las especies registradas presentan una afinidad alcalófila- circumneutrófila y alcalófila, respectivamente. En cuanto a la diversidad beta, los análisis, tanto cuantitativos como cualitativos, muestran un gradiente latitudinal, por lo que se diferencian grupos o asociaciones representativas de los oasis del Norte (San Ignacio-Santa Águeda) y del Sur (San Bartolo y Santiago). Los análisis de similitud permiten reconocer dos grupos ecológicos basados en la latitud, pH y conductividad. La asociación, al igual que otras, tanto dulceacuícolas como marinas, está representada por pocas (<5) especies dominantes en términos de abundancia y frecuencia, mientras que el grueso está representado por las especies raras. La elevada riqueza y diversidad de la diatomoflora es indicativo de condiciones ambientales favorables (pH, T). La condición subtropical seca de B. C. S., condiciona que más del 50% de los taxa presenten esta afinidad.

## **Alpha and Beta diversities in epilithic diatoms from oases in Baja California Sur**

### **Abstract**

Ninety three percent of the oases from the Baja California peninsula are located in its southern portion. Some have been evaluated and characterized on the basis of different biological groups. However, the study of one of the dominant autotrophic taxonomic groups in fresh water, *i. e.* diatoms, has been neglected. Therefore, the objective of this work is the determination of alpha and beta diversities for six oases of Baja California Sur, through the systematic study of the benthic diatom flora (epilithic); thus complementing the characterization of the oases from Baja California Sur. The alpha diversity analysis yielded 149 taxa represented by 54 genera. The distribution of taxa for each oasis was the following: 26 for San Ignacio, 16 for San Bartolo, 8 for Santa Águeda and 6 for Santiago. In a combined way, 10 species are exclusive for San Ignacio-Santa Águeda and six for San Bartolo-Santiago; only 11 species are presented in three of the four mentioned oases. The dominant species are those with tropical (57%) cosmopolitan (36%) affinities. In relation with the physical-chemical variables, particularly pH, 62% of the species are alkalophilic-cirumneutrophilic and 28% were alkalophile. The beta diversity analysis showed a latitudinal gradient, in which two groups or assemblages are represented by the Northern (San Ignacio-Santa Águeda) and Southern oases (San Bartolo and Santiago), respectively. The similarity analyses allowed the recognition of ecological groups based on the latitude, pH and conductivity. The oases diatom assemblages, as with other marine and freshwater assemblages, is represented by few (<5) dominant species according to their abundance and frequency, while the majority are represented by rare species. The elevated richness and diversity of the diatom flora is indicative of favorable environmental conditions (pH, Temperature). The subtropical-dry conditions of Baja California Sur, determined that more than 50% of the observed taxa showed this affinity.

## **Glosario**

- Asociación vegetal. Cualquier grupo de organismos de composición florística determinada que crecen juntas y forman una pequeña unidad natural en un área particular con una o dos especies dominantes.
- Bentónico. Referente al lecho marino. Organismos que se desarrollan en relación con el fondo.
- Biodiversidad. La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas
- Biogeografía. Estudio de la distribución geográfica de los organismos, sus hábitats y los factores históricos y biológicos que la producen.
- Bioindicación. Conjunto de requerimientos biológicos de los seres vivos para caracterizar el nivel de salud de los ecosistemas. Dar a entender una cosa referente a un ser vivo.
- Circumneutrófilo. Que se desarrolla en condiciones de pH casi neutro.
- Comunidad. Cualquier grupo de organismos (poblaciones) pertenecientes a especies distintas que ocurren en el mismo hábitat o área, que interactúan mediante relaciones tróficas y espaciales; típicamente está caracterizado por la referencia a una o más especies dominantes o determinantes.
- Determinación taxonómica. Ubicación o localización experta de un organismo por referencia a una clasificación existente.
- Diatomea. Microalga unicelular (de la División Bacillariophyta), de vida libre o colonial, cuyo protoplasto está rodeado por una pared silíceo.
- Diatomea epífita. Diatomeas que viven sobre cualquier parte de una macrofita u otro organismo fotosintético.
- Epipélico (a). Organismos acuáticos que se mueven sobre la superficie del sedimento o que viven en la interfase o interfaz sedimento/agua.
- Diversidad Alfa. Riqueza de especies de una comunidad particular considerada como homogénea. Conjunto de especies del grupo indicador que coexisten en un

área homogénea del paisaje, dicha área es la unidad de muestreo, es decir, en términos generales equivalente a una muestra de una comunidad.

- Diversidad Beta. Grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades de un paisaje. Cambio en la composición de especies entre muestras realizadas en diferentes tiempos, dentro del mismo fragmento; *diversidad beta temporal de un sitio*.
- Epipsámica (o). Unido a partículas de arena.
- Euritopa. Especie que se extiende por un área extensa no restringida.
- Estructura. La disposición de las partes o la manera de constituir una entidad dada.
- Factor. Cualquier agente causal.
- Frústula. Pared celular silicea compuesta por dos valvas y un cíngulo.
- Florística. Estudio de la composición de especies vegetales, o de las especies vegetales de una localidad o región en particular.
- Léntico. Referente a hábitat acuáticos estáticos o de movimiento calmado o muy lento.
- Lóticos. Referente a hábitat de agua corriente rápida, como ríos y corrientes.
- Microhábitat. Hábitat pequeño y especializado.
- Oasis. Depresiones fértiles, generalmente saturadas de agua y rodeadas de desierto o tierras estériles, frecuentemente asociados a pequeños núcleos de población; o bien, manantiales subsuperficiales que interceptan la superficie del terreno.
- Parámetro. Característica de distribución de una variable o atributo de una población. Medida descriptiva calculada a partir de los datos obtenidos de una población.
- Perifiton. Comunidad de plantas, animales y los detritos asociados a ambos que se adhieren a las rocas, plantas y otros objetos sumergidos formando en ellos una capa superficial
- Plancton. Aquellos organismos incapaces de mantener su posición o distribución independientemente del movimiento de las masas de agua o de aire.
- Sinecología. Estudio de la ecología de los organismos, las poblaciones y las comunidades o asociaciones.

- Taxocenosis. Asociaciones de poblaciones de especies de un grupo taxonómico determinado. Es aquella parte de la comunidad definida por especies que pertenecen a determinado grupo taxonómico que permite diferenciarlos de otros.
- Taxón. Unidad de clasificación de los organismos (plural: taxones o taxa).
- Taxonomía. La teoría y la práctica de describir, nombrar y clasificar organismos.
- Valva. Una de las dos partes de la frústula de una diatomea, unida por bandas intercalares.
- Variable. Que no se limita a un solo valor. Propiedad con respecto a la cual los individuos de una población difieren en alguna forma perceptible.
- Variación. Divergencia de las características estructurales y funcionales dentro de un grupo. Amplitud en los valores observados en una variable poblacional o muestral.

## Lista de tablas

Tabla 1. Taxa comunes y exclusivos por zona, oasis y temporada de muestreo.....	23
Tabla 2. Número de taxa presentes en los oasis en que se muestreo en la temporada fría y cálida.....	24
Tabla 3. Valores obtenidos mediante la aplicación de índices ecológicos utilizados para determinar la estructura de las asociaciones de diatomeas por grupo/oasis y temporada de muestreo.....	27
Tabla. 4. Intervalos de los valores de la temperatura (T °C), pH y conductividad ( $\mu$ S/cm) del agua, por oasis y temporada.....	47

## Lista de figuras

Figura 1. Localización de los oasis estudiados.....	14
Figura 2. Variación temporal de las diatomeas más abundantes en el oasis de San Ignacio.....	30
Figura 3. Variación temporal de diversidad ( $H'$ y $1-\lambda$ ) para el oasis de San Ignacio.....	33
Figura 4. Variación temporal de las diatomeas más abundantes en el oasis de Santa Águeda.....	33
Figura 5. Variación de diversidad ( $H'$ y $1-\lambda$ ) para el oasis de Santa Águeda.....	41
Figura 6. Variación temporal de las diatomeas más abundantes en el oasis de San Bartolo.....	35
Figura 7. Variación por temporada de muestro de los Índices de Diversidad ( $H'$ y $1-\lambda$ ) para el oasis de San Bartolo.....	35
Figura 8. Agrupamiento general de diatomeas epilíticas basado en el índice de similitud de Jaccard, por oasis y temporada de muestreo.....	40
Figura 9. Agrupamiento general de diatomeas epilíticas basado en el índice de similitud de Bray Curtis por oasis y temporada de muestreo.....	42
Figura 10. Agrupamiento de diatomeas epilíticas basado en el índice de similitud de Jaccard para el oasis de San Ignacio.....	43
Figura 11. Agrupamiento de diatomeas epilíticas basado en el índice de similitud de Bray Curtis para el oasis de San Ignacio.....	44
Figura 12. Agrupamiento de diatomeas epilíticas basado en el índice de similitud de Jaccard para el oasis de Santa Águeda.....	45
Figura 13. Agrupamiento de diatomeas epilíticas basado en el índice de similitud de Bray Curtis para el oasis de Santa Águeda.....	45
Figura 14. Agrupamiento de diatomeas epilíticas basado en el índice de similitud de Jaccard para el oasis de San Bartolo.....	46
Figura 15. Agrupamiento de diatomeas epilíticas basado en el índice de similitud de Bray Curtis para el oasis de San Bartolo.....	47
Figura 16. Dinámica temporal de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) para los oasis estudiados.....	48
Figura 17. Variación temporal de la conductividad eléctrica para los Oasis estudiados.....	49
Figura 18. Clasificación por afinidad de las diatomeas epilíticas de los oasis Estudiados, expresada en %.....	51
Figura 19. Oasis San Ignacio (Manantial).....	75
Figura 20. Oasis de Santa Águeda.....	76
Figura 21. Oasis de San Luis Gonzaga.....	77
Figura 22. Oasis de San Bartolo (Manantial).....	78
Figura 23. Oasis de San Bartolo (Arroyo).....	78
Figura 24. Oasis Agua Caliente (Dique).....	79
Figura 25. Oasis Agua Caliente (Arroyo).....	80
Figura 26. Oasis de Todos Santos.....	81

## Apéndices

Apéndice I. Descripción de los oasis donde se tomaron muestras.....	75
Apéndice II. Elenco florístico de diatomeas en los seis oasis muestreados.....	82
Apéndice III. Abundancia total (AT), abundancia relativa (AR), abundancia relativa acumulada (ARA), frecuencia total (FT), frecuencia relativa (FR), frecuencia relativa acumulada (FRAC), de los taxones de diatomeas bentónicas que aparecieron durante los conteos en las muestras de los oasis de B. C. S., estudiados.....	91
Apéndice IVa. Conteo del mes de Julio de 2007 en el Oasis de San Ignacio.....	95
Apéndice IVb. Conteo del mes de Enero de 2008 en el Oasis de San Ignacio.....	97
Apéndice IVc. Conteo del mes de Julio de 2007 en el Oasis de Santa Águeda.....	98
Apéndice IVd. Conteo del mes de Enero de 2008 en el Oasis de Santa Águeda.....	99
Apéndice IVe. Conteo del mes de Marzo de 2008 en el Oasis de San Bartolo.....	101
Apéndice IVf. Conteo del mes de Noviembre de 2008 en el Oasis de San Bartolo.....	103
Apéndice IVg. Conteo del mes de Diciembre de 2008 en el Oasis de Santiago.....	104
Apéndice IVh. Conteo del mes de Marzo de 2008 en el Oasis de Todos Santos.....	106
Apéndice IVi. Conteo del mes de Abril de 2009 en el Oasis de San Luis Gonzaga.....	107
Apéndice V. Muestra iconográfica de los taxa representativos de los oasis estudiados.....	109
Apéndice VI. Artículo: $\alpha$ -diversidad de diatomeas epilíticas del oasis de San Ignacio Baja California Sur, México.....	122

## 1. Introducción

En la parte sur de la Península de Baja California, la expresión “oasis” es de uso popular para definir a los cuerpos superficiales de agua dulce y su vegetación. Para la Península se ha determinado la existencia de aproximadamente 184 oasis, de los cuales, alrededor de 171 se encuentran en Baja California Sur (B. C. S.); se han clasificado en siete grupos de acuerdo a las siguientes características: tipo de manantial, tipo de vegetación y la evolución del cuerpo de agua (Maya *et al.*, 1997). A su vez, un 48% de los oasis se pueden considerar como típicos, *i. e.*, cuerpos de agua superficiales visibles, el resto (52%) entran en categorías atípicas, *e. g.*, arroyos de temporal. Pese a que los oasis se caracterizan por una discontinuidad en su distribución, debida principalmente a las características geológicas e hidroclimáticas de la región, estos ambientes han sido de gran importancia desde la llegada de sus antiguos pobladores hasta los actuales habitantes (Díaz *et al.*, 2004).

Si bien representan menos del 1% de la superficie del estado, los oasis concentran una proporción considerable de la diversidad biológica y un número considerable de endemismos del territorio estatal (Rodríguez-Estrella, 2004). No obstante su elevada biodiversidad, los oasis son sistemas biológicos fácilmente modificables que pueden estar sujetos a eventos catastróficos que se presentan con cierta regularidad, como grandes avenidas de los arroyos, sequías prolongadas, así como a pastoreo intensivo y tráfico intenso de personas y ganado (León de la Luz *et al.*, 2004). Así mismo, en algunos oasis existen problemas derivados propiamente de los efectos causados por las actividades humanas y en algunos de estos se entrevé, ya sea su potencial desaparición, o modificaciones en las poblaciones o comunidades de los diferentes grupos taxonómicos que ahí se encuentran (Rodríguez-Estrella, 2004).

Los intentos por utilizar diferentes grupos taxonómicos que habitan en los oasis (aves, anfibios, reptiles, mamíferos, flora) como indicadores ecológicos, han tenido como objetivo principal el proveer elementos ecológicos para un posible monitoreo y/o identificación de cambios estructurales en las poblaciones. No obstante, dicho interés se ha asociado casi exclusivamente a procesos ecológicos

más que con la calidad del agua (papel de los indicadores biológicos) o con la distribución geográfica de ciertos taxa.

Hasta hace poco, sólo la química del agua era considerada como un elemento único en la definición de la calidad de los cuerpos de agua dulce; en la actualidad el reconocimiento y la utilización de diferentes grupos taxonómicos entre los que sobresalen las diatomeas, son considerados en algunos casos como elementos definitorios y/o complementarios en la determinación de la calidad biológica de los ambientes dulceacuícolas. En este sentido, desde hace ya muchos años en los países desarrollados se invierten recursos económicos importantes y se forman recursos humanos que se encargan de la determinación de sus diatomoflora. Así, el interés por conocer y utilizar la flora de diatomeas de sus aguas continentales como bioindicadores se hace patente con una considerable cantidad de estudios básicos y aplicados (John *et al.*, 2000; Kelly, 2000), en el diseño de diferentes métodos de trabajo (Dares, 2004; Gevrey *et al.*, 2004), en la elaboración de diversos tipos de índices biológicos que usan la diatomoflora (Kelly, 1999; Lecoite *et al.*, 1999; Pipp, 2001), o en comprobar la viabilidad de los métodos e índices biológicos o ecológicos propuestos en cada país (Kelly, 2003; Rott *et al.*, 2003). Dichas investigaciones, cuentan con una base florística confiable, comprensiva y taxonómicamente precisa de diatomeas, como producto de un estudio en sistemática *sensu lato*.

Las diatomeas son algas eucariotas, unicelulares, diplontes, autótrofas que, a partir de sustancias inorgánicas como agua y sales minerales, forman sustancias orgánicas, como azúcares, grasas y proteínas; por ello son consideradas productores primarios por excelencia que se pueden encontrar libres o formando colonias y son capaces de establecerse casi en cualquier tipo de sustrato. Las diatomeas se pueden encontrar en diversos ambientes, exigiendo la presencia mínima de humedad; ello las predispone a ocupar diferentes medios acuáticos (agua dulce, salada y salobre, corriente y estancada, perenne o intermitente), aéreos (aerosoles) y el suelo (suelos húmedos) subaérea no edáfica *i. e.* paredes de cavernas. Aunque son unicelulares, algunas especies constituyen colonias en formas muy variables, mientras que otras especies (células libres) pueden presentar movimiento autónomo (*Navicula*, *Nitzschia*) facilitando así la colonización de nuevos sustratos. Pueden ser

planctónicas, bentónicas o formar parte del perifiton (Wetzel, 1983). Algunos géneros se encuentran tanto en las aguas dulces como en los medios marinos, mientras que otros son privativos de uno o de otro. Dada su significancia ecológica son las algas más utilizadas para el biomonitoreo de ambientes fósiles y actuales.

Algunas consideraciones que hacen que las diatomeas sean ampliamente utilizadas en las investigaciones son: 1) se caracterizan por una cubierta o pared externa de sílice, o frústula, lo que hace que su recolecta y preservación para futuros análisis sean poco complicados (Round *et al.*, 1990), 2) el análisis morfológico y la identificación de las especies es más confiable después de la fijación, lo cual no sucede con otros componentes (Cyanobacteria, Chlorophyceae, etc.), 3) están presentes durante todo el año, 4) no muestran complicaciones en su ciclo de vida y, 5) ecológicamente son mejor conocidos que otros grupos (Round *et al.*, 1990). Además, poseen la capacidad de registrar cambios influenciados por las características físicas y químicas del agua (Cox, 1996; Pan *et al.*, 1996; Sabater *et al.*, 1988), siendo las primeras en reflejar cambios naturales o antropogénicos sobre los cuerpos de agua casi de manera inmediata (Díaz-Quirós & Rivera-Rondón, 2004). Asimismo, el grado de tolerancia de algunas especies permite inferir o asociar niveles de contaminación, pudiéndose basar únicamente en su composición específica o en análisis a nivel de comunidades y asociaciones, tales como: diversidad y distribución.

Para establecer la función de las microalgas como indicadores, se ha determinado que la relación entre la composición y abundancia del fitobentos está regulada por factores hidrológicos, físicos y químicos (Hynes, 1970; Hawes & Smith, 1993; Mayer & Galatowitsch, 1999; Blanco *et al.*, 2003; Kitner & Poulícková, 2003). En particular, las diatomeas del perifiton al utilizar los elementos disueltos directamente del agua, pueden proporcionar información de cambios físicos y químicos en el agua, ya que a lo largo del tiempo revelan modificaciones en la composición de la comunidad, *e. g.*, los impactos como la contaminación inducen a cambios en la estructura de las comunidades, la función biológica de los sistemas acuáticos y al propio organismo, afectando su ciclo de vida, crecimiento y su condición reproductiva (Vilbaste, 2003). Por otra parte, también se ha reconocido que

las comunidades de diatomeas bentónicas son reguladas principalmente por las condiciones ambientales y no tanto por las amplias escalas climáticas o procesos geológicos (Stevenson & Pan, 1999). De la misma forma, la química del agua en particular, ha sido considerada como un modulador ambiental a nivel local, que regula la estructura de la comunidad de diatomeas bentónicas (Pan *et al.*, 2000).

En estudios de campo y laboratorio, dos de las variables más utilizadas por los investigadores son la conductividad eléctrica (total de iones disueltos) y el pH del agua, ya que se ha demostrado que están directamente relacionados con la solubilidad de distintas sustancias y la disponibilidad de carbono que inciden sobre la actividad de las diatomeas. Específicamente, las proporciones de las especies iónicas de bióxido de carbono son alteradas significativamente por cambios en los valores de pH. A un  $\text{pH} < 6$ , el  $\text{CO}_2$  es la especie dominante. A valores de pH entre 7 y 9, el  $\text{HCO}_3^-$  predomina, mientras que el  $\text{CO}_3^{2-}$  comienza a aumentar su concentración significativamente a valores de  $\text{pH} > 9$ . El sistema de alcalinidad tiene interacciones importantes con los procesos de fotosíntesis y respiración, ya que durante el proceso de fotosíntesis se consume  $\text{CO}_2$ , causando a su vez que el pH aumente. Dicho aumento en el pH se debe a que la baja en concentración de  $\text{CO}_2$  libre ocasiona a su vez una disminución en la concentración del ión hidronio ( $\text{H}^+$ ) y por ende un aumento en pH. Si la concentración de  $\text{CO}_2$  libre disminuye, entonces disminuye también la concentración de  $\text{H}^+$ . En aguas con alta productividad, durante periodos intensos de fotosíntesis se pueden agotar los niveles de  $\text{CO}_2$  libre, a tal punto que el crecimiento de plantas acuáticas (incluidas las diatomeas) se ve limitado y el pH puede alcanzar valores mayores de 9 ó 10. Las diatomeas responden a estas variables de manera diferencial. Así, pueden distinguirse las especies acidófilas, neutrófilas y alcalófilas de diatomeas (Dodds, 2002).

A menudo, en las comunidades de diatomeas la distribución de los individuos dentro las especies sigue un patrón definido que consiste en que pocas especies están representados por muchos individuos, mientras que muchas especies están representados por pocos individuos y algunas especies son raras; se ha observado este patrón en muchas comunidades naturales tanto en ambientes marinos como continentales (van Dam, 1982; Round, 1990; Kelly & Whitton, 1998; Goldsmith,

2000). Se han propuesto modelos matemáticos que describen esta estructura y muchos autores indican que estas comunidades siguen una distribución *log* normal (Hellawell, 1986). En un nivel más general, se ha argumentado que la composición de especies en formas pequeñas (especialmente unicelulares) se encuentra dominada por especies cosmopolitas con una alta habilidad de dispersión (Finlay *et al.*, 1996; Fenchel *et al.*, 1997; Soininen, 2003). Además, se ha propuesto que los efectos de los cambios ambientales locales deberían ser mucho más importantes que los regionales, actuando directamente sobre las comunidades; seleccionando a las especies capaces de hacer frente a las condiciones imperantes (Soininen, 2004).

Los índices de diversidad son expresiones matemáticas que usan tres componentes de la estructura de la comunidad: riqueza (número de especies presentes), equidad o equitatividad (uniformidad en la distribución de los individuos entre las especies) y diferentes tipos de abundancia (número total de organismos presentes), para describir la respuesta de una comunidad a las condiciones imperantes en un ambiente determinado. La suposición generalizada del planteamiento de la diversidad, es que los ambientes no alterados se caracterizan por tener una alta diversidad o riqueza, una distribución menos desigual de individuos entre las especies (equidad) y de una moderada a alta abundancia de individuos (Metcalfe, 1989).

La diversidad de especies puede contemplarse bajo distintas perspectivas de acuerdo con los intereses de la investigación. Para este caso se consideran las diversidades alfa y beta. La primera, diversidad  $\alpha$ , se refiere al resultado de un proceso evolutivo que se manifiesta en la existencia de diferentes especies dentro de un hábitat particular; la diversidad  $\beta$  es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje; y por último, la diversidad  $\gamma$  es la riqueza de especies del conjunto de comunidades que integran un paisaje, resultante tanto de las diversidades alfa como de las diversidades beta (Whittaker, 1972). De esta manera, comunidades de organismos unicelulares deberían ser caracterizadas por una alta riqueza de especies locales (diversidad  $\alpha$ ), comparada con la riqueza regional (diversidad  $\gamma$ ) que debería tener bajos niveles de diversidad  $\beta$  (Finlay *et al.*, 1996; Fenchel *et al.*, 1997; Hillebrand & Azovsky, 2001;

Azovsky, 2002). Lo anterior permite monitorear el efecto de las condiciones ambientales al contar con información de la diversidad biológica en comunidades naturales y modificadas ( $\alpha$ ) y también de la tasa de cambio en la biodiversidad entre distintas comunidades ( $\beta$ ) para conocer su contribución a nivel regional ( $\gamma$ ), y poder diseñar estrategias de conservación y llevar a cabo acciones concretas a una escala local en los términos mencionados.

Entre las comunidades regionales y las asociaciones locales se presentan una serie de filtros que pueden tener algún grado de injerencia, tanto en una escala espacial como temporal, y que a su vez determinan que en un lugar dado unas especies existan y otras no. Estos filtros son precisamente los fenómenos ecológicos y ambientales que moldean las comunidades. En nuestro caso, dichos fenómenos están representados por el aislamiento geográfico y las características físicas y químicas de cada oasis.

En la mayoría de los casos en que se emprende una investigación con poco esfuerzo histórico (como lo es en el caso de las diatomeas de los oasis de B. C. S.), resulta menos complicado derivar la expresión matemática con los diferentes aspectos de la biodiversidad, que la propia interpretación biológica la cual resulta por lo general compleja en su identificación y descripción (Halffter & Moreno, 2005). Es decir, en nuestro caso, identificar los factores o variables que intervienen en la determinación de la estructura de las asociaciones de diatomeas epilíticas entre las diversidades alfa y beta. Con todo y esto, en este trabajo se trata de precisar en la medida de lo posible el sentido biológico de las diversidades alfa y beta, asociando dichas diversidades con factores ambientales locales *i. e.* pH, temperatura, conductividad, y con las interacciones entre las poblaciones (en particular la competencia interespecífica) ( $\alpha$ ) y en términos de recambio de especies (ganancia o pérdida), la cual está ligada con factores tales como la distancia (en espacio-tiempo) entre los muestreos y la heterogeneidad ambiental ( $\beta$ ).

Por lo tanto, la determinación de dichas diversidades nos permitirá hacer un acercamiento sobre el comportamiento de la riqueza de especies en cada oasis, así como explicar porqué unas especies están en un oasis y no en otro, si aparentemente los oasis son ambientes muy similares, sobretodo los más cercanos

entre si, e. g., Agua Caliente vs. San Bartolo. Así mismo, una vez identificados los factores o variables a los que está asociada cada una de las diversidades ( $\alpha$  y  $\beta$ ), podremos aproximarnos a una explicación de los esquemas de diversidad ( $\gamma$ ) de los oasis de B. C. S.

Utilizando la categorización de los oasis y partiendo de la premisa de que estos se caracterizan por una discontinuidad en su distribución con su consecuente aislamiento geográfico, se plantea la hipótesis de trabajo de que habrá una diferenciación puntual y regional en la estructura de las asociaciones de las diatomeas epilíticas de los oasis, misma que servirá para la caracterización distintiva entre ellos.

## 2. Antecedentes

A partir de la década de 1970, el uso de las diatomeas como bioindicadores del estado ecológico de ecosistemas acuáticos se había generalizado a nivel internacional y se desarrollaron índices para evaluar la calidad de las aguas de los ríos, especialmente en Alemania, Austria, Francia, Polonia, Suiza y Reino Unido. En la actualidad, decenas de estudios, esencialmente en Europa, E. U. A. y algunos países de Sudamérica, avalan la eficacia de los índices biológicos basados en diatomeas para la determinación del estado ecológico y monitoreo ambiental de los cuerpos de agua dulce, principalmente en medios lóticos.

En lo que se refiere a diatomeas de aguas continentales en México, el esfuerzo histórico está representado particularmente por investigaciones sobre formas fósiles, mismas que han redituado un registro de alrededor de 500 taxa (Hutchinson *et al.*, 1956; Bradbury, 1971; Metcalfe, 1987). Los trabajos recientes son pocos también y una parte considerable de estos se desarrollaron principalmente en la década de los 80' s y 90' s y se presentaron en publicaciones consideradas no formales, *i. e.*, tesis (véase Cantoral-Uriza, 2004). En lo que respecta a publicaciones formales estas tratan principalmente aspectos florísticos y ecológicos (Ortega, 1984; Metcalfe, 1988; Tavera & González, 1990; Tavera *et al.*, 1994; Ibarra-Vázquez & Novelo, 1997b; Cantoral *et al.*, 1997; Novelo *et al.*, 2007). No obstante las pocas investigaciones, en conjunto el número de especies se acerca a los 1000 taxa específicos e infraespecíficos de diatomeas de agua dulce para nuestro país.

En cuanto a las investigaciones que utilizan a las diatomeas como indicadores ecológicos en México, estas aun son escasas (Cantoral *et al.*, 1999; Velázquez, 2007). No obstante la poca aplicación de índices diatomológicos, Israde *et al.*, (2007) demostraron que más del 80% de la diatomoflora puede utilizarse en la caracterización biológica del Río Lerma utilizando el Índice de Poluosensibilidad Específica (IPS), que se basa en los valores autoecológicos de todos los taxones presentes en cada una de las muestras y divide el valor numérico obtenido en diferentes clases de calidad de agua. Sin embargo, es evidente que en México ha habido un notable desinterés por el tema del uso de las diatomeas bentónicas como indicadores biológicos o ecológicos.

En general, el esfuerzo histórico sobre el conocimiento de las diatomeas continentales a nivel nacional es incipiente. Particularmente, en la Península de Baja California, Siqueiros-Beltrones, (2002) elaboró el primer y único reporte de carácter florístico sobre diatomeas no marinas para la parte sur de la península; las muestras examinadas en dicho estudio provenían de el Estero de San José, aguas termales de Santiago (Agua Caliente), la reserva de la Biosfera de la Sierra de la Laguna y San Luis Gonzaga. Estas primeras observaciones redituaron 90 taxa típicamente dulceacuícolas, mostrándose que las diatomeas en este tipo de ambientes son abundantes y diversas.

### **3. Justificación**

Una de las aplicaciones más comunes de la flora diatomológica dulceacuícola en el mundo es su uso como indicadores biológicos, mientras que en México existe un notable desinterés por este tema. Sea como fuere, el adecuado uso de las especies o taxocenosis de diatomeas dulceacuícolas como herramienta ambiental requiere como mínimo de las siguientes condiciones: listas florísticas confiables y el desarrollo de bases de datos que contengan información autoecológica de los taxa. Por otra parte, la documentación de la biodiversidad ( $\alpha$  y  $\beta$ ) al determinar la presencia de especies (riqueza), su abundancia relativa o equidad y la mezcla de estos dos conceptos, permitirá determinar en un corto plazo cuáles oasis deben ser considerados prioritarios en el monitoreo para su posible protección o conservación.

Así, como perspectiva de futuro inmediato está el completar el conocimiento de la flora diatomológica dulceacuícola en seis oasis representativos de los siete grupos en que se clasifican, a través de la elaboración de una lista de especies fiables para el posible uso ulterior de las diatomeas como indicadores biológicos de la calidad del agua de los oasis en Baja California Sur.

Así pues, con el fin de complementar y enriquecer el diagnóstico integral de los oasis de B. C. S., se hace necesario realizar el primer estudio formal y sistemático sobre la flora diatomológica de estos ambientes para lo cual se proponen los siguientes objetivos:

## **4. Objetivos**

### **4.1. Objetivo general**

Determinar las diversidades alfa y beta de las diatomeas epilíticas en oasis representativos de Baja California Sur, lo que permitirá determinar la riqueza de especies y el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre los diferentes oasis estudiados.

### **4.2. Objetivos específicos**

1. Realizar el inventario taxonómico de la flora diatomológica de seis oasis de B.C.S.
2. Realizar análisis cuantitativos de los taxa para la aplicación de índices ecológicos que permitan determinar *ex profeso* la estructura de las asociaciones.
3. Presentar una muestra iconográfica de los taxa representativos de los oasis estudiados.

## **5. Método y Materiales**

### **5.1. Estrategia de muestreo y tratamiento de muestras**

De los oasis que se localizan en Baja California Sur, se determinó muestrear en seis de estos (Figura 1). La descripción de los oasis donde se tomaron muestras se presenta en el Apéndice I. La decisión de cuáles y cuántos oasis se utilizarían en esta investigación está basada en la categorización realizada por Maya *et al.*, (1997), con base en su extensión, la presencia o ausencia de cuerpos de agua, su asociación con asentamientos humanos, y en función del tipo de comunidades vegetales establecidas en ellos (Arriaga, 1997). Así, se resolvió estudiar el oasis de San Ignacio el cual pertenece al Grupo 1, es decir, aquellos cuerpos de agua permanentes que tienen una extensión relativamente grande (de 0.15 a 2.70 Km); En lo que respecta al Grupo 2 (mantos freáticos que en el pasado fueron manantiales superficiales y permanentes) se eligieron dos oasis: Santa Águeda y Todos Santos. Del Grupo 3, los cuales se caracterizan por ser pequeños cuerpos de agua que se encuentran de forma intermitente sobre el lecho de casi todos los arroyos de la vertiente occidental de la Sierra de la Giganta, se consideró el oasis de San Luis Gonzaga. Sólo se estudió un oasis del Grupo 4, San Bartolo. Por último, del Grupo 5 se consideró sólo un oasis, Agua Caliente. En el caso de los oasis de los Grupos 6 y 7, no se consideró utilizarlos dado que carecen de un cuerpo de agua superficial y por presentar características salobres, respectivamente. Con esta selección se buscó tener una representatividad de los diferentes tipos de oasis que se presentan a lo largo de B. C. S.

Los oasis de Baja California Sur, se sitúan dentro de tres regiones climáticas aunque predomina el clima muy seco (92%); también se hallan climas seco y semiseco (7%) en la región del Cabo, y templado subhúmedo (1%) exclusivamente en la región de la Sierra de La Laguna. Esto condiciona el régimen hidrológico en función de la distribución estacional de las precipitaciones características de este clima, *i. e.*, una temporada de lluvias y una de sequía. Dado que las normativas internacionales (CEN, 2002) sobre la recolecta de diatomeas continentales proponen realizar los muestreos en la época de sequía y en la estación de lluvias, se trató de aprovechar estas temporadas para llevar a cabo los muestreos. No obstante, en las

fechas de los muestreos no se presentaron las lluvias, por lo que se decidió para algunos oasis *i. e.* San Ignacio, Sta. Agueda y San Bartolo, llevar a cabo los muestreos en las temporadas cálida y fría, mientras que en el resto de los oasis los muestreos se realizaron en una u otra temporada.

Para la recolecta de muestras se siguió en la medida de lo posible el protocolo de muestreo publicado por la Comisión Europea de Normalización (CEN, 2002). Este protocolo exige considerar como sitios de muestro preferentemente tramos con corriente (lóticos), ya que las muestras tomadas en zonas lénticas y semilénticas, contienen frecuentemente especies planctónicas o células muertas procedentes de cursos superiores o que no corresponden con la comunidad de diatomeas característica del punto de muestreo. Sin embargo, estas condiciones en particular pueden afectar poco o nada los muestreos en los oasis de B. C. S., ya que el origen de cada uno de los oasis es el mismo y no existe conexión entre ellos. No obstante, para constatar que las diatomeas estuvieran vivas, se realizaron observaciones en fresco bajo el microscopio.

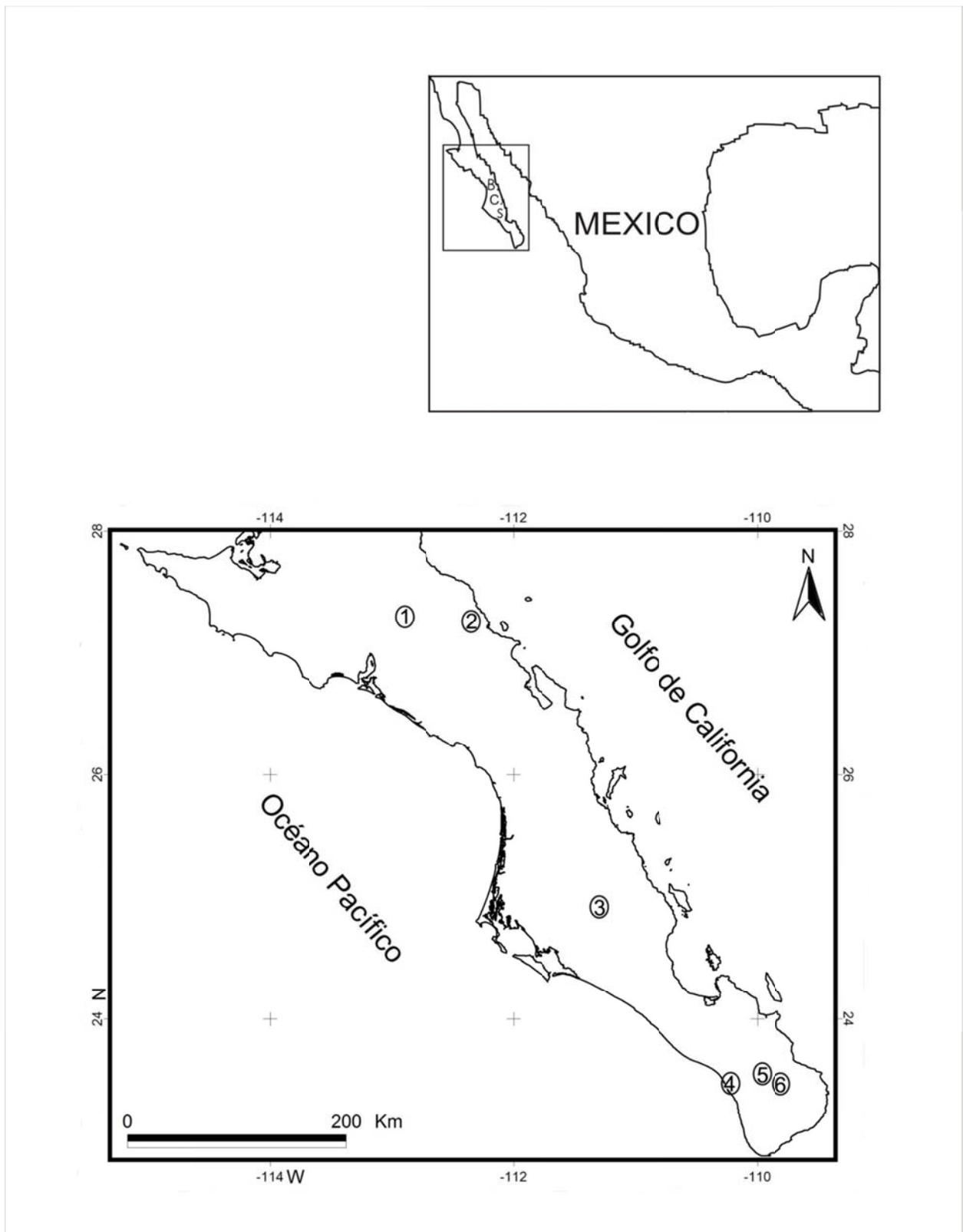


Figura 1. Localización de los oasis estudiados. San Ignacio (1), Sta. Águeda (2), San Luis Gonzaga (3), Todos Santos (4), San Bartolo (5) y Agua Caliente (6).

### **5.1.2. Selección de sustrato**

Aunque las diatomeas se pueden encontrar en casi cualquier superficie sumergida en agua, la selección del sustrato en los oasis a muestrear fue un paso importante, debido a que la composición de las comunidades halladas en ellos puede variar en función del sustrato escogido. Por lo tanto, se homogenizaron los criterios de selección del sustrato y se decidió muestrear la fracción epilítica sobre rocas (bloques >25 cm) y cantos rodados (<25 cm). Ambos sustratos se situaban en el lecho de los cuerpos de agua, alejadas de la orilla por lo menos un metro, lo que indicaría que estuvieron sumergidas por lo menos de tres a cuatro semanas, ya que un periodo de dos meses se considera suficiente para que la comunidad de diatomeas sea madura; no obstante, esto puede variar según las condiciones ecológicas de cada sitio. En algunos oasis, e. g., San Bartolo y Agua Caliente, se tomaron algunas muestras en estructuras antropogénicas (pilas).

Entre las consideraciones tomadas en cuenta para la toma de muestras en cada oasis estuvieron las siguientes:

- evitar zonas muy sombreadas o demasiado próximas a la orilla.
- las muestras fueron recolectadas en la corriente principal (en el caso de que existiera) del sitio de muestreo.
- se evitó muestrear sustratos de zonas emergidas o que presumiblemente lo hubieran estado recientemente.

### **5.1.3. Obtención de las muestras**

Cuando en el sustrato había algas filamentosas o larvas de insectos, estas se retiraban (tantas como era posible) antes de proceder al raspado. Se raspó con un cepillo de dientes, como mínimo 5 cm<sup>2</sup> de superficie de cada sustrato, *i. e.*, una roca y dos cantos rodados, para recoger la película de diatomeas. El contenido final por lo general era turbio y de color pardo. Una vez obtenida la muestra se colocó en un recipiente plástico que se rotuló con los detalles precisos para su identificación: código de la muestra, fecha y hora de recolección, y nombre del oasis. El transporte de las muestras al laboratorio se hizo en hielo y oscuridad.

## **5.2. Procesamiento de muestras**

Durante el procesamiento de las diatomeas se siguió la técnica propuesta por Siqueiros-Beltrones, (2002). Las muestras se sometieron 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 hasta un pH >6 con agua destilada, las valvas limpias pasaron al proceso de montaje permanente.

Para el montaje se agitaba el vial que contenía las diatomeas limpias. Y utilizando una pipeta Pasteur se tomó una parte del líquido de la parte central del vial. Se depositaron entre una y dos gotas de muestra en tres cubreobjetos. Calentando los cubreobjetos lentamente en una plancha se dejó evaporar el líquido hasta el secado. El resultado final era una fina capa de color gris sobre el cubreobjetos. Se utilizó Pleurax (IR=1.7) como medio de montaje, cuidando que el medio alcanzara los bordes del cubreobjetos. Se dejó enfriar y se observó al microscopio. Si la preparación era muy densa ésta se repetía con una suspensión más diluida. Finalmente se etiquetó la preparación con el nombre del oasis, fecha de colecta y sustrato de procedencia.

### **5.2.1. Determinación del tamaño de muestra**

La determinación del tamaño de muestra se basó en el trabajo de Siqueiros-Beltrones *et al.*, (1991), quienes determinaron que 500 individuos por laminilla era un tamaño de muestra adecuado, al probar estadísticamente que los valores de diversidad de Shannon (H'), obtenidos al contabilizar 500 y 700 individuos no mostraban diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre dichos valores. Así pues, para los conteos se utilizaron dos laminillas por sitio de muestreo, contando 500 valvas en cada una de ellas. Los conteos se hicieron mediante recorridos verticales en los que cada valva que pasaba por el campo de visión del ocular era identificada y contada. Si durante un recorrido no se completaban las 500 valvas, el objetivo se desplazaba con un movimiento horizontal a un nuevo campo de visión y de ser necesario se repetía el proceso hasta completar el conteo.

### **5.2.2. Determinación taxonómica**

Se revisaron dos laminillas por sitio de muestreo (y sustrato en algunos casos) para la fase de identificación en un microscopio óptico Zeiss con iluminación de contraste de fases, con objetivos 10X, 40X y 100X y un micrómetro adaptado. La literatura que se utilizó para la identificación fue: Schmidt *et al.*, (1874-1959), Peragallo & Peragallo (1897-1908), Hustedt (1961-1966), Hendey (1964), Cleve-Euler (1951-1955), Foged (1975, 1984), Navarro (1982), Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991), Desikachary (1987, 1988), Witkowski *et al.*, (2000), Siqueiros-Beltrones (2002), Siqueiros-Beltrones & López-Fuerte (2006), Siqueiros-Beltrones *et al.*, (2005). La taxonomía se apegó en la medida de lo posible a lo establecido en Round *et al.*, (1990). Como parte del análisis taxonómico se tomaron fotografías con un microscopio Olympus CH-2 (película Kodak color ASA 800) de los taxa viables, tanto para facilitar su identificación posterior, como para la conformación de la muestra iconográfica.

### **5.3. Estructura de las asociaciones**

El análisis de la estructura de las asociaciones se realizó con base en la elaboración de un listado taxonómico y la determinación de la abundancia relativa de los taxones. Para fines de este estudio se consideró cómo abundancia absoluta a la suma del número de veces que se contabilizó una especie en cada laminilla al completar el tamaño de muestra (500 valvas). Asimismo, la abundancia relativa fue medida relacionando la proporción de abundancia de cada especie (número de valvas) con la abundancia total de valvas contabilizadas en la muestra (Navarro & Torres, 1987; Sullivan, 1982).

#### **5.3.1. Medidas de diversidad (Diversidad alfa):**

Para calcular la diversidad alfa se utilizaron la Riqueza Específica (S) y el índice de Shannon ( $H'$ ). Para calcular la probabilidad de encuentro intraespecífico se calculó del mismo modo el índice de diversidad de Simpson ( $1-\lambda$ ) (Washington, 1984). También se calculó el índice de equidad de Pielou ( $J'$ ), considerado como una diversidad relativa y es una medida de la distribución de los individuos entre los taxones, o importancia numérica relativa (Pielou, 1969).

Las expresiones matemáticas de los índices utilizados se presentan a continuación:

### 5.3.2. Índice de diversidad de Shannon H'

El índice de diversidad de Shannon permite determinar la composición de la comunidad teniendo en cuenta el número y la igualdad de especies; es sensible a los cambios en la abundancia de las especies raras presentes en la muestra.

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Donde  $p_i = n_i/N$  es la proporción de la especie  $i$  del número total de individuos,  $N$  es el número de individuos contados en la muestra y  $S$  el número de especies en dicha muestra (Magurran, 1988).

### 5.3.3. Índice de equidad de Pielou (J')

$$J' = \frac{H'_{\text{obs}}}{H'_{\text{máx}}}$$

Donde:  $H_{\text{obs}}$  = diversidad observada y  $H'_{\text{máx}} = \log_2 S$

### 5.3.4. Índice de dominancia de Simpson

Para una mejor interpretación de las medidas de diversidad se calculó el índice de dominancia mediante el índice de Simpson ( $\lambda$ ), el cual mide básicamente el grado de dominancia en la muestra o asociación, representando la desproporción en la abundancia a favor de una o pocas especies. El valor de  $\lambda$  expresa la probabilidad de que dos individuos tomados al azar, sin reposición en una muestra, correspondan a la misma especie. Los valores de  $\lambda$  varían entre cero (mínima dominancia) y uno (máxima dominancia).

$$\lambda = \frac{\sum n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

### **5.3.5. Diversidad de Simpson**

El complemento del índice de dominancia de Simpson es una buena aproximación del parámetro diversidad, sin perder de vista la intención original del índice de medir la dominancia (Krebs, 1985).

$$\text{Diversidad de Simpson} = 1-\lambda$$

### **5.3.6. Diversidad Beta**

En la exploración de datos ecológicos, la naturaleza de los objetos y la identidad de los descriptores, dependen del modo del análisis; así, se busca identificar la heterogeneidad ambiental y los tipos de hábitat (De La Cruz-Agüero, 1994). En este trabajo se buscó identificar la heterogeneidad/homogeneidad de microhábitats (representados por cada uno de los oasis estudiados), por lo que el análisis fue modo Q, es decir, se utilizaron los sitios de muestreo en cada uno de los oasis para los análisis. Tomando en cuenta las consideraciones de Stephenson & Cook, (1980) y De La Cruz-Agüero, (1994) quienes recomiendan poner especial atención sobre los descriptores con baja frecuencia, dado que se dificulta observar los posibles cambios cíclicos o sucesionales en una asociación representada por especies con bajas abundancias y frecuencia de aparición; en este estudio estos están representados por las especies muy raras (aquellas en que la sumatoria de las valvas en los seis oasis era menor a cinco) y valores extremos expresados por las especies muy abundantes (aquellas en que la sumatoria de las valvas en los seis oasis era mayor a 500), y no se tomaron en cuenta para los análisis de similitud. El resultado de las técnicas de clasificación se expresó en un dendrograma.

La diversidad beta mide las diferencias (el recambio) entre las especies de dos puntos, dos tipos de comunidades o dos paisajes. Dichas diferencias pueden presentarse en el espacio, cuando las mediciones se hacen en sitios distintos en un mismo tiempo, o en el tiempo, cuando las mediciones se realizan en el mismo lugar pero en tiempos distintos (Halffter & Moreno, 2005). Para esto se utilizaron los siguientes índices de similitud.

### 5.3.7. Índice de Jaccard

Este se basa en la presencia-ausencia de cada taxón y está diseñado para obtener valores igual a 1 en caso de máxima similitud y valores de 0 si no existe similitud, *i. e.*, cuando las estaciones no tienen especies en común (Magurran, 1988).

$$JAC (1,2) = \frac{a}{a+b+c}$$

Siendo a, el número de especies que las muestras uno y dos tienen en común, b es el número de especies en la muestra uno no presentes en la dos, y c es el número de especies en la muestra dos no presentes en la uno.

### 5.3.8. Índice de Bray-Curtis

El índice de Bray-Curtis es considerado como una medida de la diferencia entre la abundancia de cada especie presente, *i. e.*, considera tanto presencia-ausencia, como la abundancia de cada taxón y se expresa mediante:

$$I_{BC} = 1 - \frac{\sum(x_i - y_i)}{\sum(x_i + y_i)}$$

Donde:  $x_i$  = abundancia o densidad de especies  $i$  en un conjunto 1;  $y_i$  = abundancia de las especies en el otro conjunto (Brower *et al.*, 1998).

### 5.3.9. Frecuencia de aparición (FA)

Con el fin de buscar patrones o cambios en cuanto a las frecuencias, se obtuvieron las frecuencias relativas de las especies que aparecieron durante los conteos y se formaron grupos de acuerdo al número de individuos (dos valvas) en el total de muestras analizadas de cada uno de los taxones; aquellas especies con 500 o más individuos contabilizados se consideraron como muy abundantes; con 250 a 499 abundantes; entre 50 y 249 comunes; y entre 5 y 49 individuos como raros; por último, aquellos taxones con menos de cinco individuos se consideraron como muy raros.

## 5.4. Variables físicas y químicas del agua

Los datos físicos y químicos se obtuvieron *in situ* para cada sitio de muestreo con el fin de caracterizar específicamente cada punto de muestreo. El pH y la temperatura del agua se midieron con un potenciómetro pH Testr10 (intervalo de 1.0

a 15.0 de pH, resolución de 0.1), con termómetro integrado. Para medir la conductividad se utilizó un conductímetro ECTestr11 (intervalo 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 20.00  $\text{mS}/\text{cm}$ , resolución de 0.10 a 10).

### **5.5. Análisis de los datos**

Los cálculos de diversidad: Shannon ( $H'$ ) y Simpson ( $1-\lambda$ ), de dominancia Simpson ( $\lambda$ ), así, como la equidad de Pielou ( $J'$ ), se realizaron con el programa Primer v. 6 (Clarke, 2006). Los índices de similitud de Jaccard (JAC) y el índice de Bray Curtis, se calcularon con los programas BioDiversity Professional © 1997, The Natural History Museum and The Scottish Association for Marine Science ([www.nrnc.demon.co.uk](http://www.nrnc.demon.co.uk) y Primer v. 6., respectivamente), incorporando los valores de los índices de similitud a un módulo de clasificación aglomerativo, con algoritmo flexible, obteniéndose dendrogramas como representación gráfica de los análisis.

Los valores de temperatura, pH y de conductividad se compararon estadísticamente mediante una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Snedecor & Cochran, 1981). Los valores de diversidad ( $H'$  y  $1-\lambda$ ) se compararon mediante la prueba de Mann-Whitney.  $H_0$ = no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los valores de dichas variables por temporada de muestreo. Se usó el programa Statistica v.8 (StatSoft, 2007).

## 7. Resultados

### 7.1. Flora Diatomológica y Riqueza Específica

La fase taxonómica para los seis oasis muestreados redituó 152 taxones entre especies, variedades y formas, clasificadas en 55 géneros (Apéndice II). Las diatomeas pertenecientes a la Clase Bacillariophyceae (pennadas) representaron la mayor riqueza de especies representando el 92% de los taxa, e igualmente fueron dominantes en términos de abundancia y frecuencia de aparición (Apéndice II). Los géneros de diatomeas con más taxones fueron: *Nitzschia* (25), *Navicula* (18), *Gomphonema* (9), *Amphora* (7), *Cymbella* (5), *Diploneis* (6), *Pinnularia* (5) y *Rhopalodia* (7). Mientras que 31 géneros (61%) estuvieron representados por una sola especie (Apéndice II). Por otro lado, las diatomeas de la clase Coscinodiscophyceae representaron solamente un 8%; sobresalió *Pleurosira laevis* en el oasis de San Bartolo en la temporada cálida, la cual se registró una abundancia total de 567 valvas. Por otra parte, en el oasis de San Ignacio *Cyclotella pseudostelligera* presentó un porcentaje de abundancia relativa de 3.9 y un 86% de frecuencia de ocurrencia. Si se comparan estos valores de abundancia de *C. pseudostelligera* y se considera el bajo porcentaje con el que están representadas las diatomeas centrales, este resulta ser elevado al compararse con otras formas pennadas con amplia frecuencia de ocurrencia (100%).

En la Tabla 1, se muestran los taxa comunes y exclusivos, tanto por zona (norte, centro y sur) como por temporada (fría y cálida) de muestreo. El número de taxa que tuvieron en común los oasis del norte del estado (San Ignacio y Sta. Águeda) con los oasis del Sur (San Bartolo, Agua Caliente y Todos Santos) fue de 40, de las 94 y 87 especies que se registraron en los oasis del norte y sur, respectivamente (Tabla 1). Por otro lado, los oasis del norte tuvieron 68 taxa exclusivos con respecto a los oasis del sur, mientras que los oasis del sur presentaron 75 especies que sólo se encontraron en dichos oasis. En lo que respecta al oasis de San Luis Gonzaga, el cual se consideró como representativo del centro del estado, presentó 31 taxa en común con los oasis del sur, mientras que con los del norte únicamente fueron 18 taxa (Tabla 1). Así, en términos de la composición de la diatomoflora, el oasis de San Luis Gonzaga tiene una mayor similitud con los

oasis del sur, no obstante que únicamente se tenga un solo muestreo en la temporada cálida.

Tabla 1. Taxa comunes y exclusivos por zona y oasis.

Zona	Taxa comunes	Zona	Taxa exclusivos	Oasis	Taxa exclusivos
Norte-Sur	40	Norte	68	San Ignacio	34
Norte-Centro	18	Centro	18	Santa Águeda	11
Sur-Centro	31	Sur	75	San Luis Gonzaga	18
				Todos Santos	12
				San Bartolo	24
				Agua Caliente	11

Entre los oasis del norte el número de taxa en común fue de 38, mientras que el número de taxa que se presentaron únicamente en el oasis de San Ignacio fue de 34 y, por lo que respecta al oasis de Santa Águeda, sólo se registraron 11 taxa exclusivos (Tabla 1). En los oasis del sur el comportamiento fue el siguiente: 16 taxa en común entre los tres oasis; San Bartolo presentó el mayor número de especies exclusivas con 24, seguido por Todos Santos y Agua Caliente con 12 y 11 taxa, respectivamente (Tabla 1). Con esto tenemos que el oasis de San Ignacio (el cual es el más norteño) presenta el mayor número de especies exclusivas y a la vez comparte la mayor cantidad de especies con otro oasis del norte (Sta. Águeda). Por otra parte, el comportamiento de los oasis del sur en cuanto a la cantidad de especies en común, resulta con menor cantidad de taxa bajo esta condición, situación que también se presenta en las especies exclusivas; esto podría estar representando condiciones ambientales más heterogéneas entre los oasis del sur, lo que estaría condicionando que un número considerable de taxa puedan estar presentes en cualquier oasis del sur, pudiéndolo hacer sólo unas cuantas especies.

El número de taxa presentes en los oasis en que se muestreo en la temprada fría y cálida se presenta en la tabla 2. El comportamiento fue el siguiente: para el oasis de San Ignacio se determinaron 28 especies en común entre temporadas, mientras que 40 taxa se presentaron exclusivamente en la temporada cálida y sólo 9 lo hicieron en la temporada fría (Tabla 2). En el oasis de Santa Águeda, el número de taxa en común para ambos muestreos fue de 25, mientras que 24 taxa se presentaron en el muestreo de la temporada fría y sólo 7 lo hicieron en el de la temporada cálida (Tabla 2). El oasis de San Bartolo fue el único oasis del sur donde se realizaron dos muestreos, presentando 21 taxa en común entre temporadas y 25 exclusivamente en la temporada cálida, mientras que 12 se presentaron únicamente en la temporada fría (Tabla 2). Lo anterior responde a la premisa de que en general las microalgas (incluidas las diatomeas) responden más rápido a los cambios con temperaturas cálidas que frías, excluyendo al oasis de Sta. Águeda en el que el comportamiento fue inverso, presentando el mayor número de especies exclusivas en la temporada fría. Sin embargo, si hubiese que determinar la temporada más favorable para muestrear y en el caso de que sólo se pudiera programar un muestreo, éste sin duda debería realizarse en la temporada cálida (primavera y verano).

Tabla 2. Número de taxa presentes en los oasis en que se muestreo en la temprada fría y cálida

Oasis	Temporada		
	Fría	Cálida	Ambas
San Ignacio	9	40	28
Santa Águeda	24	7	25
San Bartolo	12	25	21

## 7.2. Fase cuantitativa

En la fase cuantitativa se contabilizaron un total de 49,777 valvas. Cabe señalar que de este total, sólo ocho taxones contribuyen con el 70% de las valvas contabilizadas, sobresaliendo *Denticula kuetzingii* con 18,402 valvas (36%), *Achnanthidium*

*minutissimum* con 6,522 (13%), *Nitzschia amphibia* con 3,170 (6%) y *Achnantheidium exiguum* con 3,034 (6%) valvas (Apéndice III).

En el Apéndice III, se muestran las especies más abundantes que se presentaron en todos los sitios y temporada de muestreo. Las especies más frecuentes y abundantes en la mayoría de los sitios de muestreo fueron *Denticula kuetzingii* y *Achnantheidium minutissimum*, las cuales representan en conjunto el 50% de la abundancia relativa acumulada (ARA) y el 4.61 y 4.93 de frecuencias relativas (FR), respectivamente (Apéndice III). Sin embargo, las asociaciones en todos los oasis se caracterizaron por presentar pocas especies con elevadas abundancias.

En este estudio, para fines prácticos, los datos de abundancia se describen de acuerdo a los grupos conformados por las abundancias absolutas. En lo que respecta al número de individuos (dos valvas) de cada uno de los taxones, ocho estuvieron representados por 500 o más individuos y se consideraron como muy abundantes; 9 taxones abundantes (250-499 individuos), 28 taxones comunes (50-249 individuos), 28 taxones raros (5-49 individuos) y 63 taxones estuvieron representados por menos de cinco individuos y se consideraron como muy raros (Apéndice III).

### **7.3. Estructura de las asociaciones**

#### **7.3.1. Diversidad y dominancia**

En la tabla 3, se presentan los valores calculados de los índices ecológicos para todos los sitios de muestreo por oasis y temporada, que se usaron para determinar los parámetros numéricos que definen las asociaciones.

La variación de los valores de riqueza ( $S$ ) para los oasis estudiados fue la siguiente: el mayor número de especies se registró en el oasis de San Ignacio, en la temporada cálida ( $S=37$ ). El valor menor de  $S$  se presentó en la temporada fría en los oasis de San Bartolo y Agua Caliente con un  $S=9$  en ambos casos.

Por lo que respecta a valores de diversidad, en general estos pueden considerarse similares entre temporada y latitud, si se toman como referencia los intervalos de diversidad, equidad y dominancia para todos los oasis muestreados (Tabla 3). En la temporada cálida los valores promedio de diversidad fueron:  $H'=2.35$ ,

$J'=0.54$ ,  $1-\lambda=0.64$  y  $\lambda=0.36$ , resultando dichos valores similares a los registrados en la temporada fría:  $H'=2.12$ ,  $J'=0.53$ ,  $1-\lambda=0.63$  y  $\lambda=0.37$ .

En cuanto a la variación de los valores máximos y mínimos de diversidad ( $H'$  y  $1-\lambda$ ) para la comunidad epilítica por temporada de muestreo y latitud (zona) el comportamiento fue de la siguiente manera: los valores más altos de diversidad se presentaron en la temporada cálida en el oasis de San Ignacio ( $H'=4.03$  y  $1-\lambda=0.91$ ), al que también le correspondió la mayor riqueza ( $S=37$ ) (Tabla 3). Por otra parte, San Luis Gonzaga presentó el valor más bajo de diversidad ( $H'=0.93$  y  $1-\lambda=0.28$ ) y el más alto de dominancia  $\lambda=0.72$  (Tabla 3). Los valores de dominancia ( $\lambda$ ) fueron los más heterogéneos entre temporada de muestreo ya que en la temporada cálida presentaron un valor mínimo de  $\lambda=0.09$  y un máximo de  $\lambda=0.72$ . En cuanto a la temporada fría el valor más bajo fue de  $\lambda=0.15$  y el mayor de  $\lambda=0.60$  (Tabla 3). Por otra parte, en términos latitudinales el valor más alto de dominancia se registró en la temporada cálida en la zona centro ( $\lambda=0.72$ ), representada por el oasis de San Luis Gonzaga y el menor a la zona norte en San Ignacio  $\lambda=0.09$ , igual que en la temporada cálida (Tabla 3). Lo anterior refleja que la distribución de individuos entre especies de los oasis del norte es más homogénea.

Tabla 3. Valores obtenidos mediante la aplicación de índices ecológicos utilizados para determinar la estructura de las asociaciones de diatomeas por grupo/oasis y temporada de muestreo. Sustrato (SU); Roca (R); Canto Rodado (CR); Epipsámnica (ES); Pared (PAR); Número de Muestra (MU); Número de Sitio (SIT); Tamaño de muestra (N); Número de especies (S); (H') Diversidad de Shannon; (1- λ) Diversidad de Simpson; (λ) de Dominancia de Simpson; (J') de Equidad.

GRUPO/ OASIS	TEMP	SIT	MU	SU	N	S	H'	J'	λ	1-λ
1/ SAN IGNACIO	CÁLIDA	S1	M1	R	508	30	2.03	0.41	0.49	0.51
			M1		534	26	2.41	0.51	0.38	0.62
			M2		531	28	2.37	0.49	0.41	0.59
			M2	512	25	2.00	0.43	0.47	0.53	
			M3	CR	520	26	2.06	0.44	0.47	0.53
			M3		503	26	2.25	0.48	0.44	0.56
		S2	R	M1	508	29	2.08	0.43	0.49	0.51
				M1	508	26	1.81	0.39	0.54	0.46
		S3	R	M1	507	23	2.64	0.58	0.26	0.74
				M1	510	27	2.67	0.56	0.25	0.75
		S4	R	M1	500	25	1.88	0.41	0.52	0.48
				M1	504	24	1.92	0.42	0.52	0.48
		S5	CR	M1	505	20	1.74	0.40	0.55	0.45
				M1	508	24	1.94	0.42	0.49	0.51
			R	M2	510	11	1.27	0.37	0.63	0.37
				M2	506	12	1.17	0.33	0.67	0.33
		S6	ES	M1	513	16	2.60	0.65	0.25	0.75
				M1	505	13	2.50	0.68	0.27	0.73
				M2	502	24	3.39	0.74	0.14	0.86
				M2	503	27	3.56	0.75	0.12	0.88
		S7	R	M1	507	21	2.18	0.50	0.42	0.58
				M1	503	25	2.35	0.51	0.41	0.59
			R	M2	508	37	4.03	0.77	0.09	0.91
				M2	500	29	3.93	0.81	0.09	0.91
	FRÍA	S1	R	M1	1013	14	1.74	0.46	0.39	0.61
				M1	1000	15	1.81	0.46	0.38	0.62
			M1	CR	1013	14	1.70	0.45	0.40	0.60
			M2	R	1009	14	1.69	0.44	0.39	0.61
			M2	CR	1003	17	1.74	0.43	0.38	0.62
			M3		1006	14	1.73	0.46	0.39	0.61
S2		R	M1	1042	22	2.09	0.47	0.35	0.65	
			M1	1002	15	2.03	0.52	0.34	0.66	
		M2	CR	1027	23	1.84	0.41	0.36	0.64	
S3		R	M1	1004	11	1.72	0.50	0.37	0.63	

Tabla 3. Continuación.

GRUPO/ OASIS	TEMP	SIT	MU	SU	N	S	H'	J'	$\lambda$	1- $\lambda$	
1/ SAN IGNACIO	FRÍA	S3	M1	CR	1002	14	1.99	0.52	0.35	0.65	
			M2		1027	18	2.10	0.50	0.34	0.66	
		S4	M1	R	1039	14	2.07	0.54	0.34	0.66	
			M2	CR	1018	13	1.74	0.47	0.38	0.62	
2/ SANTA ÁGUEDA	CÁLIDA	S1	M1	R	502	12	1.16	0.32	0.66	0.34	
		S2		CR	518	16	2.55	0.64	0.23	0.77	
		S3		R	516	16	2.26	0.57	0.32	0.68	
		S4			560	17	2.65	0.65	0.27	0.73	
		S5			544	14	1.86	0.49	0.38	0.62	
		S6			509	9	2.14	0.67	0.34	0.66	
		S7			504	14	2.90	0.76	0.15	0.85	
	FRÍA	S1	M1	R	500	18	2.38	0.57	0.30	0.70	
			M2		510	19	2.00	0.47	0.40	0.60	
			M3	CR	502	15	2.01	0.51	0.36	0.64	
					M4	512	26	2.29	0.49	0.38	0.62
		S3	M1	R	502	16	1.77	0.44	0.50	0.50	
			M2		504	15	1.94	0.50	0.44	0.56	
		S4	M4	CR	513	16	2.11	0.53	0.34	0.66	
			M1	R	500	17	2.67	0.65	0.24	0.76	
			M3	CR	505	14	2.69	0.71	0.19	0.81	
			S5	M2	R	500	15	2.22	0.57	0.30	0.70
				M3	CR	508	12	1.97	0.55	0.38	0.62
				M3	R	504	22	2.79	0.63	0.19	0.81
			M6	CR	505	16	1.78	0.44	0.50	0.50	
	S6	M1	R	501	22	3.27	0.73	0.15	0.85		
		M3	CR	503	20	2.64	0.61	0.25	0.75		
	S7	M3		502	13	2.37	0.64	0.25	0.75		
		M1	R	508	22	2.81	0.63	0.19	0.81		
	3/ SAN LUIS GONZAGA	CÁLIDA	S1	M1	R	502	20	1.82	0.42	0.50	0.50
				M2		505	12	1.31	0.37	0.62	0.38
				M3		501	9	0.93	0.29	0.72	0.28
				M4		501	31	3.11	0.63	0.19	0.81
M5				502		26	3.52	0.75	0.11	0.89	
S2			M1	502	18	1.47	0.35	0.57	0.43		
4/ SAN BARTOLO	CÁLIDA	S1	M1	CR	501	15	2.49	0.64	0.25	0.75	
			M2		514	14	2.51	0.66	0.22	0.78	
			M1	PAR	502	15	2.42	0.62	0.26	0.74	
		S2	M1	R	503	24	2.98	0.65	0.22	0.78	
		S3	M1	CR	517	25	2.25	0.48	0.30	0.70	
		S4	M1		501	15	2.49	0.64	0.26	0.74	
M2	502		23	2.93	0.65	0.24	0.76				

Tabla 3. Continuación.

<b>GRUPO/ OASIS</b>	<b>TEMP</b>	<b>SIT</b>	<b>MU</b>	<b>SU</b>	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>H'</b>	<b>J'</b>	<b><math>\lambda</math></b>	<b>1-<math>\lambda</math></b>
4/ SAN BARTOLO	CÁLIDA	S5	M1	R	507	25	3.20	0.69	0.16	0.84
			M1	CR	515	25	2.33	0.50	0.31	0.69
	FRÍA	S1	M1	CR	508	16	2.78	0.69	0.21	0.79
			M2	R	501	14	2.13	0.56	0.36	0.64
		S3	M1	PAR	503	23	3.00	0.66	0.22	0.78
		S4	M1	R	1000	10	1.69	0.51	0.36	0.64
5/ AGUA CALIENTE	FRÍA	S1	M1	R	505	18	2.15	0.52	0.40	0.60
			M1		500	16	2.61	0.65	0.22	0.78
		S3	M1	501	9	1.66	0.52	0.51	0.49	
			M2	CR	508	13	1.73	0.47	0.40	0.60
		S4	M1	R	500	18	2.56	0.61	0.31	0.69
			M1		506	23	2.61	0.58	0.34	0.66
		S6	M2	PAR	510	21	2.49	0.57	0.28	0.72
		S7	M1	R	1006	24	2.19	0.48	0.34	0.66
530	22				2.92	0.66	0.22	0.78		
6/ TODOS SANTOS	CÁLIDA	S1	S1	CR	528	25	2.75	0.59	0.25	0.75
			M1		514	20	2.43	0.56	0.32	0.68
		S2	M1	R	514	20	2.43	0.56	0.32	0.68
			M2	CR	504	16	2.29	0.57	0.32	0.68
		S3	M1	R	502	21	2.69	0.61	0.24	0.76
			M2	CR	500	19	2.45	0.58	0.31	0.69
		S4	M1	R	510	16	1.68	0.42	0.51	0.49
			M2	CR	505	15	1.74	0.45	0.44	0.56
		S5	M1	R	509	17	2.03	0.50	0.45	0.55

## San Ignacio

En el oasis de San Ignacio se identificaron 77 taxones pertenecientes a 36 géneros (Apéndice IVa). Las diatomeas de la Clase Bacillariophyceae fueron predominantes y constituyeron el 79% de la comunidad epilítica, mientras que las clases Coscinodiscophyceae y Fragilariophyceae contribuyeron con el 9 y 12 %, respectivamente. La variación temporal de las especies muy abundantes (>500 valvas) y abundantes (250-499 valvas) se puede observar en la figura 2. El patrón de dominancia por parte de *Denticula kuetzingii* y *Achnanthisdium minutissimum* es claro, dado el aumento de sus abundancias en la temporada fría con respecto a la cálida. Por otro lado, *A. exiguum* presentó un patrón inverso, disminuyendo su abundancia en la temporada fría con respecto a la cálida aunque sus abundancias en general no rebasaron las 500 valvas en ambos muestreos.

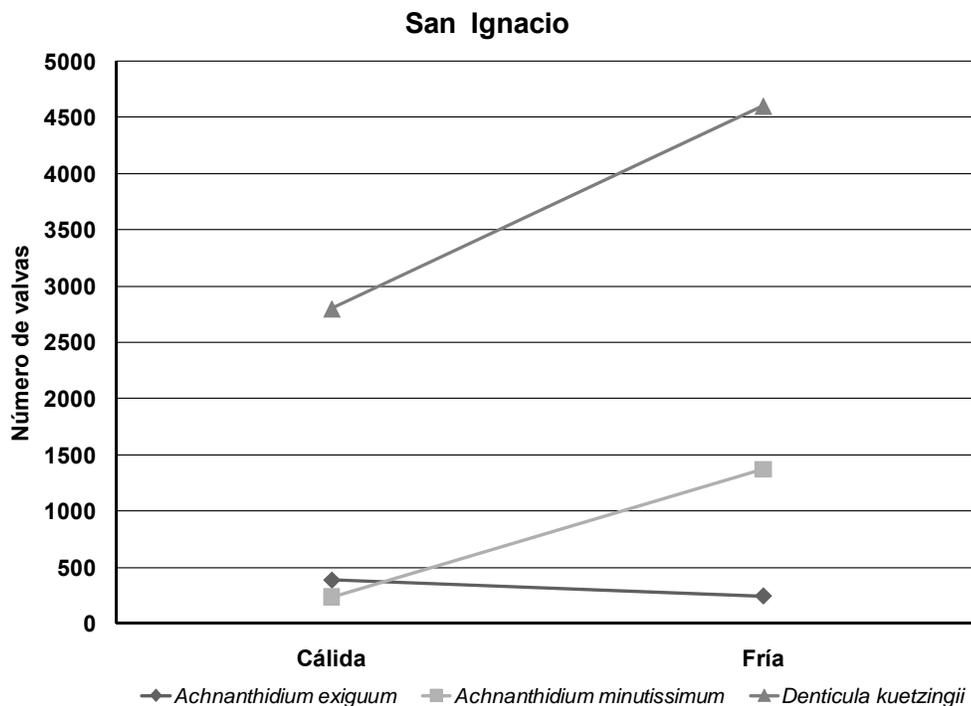


Figura 2. Variación temporal de las diatomeas más abundantes en el oasis de San Ignacio, en la temporada cálida y fría.

Los valores promedio de diversidad de la comunidad epilítica para ambas temporadas de muestreo fueron  $H'=2.37$  y  $1-\lambda=0.61$ ; la equidad promedio fue de  $J'=0.52$ , mientras que la dominancia fue  $\lambda=0.39$ . La diversidad promedio fluctuó entre

$H'=2.36$  y  $H'=1.71$  para la temporada cálida y fría, respectivamente. Los valores más elevado ( $H'=4.02$ ) y más bajo ( $H'=1.22$ ) correspondieron a la temporada cálida (Tabla 3). El menor número de especies se presentó en la temporada fría ( $S=10$ ) y le correspondió un valor bajo de  $H'=1.41$ , el cual no obstante no resultó ser mínimo registrado. Lo anterior se ve reflejado en la figura 3, al notarse la disminución en el valor promedio de diversidad de  $H'$  al pasar de la temporada cálida a la fría, mientras que los valores de  $1-\lambda$  son similares en ambas temporadas. Lo anterior puede responder a dos factores, al efecto numérico causado por los índices utilizados ya que  $H'$  es sensible a los cambios en la abundancia de las especies raras presentes en la muestra y es sensible a la riqueza de especies en cada muestra, mientras que el índice de Simpson está fuertemente cargado hacia las especies más abundantes de la muestra, mientras que es menos sensible a la riqueza de especies. El otro factor tiene que ver con el comportamiento natural de las asociaciones de diatomeas, las cuales responden más rápido a los cambios con temperaturas cálidas que frías, lo que se observa claramente en la figura 3, sobre todo con los valores de diversidad de  $H'$ .

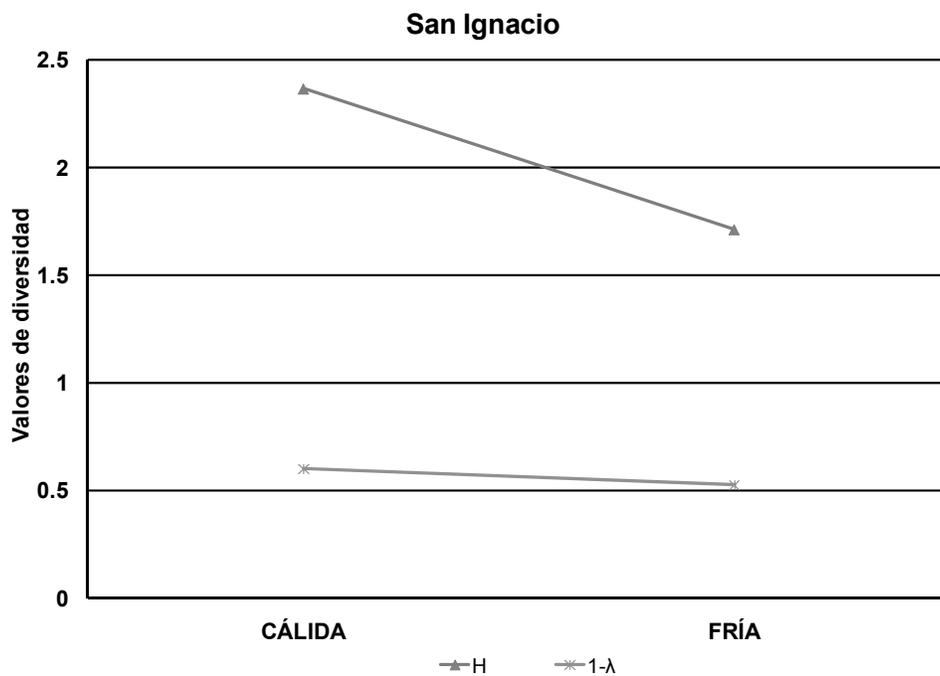


Figura 3. Variación temporal de diversidad ( $H'$  y  $1-\lambda$ ) para el oasis de San Ignacio, en la temporada cálida y fría.

## Santa Águeda

En el oasis de Santa Águeda se identificaron 55 taxones pertenecientes a 28 géneros. Las diatomeas de la Clase Bacillariophyceae fueron predominantes y constituyeron el 88% de la comunidad epilítica, mientras que las clases Coscinodiscophyceae y Fragilariophyceae contribuyeron con el 7 y 5%, respectivamente. La variación temporal de las especies muy abundantes y abundantes se puede observar en la figura 4. Al igual que en el oasis de San Ignacio, *Denticula kuetzingii* y *Achnantheidium minutissimum* dominan la comunidad en términos de abundancia. El aumento de las abundancias de estas dos especies en la temporada fría con respecto a la cálida es notable, sobretodo de *A. minutissimum*. Al ser estas especies dominantes en términos de abundancias y frecuencia de aparición, una vez que se da la transición de la temporada cálida cuando las condiciones son favorables para la mayoría de los taxa, a una temporada fría que resulta menos favorable para el grueso de las especies dichas especies incrementan sus abundancias.

Los valores promedio de diversidad ( $H'$  y  $1-\lambda$ ) de la comunidad epilítica para ambas temporadas de muestreo fueron 1.98 y 0.56, respectivamente; la equidad ( $J'$ ) promedio fue de 0.59, mientras que la dominancia fue  $\lambda=0.33$  (Tabla 3). La diversidad promedio entre temporadas fluctuó entre  $H'=2.22$  y  $1-\lambda=0.67$  para la cálida y  $H'=2.52$  y  $1-\lambda=0.74$  para la fría. Los valores de  $H'$  más elevados ( $H'=3.27$ ) y bajos ( $H'=1.16$ ) correspondieron a la temporada fría y cálida, respectivamente. El menor número de especies se presentó en la temporada cálida ( $S=9$ ), no obstante le correspondió un valor elevado de diversidad ( $H'=2.14$ ), esto debido al alto valor de equidad  $J'=0.67$ .

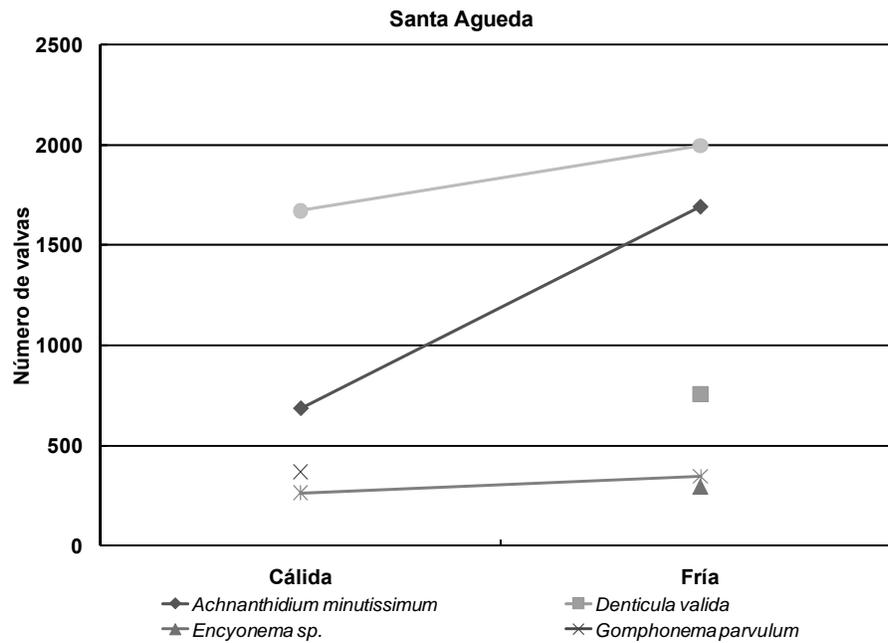


Figura 4. Variación temporal de las diatomeas más abundantes en el oasis de Santa Águeda en la temporada cálida y fría.

Al observar el comportamiento de los valores de diversidad de  $H'$  y  $1-\lambda$  al pasar de la temporada cálida a la fría, se puede notar un ligero incremento en la mayoría de las especies consideradas muy abundantes, sobresaliendo el incremento de *A. minutissimum* (Fig. 5). Este comportamiento para este grupo de especies es prácticamente el mismo que se da en el oasis de San Ignacio, ya que al pasar de la

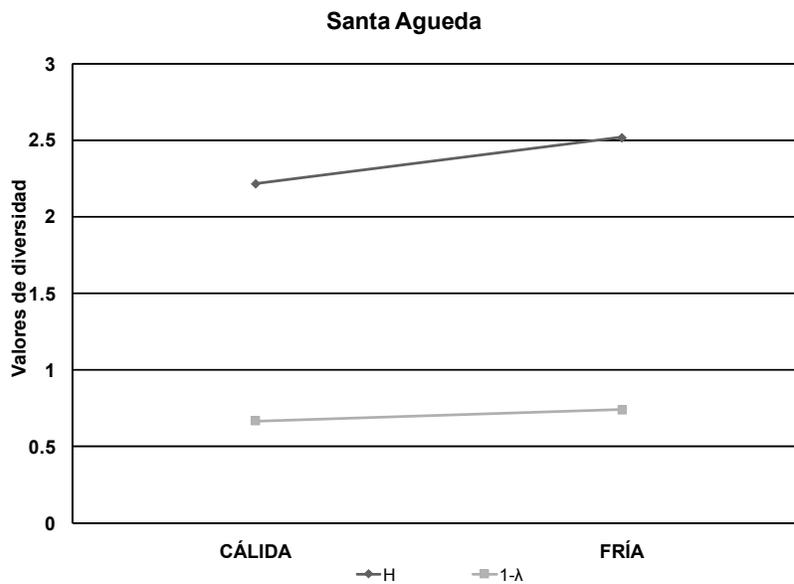


Figura 5. Variación de diversidad ( $H'$  y  $1-\lambda$ ) para el oasis de Santa Águeda, en la temporada cálida y fría.

temporada cálida a la fría, las especies muy abundantes no sólo mantienen sus abundancias y frecuencias sino que éstas se ven incrementadas sustancialmente.

### **San Luis Gonzaga**

Se determinaron 48 taxones pertenecientes a 23 géneros. Las diatomeas de la Clase Bacillariophyceae fueron predominantes y constituyeron el 92% de la comunidad epilítica, mientras que las clases Coscinodiscophyceae y Fragilariophyceae contribuyeron con el 4% cada una de ellas. Al igual que en el oasis de San Ignacio y Santa Águeda, *Denticula kuetzingii* y *Achnantheidium minutissimum* dominan la comunidad en términos de abundancia, aunque la diferencia entre estas especies es notable, ya que *A. minutissimum* apenas rebasó las 200 valvas, mientras que *D. kuetzingii* superó las 1600.

Los valores promedio de diversidad de la comunidad epilítica para la temporada cálida fueron  $H'=2.03$  y  $1-\lambda=0.55$ , respectivamente; la equidad promedio fue de  $J'=0.47$ , mientras que la dominancia fue  $\lambda=0.45$ . El valor más elevado de  $H'$  fue de 3.52. El menor número de especies fue de 9 y le correspondió el valor más bajo de  $H'$  de apenas 0.93, el más alto de dominancia  $\lambda=0.72$  y el más bajo de equidad  $J'=0.75$ .

### **San Bartolo**

En el oasis de San Bartolo se identificaron 58 taxones pertenecientes a 29 géneros. Las diatomeas de la Clase Bacillariophyceae fueron predominantes y constituyeron el 96.5% de la comunidad epilítica, mientras que la Clase Coscinodiscophyceae sólo estuvo representada por *Pleurosira laevis* y la Clase Fragilariophyceae por *Ulnaria ulna*, contribuyendo cada una de ellas con el 1.7%. La variación temporal de las especies muy abundantes y abundantes se puede observar en la figura 6. En la temporada cálida *Denticula kuetzingii* fue la especie dominante; no obstante, en la temporada fría esta especie apenas alcanzó una abundancia de 72 valvas. Este patrón de dominancia en cuanto a la abundancia también lo presentó *Pleurosira laevis* la cual registró 555 valvas en la temporada cálida y apenas se contabilizó una valva en la temporada fría. En general, se da una alternancia en

términos de abundancia entre las especies muy abundantes y abundantes entre temporadas, ya que algunas presentaron una abundancia elevada en la temporada cálida, e. g., *Achnanthydium minutissimum* y viceversa *Planothydium frequentissimum*.

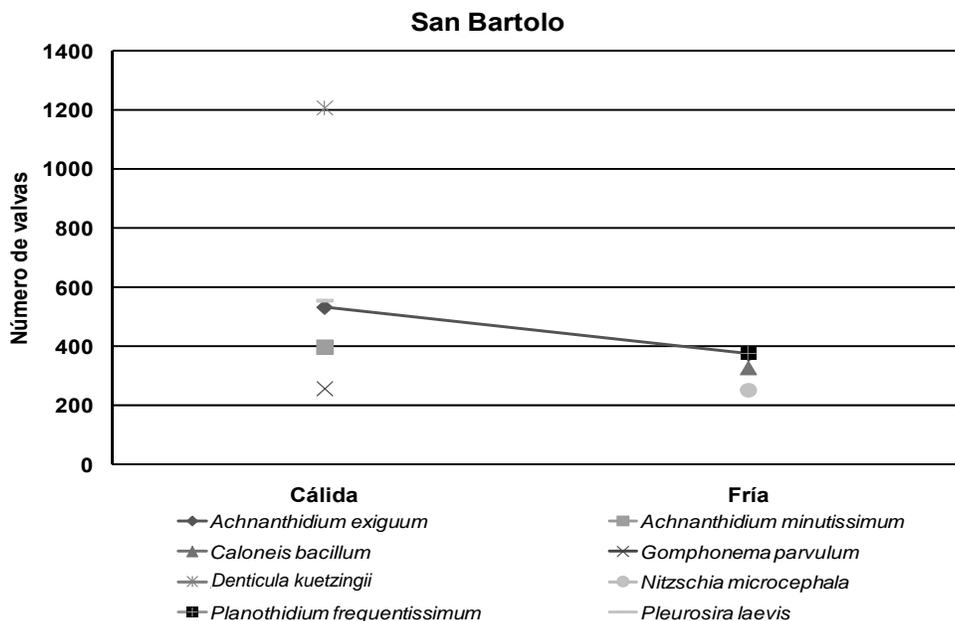


Figura 6. Variación temporal de las diatomeas más abundantes en el oasis de San Bartolo, en la temporada cálida y fría.

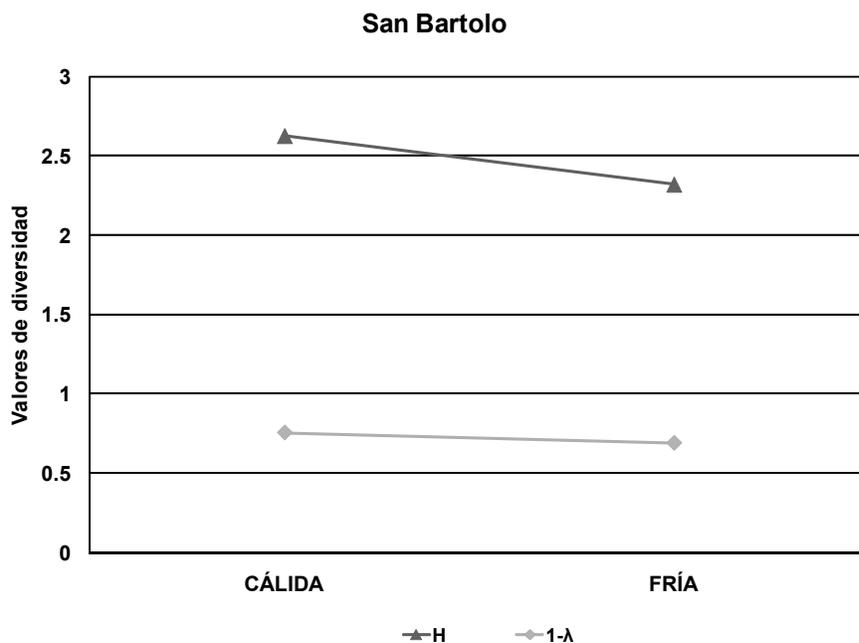


Figura 7. Variación por temporada de muestro de los Índices de Diversidad (H' y 1-λ) para el oasis de San Bartolo, en la temporada cálida y fría.

Los valores promedio de diversidad y equidad de la comunidad epilítica para ambas temporadas de muestreo fueron  $H'=2.53$ ,  $1-\lambda=0.73$  y  $J'=0.61$ , respectivamente; mientras que la dominancia fue  $\lambda=0.27$ . Entre temporadas la diversidad promedio fluctuó entre  $H'=2.35$  y  $1-\lambda=0.64$  para la temporada cálida y  $H'=2.17$  y  $1-\lambda=0.66$  para la fría. Los valores más elevados y bajos de diversidad se registraron en la temporada cálida y fueron de  $H'=4.03$  y  $H'=0.93$ . Al observar el comportamiento de los valores promedio de diversidad de  $H'$  y  $1-\lambda$ , se puede notar una ligera disminución al pasar de la temporada cálida a la fría (Fig. 7). Esta tendencia en la disminución de los valores de diversidad al pasar de la temporada cálida a la fría coincide con el aumento en la abundancia de las especies muy abundantes, por lo que la disminución de la diversidad de Simpson es apenas perceptible, esto se debe a que este índice se ve afectado por las especies más abundantes, sucediendo lo contrario en el caso de  $H'$  donde la disminución es notable entre temporadas de muestreo.

### **Todos Santos**

Se identificaron 38 taxones pertenecientes a 17 géneros. Las diatomeas de la Clase Bacillariophyceae fueron predominantes y constituyeron el 95% de la comunidad epilítica, mientras que la Clase Coscinodiscophyceae sólo estuvo representada por *Pleurosira laevis* y la Clase Fragilariophyceae por *Ulnaria ulna* contribuyendo cada una de ellas con el 2.5%.

A diferencia de lo que sucede en los oasis de San Ignacio y Santa Águeda, donde *Denticula kuetzingii* y *Achnantheidium minutissimum* dominan la comunidad en términos de abundancia, en Todos Santos domina *Nitzschia amphibia* y codomina *A. minutissimum* aunque la diferencia entre estas especies es notable, ya que esta última apenas alcanzó las 589 valvas, mientras que *D. kuetzingii* alcanzó las 2057.

Los valores promedio de diversidad ( $H'$  y  $1-\lambda$ ) de la comunidad epilítica para el único muestreo que se realizó en la temporada cálida fueron 2.03 y 0.66, respectivamente. La equidad ( $J'$ ) promedio fue de 0.55, mientras que la dominancia fue  $\lambda=0.34$ . El valor más elevado de  $H'$  fue de 2.92. El menor número de especies fue de 15 y le correspondió el segundo valor más bajo de  $H'$  de apenas 1.74.

## Agua Caliente

En el oasis de Agua Caliente se identificaron 39 taxones pertenecientes a 21 géneros. Las diatomeas de la Clase Bacillariophyceae fueron predominantes y constituyeron el 90% de la comunidad epilítica, mientras que las clases Coscinodiscophyceae y Fragilariophyceae contribuyeron con el 5 % ambas clases.

La comunidad estuvo dominada por *Gomphonema pumilum*, tanto en términos de abundancia (1548 valvas) como de frecuencia de aparición (100%). Las especies codominantes fueron *Ulnaria* sp., *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Gomphonema minutum* y *Encyonema neogracile*, aunque estas dos últimas solamente estuvieron presentes en dos de las ocho muestras. En el caso particular de *Denticula kuetzingii* a diferencia de los oasis anteriores en los que había sido la especie dominante, en Agua Caliente apenas se registraron cuatro valvas y sólo estuvo presente en cuatro de las ocho muestras analizadas.

Los valores promedio de diversidad ( $H'$  y  $1-\lambda$ ) de la comunidad epilítica fueron de 2.27 y 0.65, respectivamente; la equidad ( $J'$ ) promedio fue de 0.55, mientras que la dominancia fue  $\lambda=0.35$ . El valor más elevado de  $H'$  fue de 2.61 para los sitios 2 y 5. El menor número de especies encontrado en el oasis de Agua Caliente fue de 9 y le correspondieron los valores más bajos de diversidad  $H'=1.66$  y  $1-\lambda=0.49$ , así como el más alto de dominancia  $\lambda=0.51$  (Tabla 3).

No obstante que estadísticamente no se encontraron diferencias significativas para los valores de diversidad  $H'$  ( $p\leq 0.05$ ),  $1-\lambda$  ( $p\leq 0.05$ ) y dominancia  $\lambda$  ( $p\leq 0.05$ ) por temporada de muestreo. Las variaciones en las abundancias al pasar de la temporada cálida a la fría, de las especies que dominaron las asociaciones en términos de abundancia, así como la disminución de los valores de diversidad mostraron un comportamiento inverso. Es decir, al pasar de la temporada cálida a la fría las abundancias de las especies dominantes se incrementó, mientras que los valores de diversidad disminuyeron; consecuentemente al aumentarse la dominancia de unas cuantas especies, la equidad y diversidad se afectaron.

Latitudinalmente, es decir, entre los oasis del norte-centro y sur, sí se encontraron diferencias significativas, tanto para los valores de diversidad  $H'$  y  $1-\lambda$ ,

como para los de dominancia  $\lambda$  ( $p \geq 0.05$ ), lo que nos permite caracterizar en términos de estos parámetros a los oasis del norte, centro y sur del estado.

Finalmente, en cuanto a la estructura comunitaria, los valores de diversidad por temporada y latitud corresponden a una combinación del número de especies (S), una equidad media y una dominancia relativamente baja; aunque la baja riqueza en muchos de los sitios parece ser el factor que más afecta los valores de diversidad.

#### **7.4. Diversidad Beta**

##### **Similitud**

En relación con la diversidad beta o diversidad entre hábitats, en este caso entre oasis, se trató de identificar el cambio o reemplazo de especies de diatomeas a través de un gradiente temporal y latitudinal con base en proporciones o diferencias. Estas proporciones se evaluaron midiendo la similitud entre las muestras a partir de datos cualitativos (presencia/ausencia de especies) y cuantitativos, *i. e.*, abundancia proporcional de cada especie, medida como número de individuos. Así, a partir del índice (cualitativo) de similitud de Jaccard el agrupamiento jerárquico de los seis oasis muestreados permitió hacer una diferenciación latitudinal, dada la formación de dos grupos principales a un 40% de similitud, uno conformado por los oasis del norte (San Ignacio y Santa Águeda), mientras que el otro grupo está representado por los oasis del sur (Todos Santos, San Bartolo y Agua Caliente) con valores de similitud que van desde un 37% a un 60% (Fig. 8). Siguiendo el dendrograma, pareciera que el oasis del centro (San Luis Gonzaga) se agrupara con los oasis del norte, sin embargo, cabe mencionar que este arreglo resulta en una imagen especular, es decir, tres de los cinco sitios pertenecientes al oasis de San Luis Gonzaga, podrían considerarse como un grupo independiente, mientras que los dos sitios restantes se asocian con los oasis del norte. Así pues, dado que entre los oasis del norte y el del centro sólo tienen en común 18 especies, mientras que entre los oasis del sur con el del centro comparten 31 taxa, se puede considerar que en términos cualitativos el oasis del centro es más similar a los del sur, ya que el análisis de agrupamiento, basado en datos de presencia-ausencia de especies revela las

similitudes entre zonas geográficas cercanas, es decir, oasis cercanos latitudinalmente.

En cuanto a la temporada de muestreo, en el caso particular de las muestras pertenecientes al oasis de San Luis Gonzaga, la mitad de estas se mezclan con las del grupo formado por muestras de la temporada fría, tanto en San Ignacio como en Santa Águeda, mientras que la otra mitad se agrupa con las muestras pertenecientes a la temporada cálida, aunque forma un grupo con un nivel de similitud bajo (30%).

Por lo que respecta a la posible diferenciación temporal, el uso del índice de Jaccard permite hacer una aproximación a ella, sobre todo en los oasis del norte, donde es posible identificar claramente un grupo representativo de la temporada cálida y otro de la fría, con intervalos de similitud del 65% y 40%, respectivamente. Por otra parte, en los oasis del sur, la diferenciación estacional no es tan clara, ya que se entremezclan sitios de las dos temporadas de muestreo, sin embargo, el agrupamiento por oasis se mantiene.

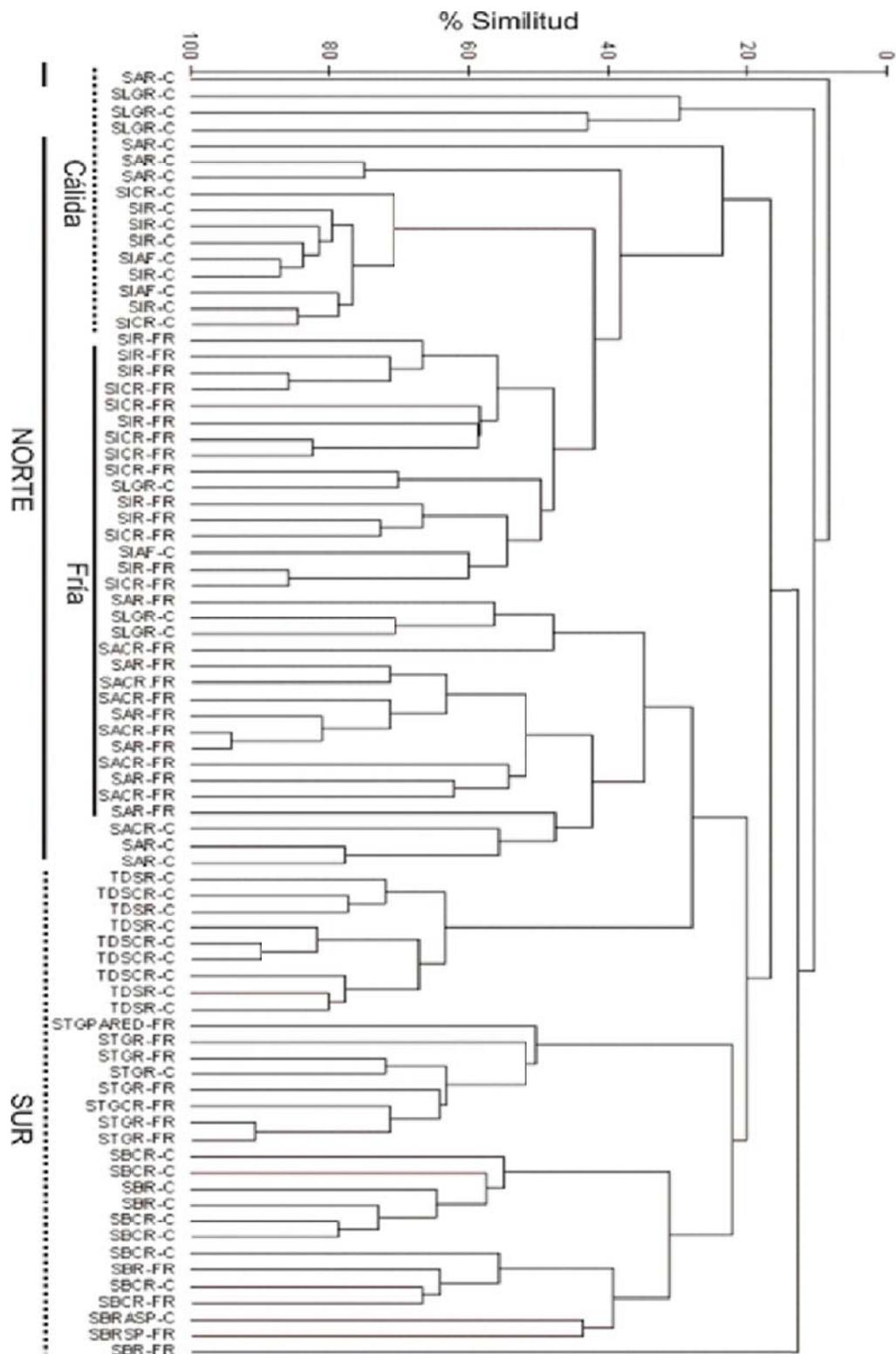


Fig. 8. Agrupamiento general de diatomeas epifíticas basado en el índice de similitud de Jaccard, por oasis y temporada de muestreo.

Respecto a los análisis cuantitativos, la aplicación del índice de Bray-Curtis evidencia un patrón de agrupamiento similar al obtenido mediante el índice de Jaccard, es decir, permite hacer una diferenciación latitudinal y una temporal en aquellos oasis en los que se realizaron muestreos en ambas temporadas, aunque con un valor menor al 40% de similitud (Fig. 9). No obstante que el patrón en la agrupación formada con ambos índices es similar, la agrupación obtenida mediante el índice de similitud de Bray-Curtis es más clara; aunque también se formaron dos grupos principales que separan latitudinalmente a los oasis, se forman además cuatro subgrupos en los oasis del norte, representando cada uno de ellos a una temporada de muestreo: cálida y fría. En los oasis del sur, la formación de tres subgrupos es más o menos clara, ya que se forma un subgrupo formado casi exclusivamente por muestreos realizados durante la temporada cálida y uno de la misma manera por muestras de la temporada fría, pero el tercer subgrupo está compuesto por tres muestras de la temporada fría y tres de la cálida; cabe señalar que en todos los casos las muestras pertenecen a un mismo oasis.

En general, la información obtenida de la aplicación de las técnicas de similitud permite reconocer asociaciones representativas de la temporada cálida y fría, tanto en términos cualitativos como cuantitativos; dicha información permite hipotetizar sobre la presencia de una diatomoflora representativa de cada temporada, con características diferentes que permiten el cambio estructural. Lo anterior se puede apoyar en las variaciones de los valores de diversidad y abundancia de las especies dominantes, encontrándose una mayor diversidad de especies en la temporada cálida, mientras que las especies dominantes aumentan sus abundancias y consecuentemente su dominancia, al pasar de la temporada cálida a la fría.



A continuación se presentan los análisis de similitud para aquellos oasis en que se muestreó en ambas temporadas.

### San Ignacio

De acuerdo con las medidas de similitud, el agrupamiento jerárquico en el oasis de San Ignacio permitió la identificación de dos grupos a un nivel de similitud del 45% con el índice de Jaccard (Fig. 10) y de 42% con el índice de Bray-Curtis (Fig. 11); esto permite hacer una diferenciación entre temporadas. En el caso del análisis cualitativo dicha diferenciación se debe a que, de los 77 taxones que se determinaron en total, 40 se registraron exclusivamente en la temporada cálida, mientras que para la temporada fría sólo fueron 9 taxones exclusivos (Tabla 1). Las especies que sólo se registraron en la temporada fría son: *Cyclotella stelligera*, *Diploneis decipens* var. *paralella*, *Nitzschia fusiformis*, *Psammothidium lauenburgianum*, *Pseudostaurosira brevistriata* var. *inflata*, *Synedra acus* var. *angustissima* y *Encyonema* sp.

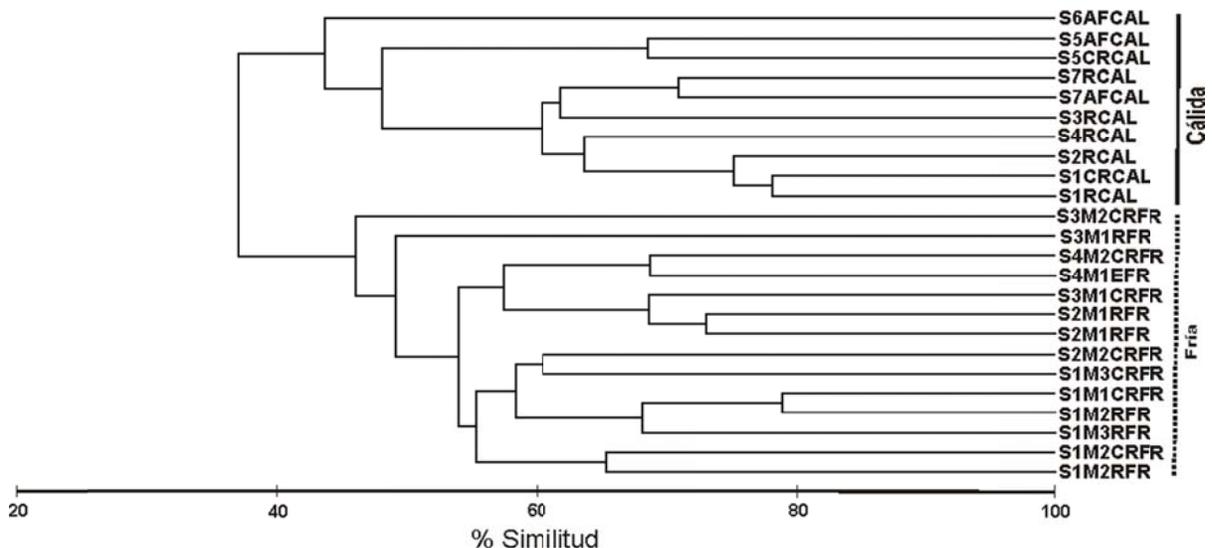


Fig. 10. Agrupamiento de diatomeas epilíticas basado en el índice de similitud de Jaccard para el oasis de San Ignacio.

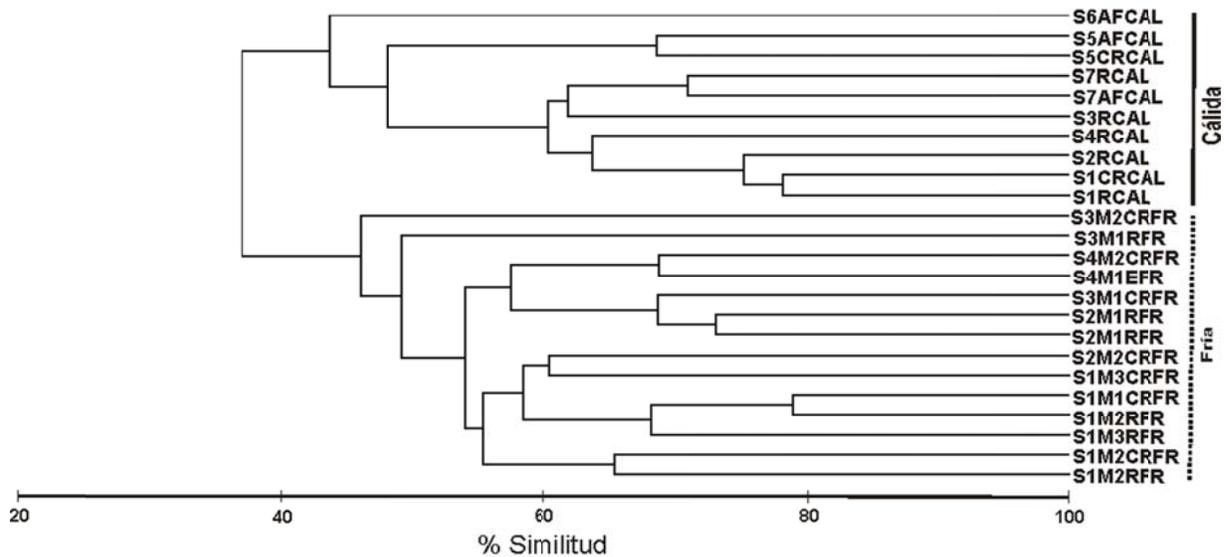


Fig. 11. Agrupamiento de diatomeas epilíticas basado en el índice de similitud de Bray-Curtis para el oasis de San Ignacio.

### Santa Águeda

Según las medidas de similitud el agrupamiento jerárquico en el oasis de Santa Águeda permitió la identificación de dos grupos, a un nivel de similitud del 42% para el índice de Jaccard (Fig. 12) y de 40% para el índice de Bray Curtis (Fig. 13). Esto permite hacer una diferenciación entre temporadas, al igual que en el oasis de San Ignacio. No obstante que tanto en términos cualitativos como cuantitativos se forman dos grupos, donde cada uno representa a una temporada, dicha diferenciación es más clara en el análisis cualitativo, ya que la separación por temporada se debe a que, del total de taxones (56) que se determinaron, 27 se registraron solamente en la temporada fría, mientras que en la temporada cálida sólo se registraron 7 taxones exclusivos para esta temporada (Tabla 1). El comportamiento en el número de especies exclusivas en el oasis de Santa Águeda es inverso al presentado en el oasis de Santa Ignacio, debido a que en este último la mayor cantidad de especies exclusivas se presentó en la temporada cálida y no en la fría como sucede en el oasis de Santa Águeda. Las especies que sólo se registraron en la temporada de nuestro cálida fueron: *Encyonema minuta*, *Encyonema* sp., *Gomphonema mexicanum*, *Nitzschia amphibioides*, *Planothidium frequentissimum*, *Pseudostaurosira brevistriata* var. *inflata*, *Synedra ulna* var. *danica*. El número de taxa en común entre temporadas fue de casi 50%, no obstante las especies exclusivas de la temporada fría permiten la diferenciación temporal.

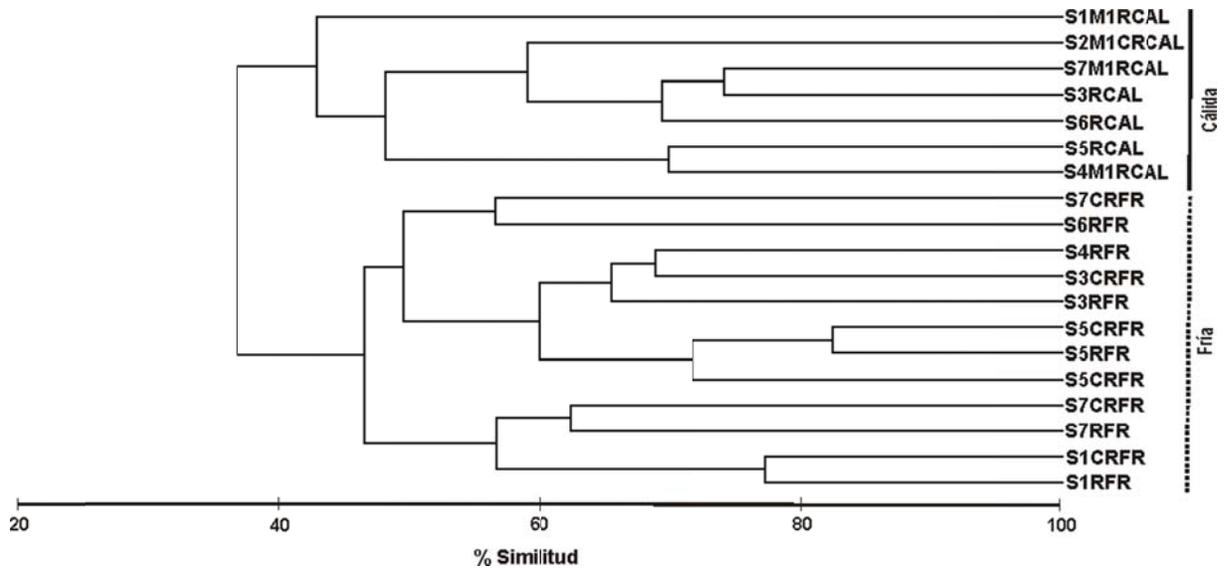


Fig. 12. Agrupamiento de diatomeas epilíticas basado en el índice de similitud de Jaccard para el oasis de Santa Águeda.

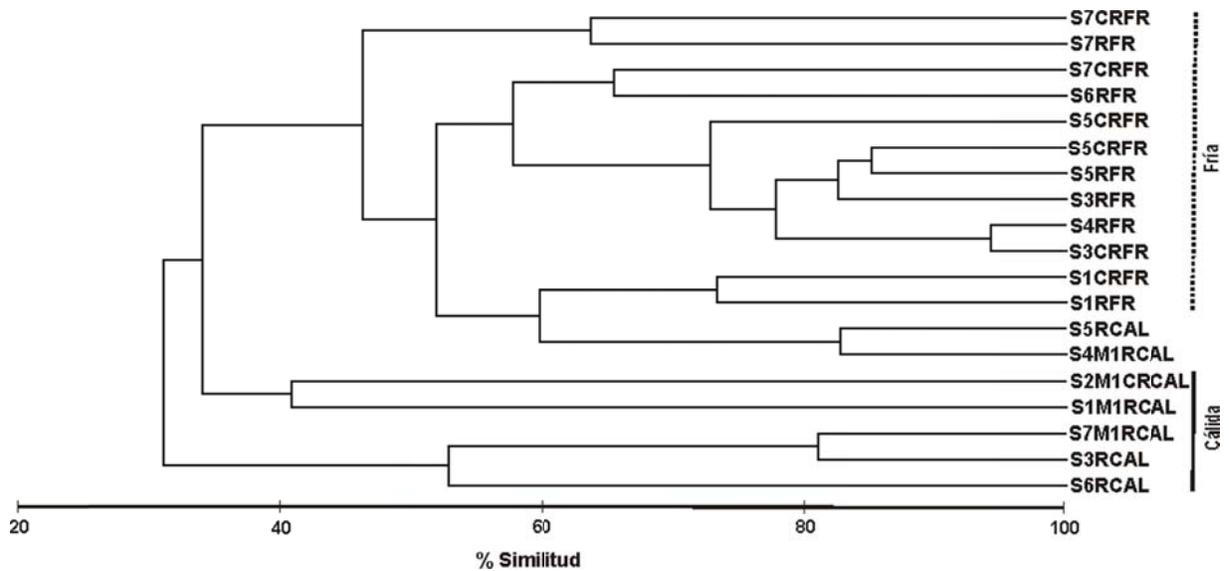


Fig. 13. Agrupamiento de diatomeas epilíticas basado en el índice de similitud de Bray-Curtis para el oasis de Santa Águeda.

## San Bartolo

En el caso del oasis de San Bartolo, la similitud de Jaccard (Fig. 14) mostró un agrupamiento jerárquico de los nueve sitios muestreados durante la temporada cálida y los cuatro de la fría que permite diferenciar estacionalmente, aunque el número de sitios muestreados en la temporada fría es menor a los de la temporada cálida. Solamente una muestra perteneciente a la temporada cálida se intercala con las muestras pertenecientes a la temporada fría y en particular con la muestra que corresponde al mismo lugar de muestreo, dándose este en la pared adyacente al manantial de donde se obtuvo un raspado (Anexo 1).

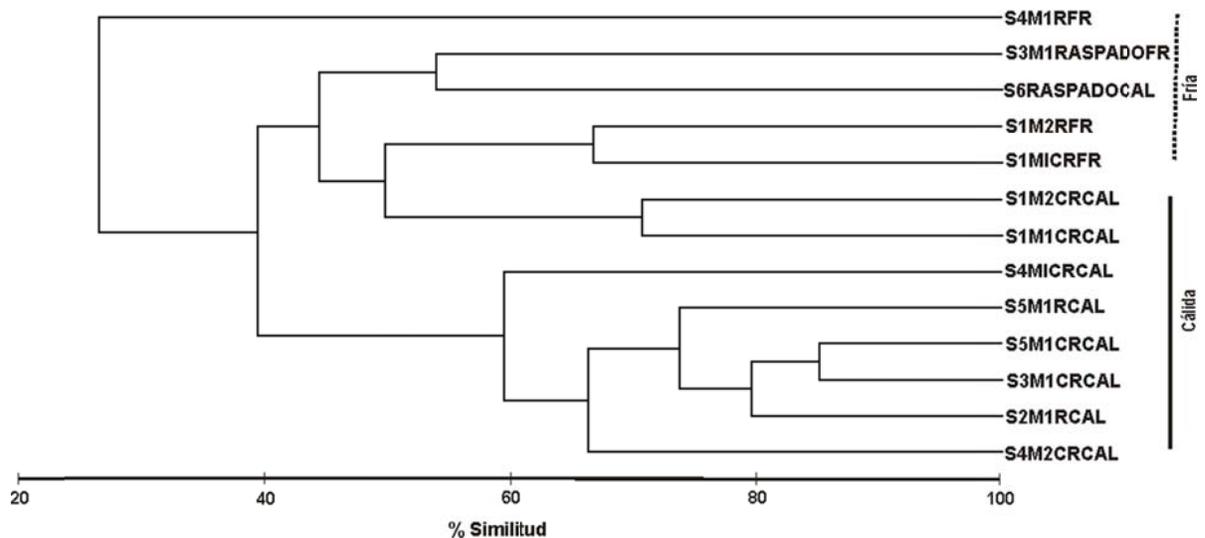


Fig. 14. Agrupamiento de diatomeas epilíticas basado en el índice de similitud de Jaccard para el oasis de San Bartolo.

El agrupamiento jerárquico de los seis oasis muestreados mediante el cálculo del índice cualitativo de similitud de Bray-Curtis (Fig. 15), no permite hacer una diferenciación estacional, aunque se da la formación de dos grupos a un nivel de similitud superior al 50%, estos están conformados por muestras de ambas temporadas de muestreo.

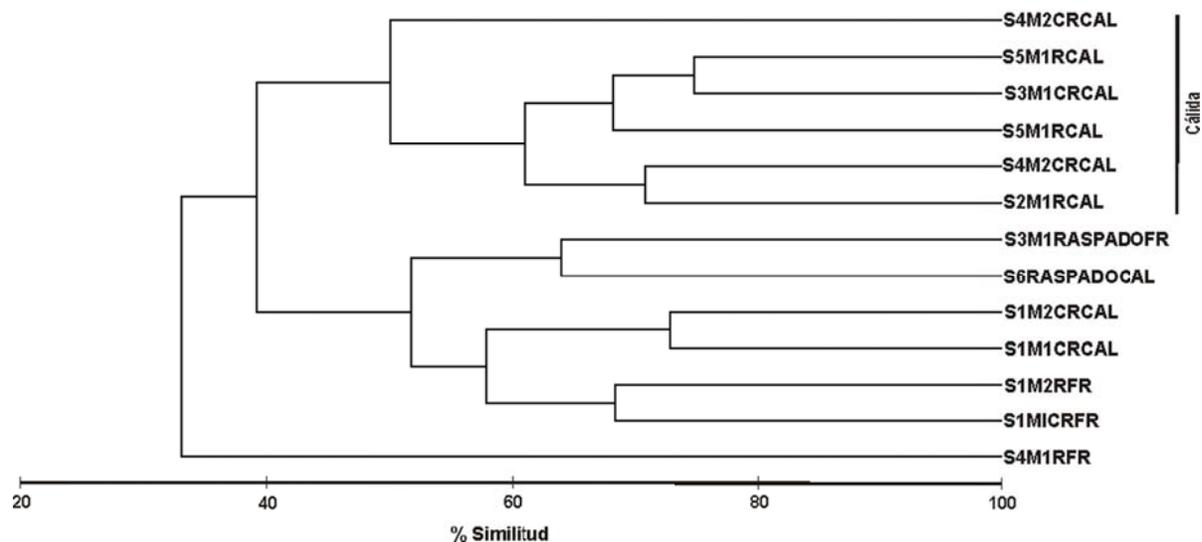


Fig. 15. Agrupamiento de diatomeas epilíticas basado en el índice de similitud de Bray-Curtis para el oasis de San Bartolo.

### 7.5. Variables Fisicoquímicas

En la Tabla 3, se presentan los valores (intervalos) de las variables fisicoquímicas, medidas en los sitios de muestreo de los oasis estudiados; temperatura ( $T$  °C), pH y conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Aunque los datos son puntuales, ofrecen una idea de las condiciones que imperan en los sitios de muestreo.

Tabla 4. Intervalos de los valores de la temperatura ( $T$  °C), pH y conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) del agua por oasis y temporada.

GRUPO	Oasis	Temporada	$T$ °C	pH	Cond ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
1	San Ignacio	Cálida	27.4-29.6	6.9-7.1	1010-1080
		Fría	26.6-27.3	7.2-7.4	1010-1060
2	Santa Águeda	Cálida	28.9-34.9	7.8.2	1110-1400
		Fría	20.7-23.3	7.4-8.2	1100-1350
3	San Luis Gonzaga	Cálida	23-28	7.3-8.3	840-920
4	San Bartolo	Cálida	25.7-26.5	7.1-7.7	370-500
		Fría	24.7-26.3	7.6-7.8	520-4030
5	Agua Caliente	Fría	20.5-34.4	8.3-9.2	220-300
	Todos Santos	Fría	25.4- 26.1	7.8-8.1	470

### 7.5.1. Temperatura

Los valores de temperatura medidos durante los muestreos presentaron diferencias significativas en términos estadísticos entre oasis por temporada ( $p \leq 0.05$ ). El comportamiento latitudinal de dichos valores fue el siguiente: los oasis del norte mostraron valores más elevados de temperatura que los del sur, siendo Agua Caliente y Santa Águeda los oasis con mayor y menor valores de temperatura registrados, 34.9 y 20.5 °C, respectivamente (Tabla 4). A nivel particular, es decir en algunos de los oasis como San Ignacio y Santa Águeda, las diferencias entre los valores de temperatura permiten una diferenciación (Fig. 16).

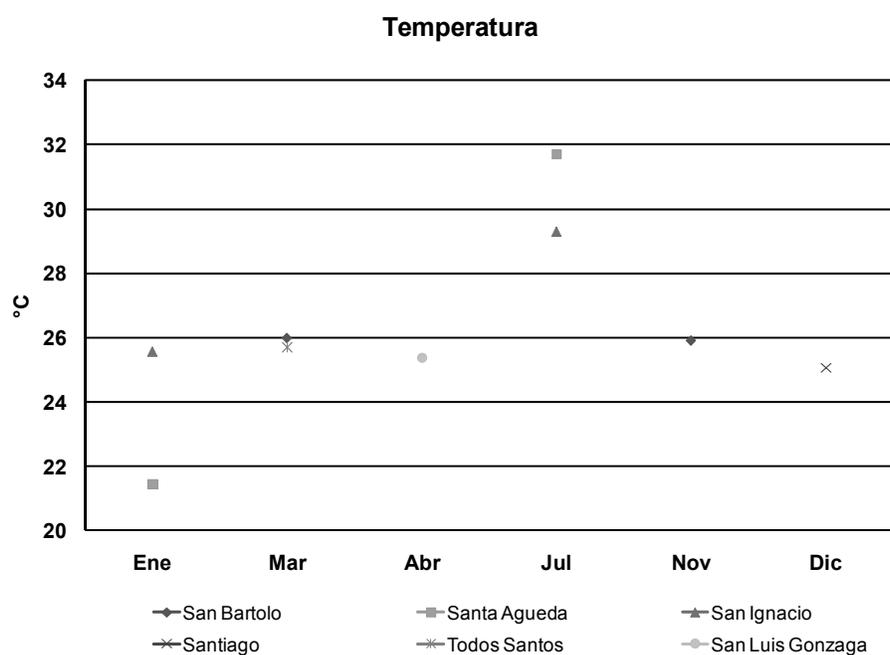


Figura 16. Variación temporal de la temperatura (°C) para los oasis estudiados.

### 7.5.2. Conductividad

La conductividad eléctrica fue alta en todos los sitios estudiados y no presentó diferencias significativas entre oasis por temporada de muestreo ( $p \geq 0.05$ ). No obstante, se puede apreciar una diferenciación latitudinal, es decir, los oasis norteños (27° N) en general presentan valores más altos que los oasis del sur (25° N), con excepción de San Bartolo donde se registró el valor máximo en la temporada fría (Fig. 17), siendo en este mismo oasis donde se registró también el valor mínimo para esta variable.

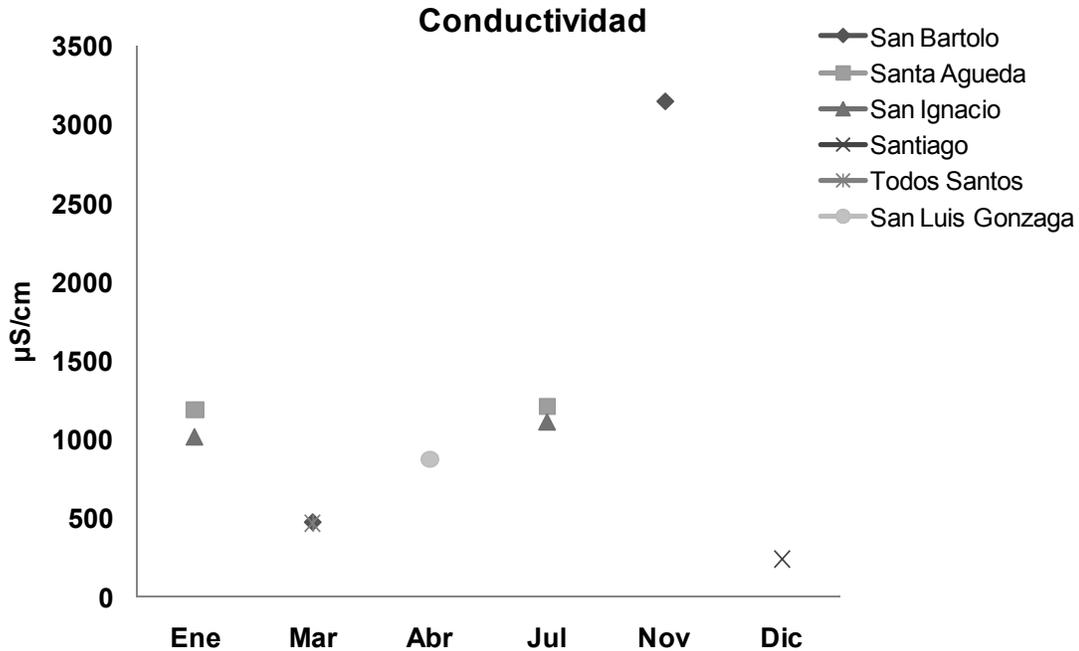


Figura 17. Variación temporal de la conductividad eléctrica para los oasis estudiados.

### 7.5.3. pH

Respecto a los valores de pH estos oscilaron entre la neutralidad y si hay diferencias significativas por temporada de muestreo en los oasis estudiados ( $p \leq 0.05$ ). En el oasis de Agua Caliente se registró el mayor valor y en San Ignacio el menor (Tabla 3). De acuerdo con esta variable, alrededor de 62% y 28% de las especies registradas presentaron una afinidad alcalófila-circumneutrófila y alcalófila, respectivamente.

### 7.6. Biogeografía

En varios trabajos se destaca la importancia de las diatomeas como indicadores biogeográficos (Jones, 1996; Spaulding & Mc Knight, 1999). Sin embargo, la información taxonómica, biogeográfica y ecológica, disponibles para las diatomeas, tanto marinas como de aguas continentales es, en general, insuficiente (Mann & Droop, 1996). En el caso de las diatomeas epilíticas de los oasis de B.C.S., en donde únicamente se tiene un estudio anterior, resulta difícil aportar información sobre la biogeografía de este grupo de algas. Sin embargo, los resultados obtenidos en este trabajo indican que la flora diatomológica de los oasis estudiados a lo largo

de la parte sur de la Península de B. C., presentan una elevada proporción de especies de amplia distribución geográfica (cosmopolitas). Basándonos en el caso de otros estudios sobre diatomeas en los que los investigadores basaron sus identificaciones en literatura de un continente distinto al de estudio (Spaulding & McKnight, 1999; Maidana *et al.*, 2005), podría considerarse con cierto grado de certidumbre que el número de taxones en los oasis de B.C.S., estarían probablemente subestimados. Esta situación en parte se debe a la escasez de catálogos florísticos del norte del continente americano y particularmente para nuestro país. Estas consideraciones, junto con la falta de caracteres que puedan ser utilizados para distinguir mejor entre taxa morfológicamente similares pero de origen distinto (Novelo, com. pers.), llevarían a suponer que el registro de una especie encontrada en un oasis pueda ser considerada cosmopolita, independientemente si fue identificada a partir de la comparación con taxones de floras europeas, pudiendo incidir sobre la comprensión de su distribución geográfica, dando así como resultado un elevado número de especies con amplia distribución o cosmopolitas.

La caracterización florística de las diatomeas epilíticas de los oasis en términos de su distribución y afinidad, muestra que la condición subtropical determina que más del 50% de los taxa presenten esta afinidad (Fig. 18) y que más del 35% sean consideradas como cosmopolitas de acuerdo con las bases teóricas. Sin embargo, dada la escases de estudios sobre la flora diatomologica para los oasis de B.C.S., la distribución geográfica presentada no debe considerarse como absoluta en la caracterización ecológica de esos taxones, sobre todo por lo mencionado en el párrafo anterior.

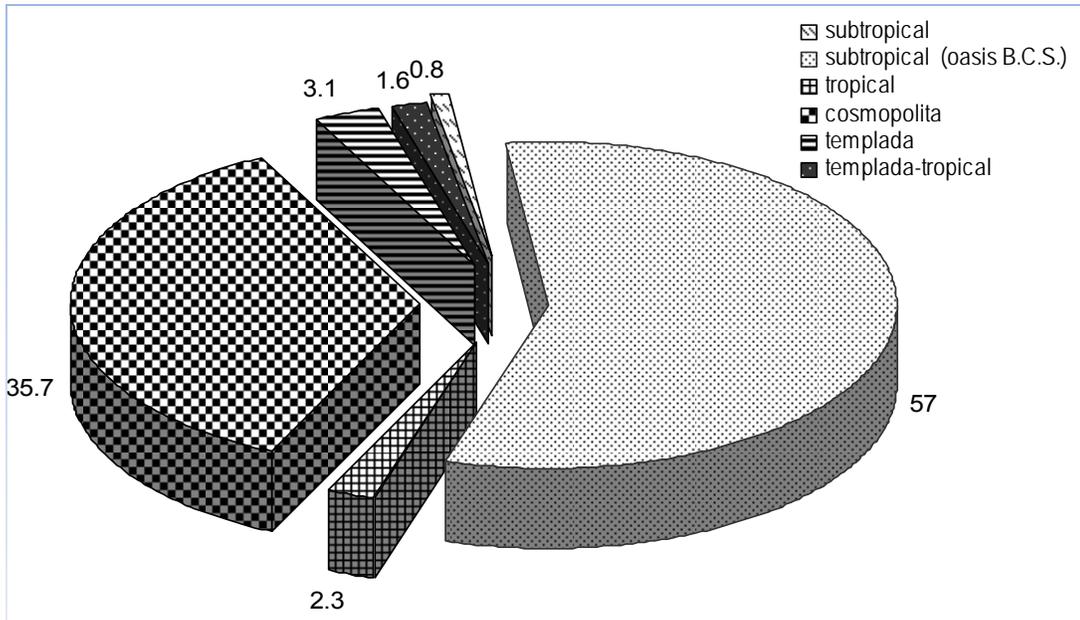


Figura 18. Clasificación por afinidad de las diatomeas epilíticas de los oasis estudiados expresada en porcentaje.

## 8. Discusión

Una de las dificultades para la utilización de la información obtenida de estudios basados en diatomeas es la falta de información acerca de la composición y distribución de las especies en una determinada región geográfica de interés (Smol & Cumming, 2000). El caso de los oasis de Baja California Sur no es la excepción, ya que únicamente se cuenta con un trabajo previo (Siqueiros-Beltrones, 2002) que sólo permite hacer comparaciones en términos cualitativos.

El conocimiento en general de la flora diatomológica en México es escaso y más aún el de aguas continentales. Por lo anterior, se esperaba que al emprender el estudio sobre la diatomoflora en los oasis de B. C. S., se aportaría un número considerable de taxa. El número de taxa determinados en este trabajo en algunos casos resulta similar y en otros superior a lo reportado en estudios sobre diatomeas continentales en el centro y sur del país (Ibarra-Vázquez & Novelo, 1997b; Figueroa-Torres, 2001; Oliva-Martínez, *et al.*, 2005; Israde *et al.*, 2007; Novelo *et al.*, 2007). Y si se compara con el único trabajo que se tiene sobre diatomeas no marinas en B. C. S., por Siqueiros-Beltrones (2002), la presente investigación reditúa en un mayor número de registros; aunque cabe considerar que el número de oasis estudiados fue mayor en esta investigación. Es de destacar que entre estos dos trabajos únicamente se registraran 26 especies en común, lo que significa que el 70% de los taxa registrados por Siqueiros-Beltrones, (2002) no se registraron en esta investigación. El número de especies en común es inesperadamente bajo, ya que de los cuatro oasis estudiados previamente dos se estudiaron también en este trabajo, *i. e.*, Agua Caliente y San Luis Gonzaga. La posible causa son las condiciones ambientales presentes durante los muestreos, más que un cambio estacional, dado que para las diatomeas se ha registrado que la variación espacial en la composición específica es mayor que la variación estacional, aún si se presentan cambios estacionales en ciertos factores ambientales, *v. gr.*, temperatura, pH (Lamb & Lowe, 1987; Stevenson & Hashim, 1989).

En los oasis en que se realizaron muestreos en la temporada fría y cálida, la variación estacional en cuanto al número de especies en común estuvo representada por valores similares, 28 (36%) taxa para el oasis de San Ignacio y 25 (45%) para

Sta. Águeda. Sin embargo, el comportamiento en el número de taxa que se presentaron exclusivamente en alguna temporada resultó contrastante, ya que en San Ignacio el mayor número de especies exclusivas se registraron en la temporada cálida, mientras que en Sta. Águeda fue en la temporada fría cuando se registró el mayor número de especies exclusivas. Por otra parte, la variación espacial (latitudinal) de los taxa en común entre los oasis del Norte-Centro y Sur-Centro, permitió definir que el oasis de San Luis Gonzaga presenta condiciones ambientales que permiten el desarrollo de una comunidad de diatomeas epilíticas más similar a los oasis del Sur que a los del Norte, mientras que los oasis del Norte tienen más especies en común con los del oasis del Sur. Probablemente los cambios estacionales siguen un mismo comportamiento de un año a otro, y las especies que se encuentran normalmente a lo largo de todo el año podrían representar un porcentaje no muy alto de la asociación.

Las diatomeas son uno de los pocos grupos de algas que pueden vivir y prosperar en una amplia variedad de hábitats, incluso bajo condiciones extremas, desde hielos polares hasta aguas termales (Round *et al.*, 1990). Sin embargo, las asociaciones de diatomeas se caracterizaron por presentar pocas especies con elevadas abundancias, lo que muestra que las asociaciones de diatomeas se estructuran de manera similar en cualquier ambiente.

Para el caso de los oasis de B.C.S., las especies dominantes tanto en términos de abundancia y frecuencia de aparición resultaron ser especies cosmopolitas o de amplia distribución geográfica, como *Denticula kuetzingii*. La distribución taxonómica y la estructura de las asociaciones de las diatomeas de los oasis, coincide con lo reportado por Kelly (2000) y Bernadette & Harrington (2008), quienes describen que pocas especies dominan la comunidad en términos de abundancia, que algunas especies que codominan en cada asociación y una gran cantidad de especies con abundancias relativas menores al 1%, y una frecuencia de ocurrencia muy baja (se registran por lo general una vez). 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). Esta condición se

ha descrito también para algunos cuerpos de agua dulce, donde se ha determinado que la disponibilidad de recursos y las condiciones extremas permiten el desarrollo de pocas especies dominantes (Ibarra-Vázquez & Novelo, 1997a; Oliva *et al.*, 2005).

En la fase cuantitativa, cuatro especies representaron el 61% del total de valvas contabilizadas; estos taxones se caracterizan por ser conspicuos y de amplia distribución. En el caso de *Denticula kuetzingii* se ha determinado que se desarrolla preferentemente en aguas neutrales a básicas, levemente salobres y se considera que es poco tolerante a la contaminación. Por otra parte *Achnanthis minutissimum* es una diatomea común en lagos y en aguas corrientes bien oxigenadas, que prefiere ambientes con características de circumneutrófilas a alcalinos, pudiéndose desarrollar en concentraciones bajas o moderadas de nutrientes y sitios con poca contaminación orgánica. Para el caso de esta especie, resulta difícil extender su autoecología debido a los problemas encontrados al distinguir a *A. minutissimum* de especies cercanas. En general, en casi todos los sitios de muestreo de los oasis las especies más abundantes y frecuentes resultan ser formas pequeñas como ésta. Al respecto, una de las principales causas que modulan las asociaciones en los cuerpos de agua dulce es la herbivoría, interacción biótica que se ve reflejada por lo general en mayores abundancias de las especies pequeñas sobre los taxa grandes, ya que estas serán por su tamaño más vulnerables a ser consumidas en relación con las células pequeñas (Rosemond *et al.*, 2000). No obstante, este comportamiento dependerá del tipo de herbívoro, ya que en presencia de protozoarios las poblaciones de menor talla serán las más afectadas (Novelo, *com per*). Además de la elevada tasa de reproducción vegetativa, otro factor que promueve que la composición y dominio de la comunidad de diatomeas epilíticas en la mayoría de los oasis sea de formas principalmente pequeñas podría ser la poca velocidad del caudal de los oasis, ya que las formas pequeñas poseen por lo general mecanismos relativamente débiles para sujetarse al substrato y al presentarse aumentos en la velocidad de la corriente o incremento del caudal pueden ser desprendidas con relativa facilidad (Lamb & Lowe, 1987). En el caso de los oasis con un manantial, *e. g.*, San Ignacio, Sta. Águeda, San Bartolo, estos poseen una corriente con velocidad baja y constante, lo que les confiere una 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 eficientes. No obstante, 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). Por otra parte, se ha determinado que especies grandes como *Fragilaria capucina* prefieren condiciones de baja velocidad de corriente (Passy, 2001). Por lo tanto, el dominio de taxa pequeños en parte puede estar dado por las condiciones hidrológicas de los oasis, caracterizados por baja velocidad en la corriente y cierta estabilidad en el caudal. No obstante, la presencia de especies de tallas grandes, *e. g.*, *Synedra*, *Rhopalodia*, *Pleurosira*, pudiera representar condiciones favorables para la coexistencia de formas pequeñas y grandes.

### **Diversidad**

Los valores de H' no deben ser utilizados sólo para indicar mayor o menor diversidad entre muestras o taxocenosis y ser correlacionados con variables bióticas o abióticas, sin embargo, por lo general es hasta donde llega la utilización de dichos valores (Siqueiros-Beltrones, 2005). En el caso de las diatomeas epilíticas de los oasis, se buscó vincular los valores de diversidad con la autoecología, sinecología y teoría biogeográfica en la medida de lo posible, dado que no se cuenta con antecedentes con los cuales contrastar nuestros resultados.

En las comunidades de diatomeas estudiadas en los oasis, la diversidad depende principalmente de la riqueza de especies y de los bajos valores de equidad, ya que las especies dominantes por lo general se presentan en mayor proporción con respecto a las especies raras. Si se considera como referente la premisa de que la diversidad refleja las diferencias en las abundancias de las diferentes especies y en gran medida la organización espacial de la comunidad, los valores elevados de diversidad determinada en algunos oasis (principalmente en San Ignacio y Sta. Águeda) estarían representando ecosistemas altamente organizados y una mayor complejidad estructural de la taxocenosis y, por consecuencia, una mayor estabilidad (Margalef, 1983; Brower *et al.*, 1998). Por otra parte, los valores bajos de diversidad

se han asociado con un aumento de las condiciones tróficas del sistema (Margalef, 1983). Esto resulta contrastante para el caso de los oasis, aunque no se hayan medido las condiciones tróficas, ya que los parámetros fisicoquímicos medidos resultan homogéneos dentro de un mismo oasis debido principalmente a la poca extensión de estos, lo que significa que son otros factores los que modulan la estructura comunitaria, puesto que en un mismo oasis, los intervalos de los valores de diversidad ( $H'$ ) pueden ir de 1.17 a 4.03. Lo anterior también podría significar que la comunidad se encuentra en una etapa transicional representada por los valores máximos y mínimos de diversidad (Siqueiros-Beltrones, 2005), lo cual denotaría cierto grado de inestabilidad o alternancia de especies (principalmente dominantes y codominantes) en la comunidad de diatomeas epilíticas de los oasis estudiados, independientemente de que no se haya podido estudiar el efecto de las temporadas de secas y de lluvias, dado que durante el periodo de muestreo no se presentaron estas últimas.

Aunque no se pueda comparar con otros trabajos en los oasis, los valores de diversidad resultan similares a los de estudios realizados en cuerpos de agua continentales templados, como el de Robinson y Rushforth (1987) ( $H' = 2.0-2.08$ ) y el de DeJaco (1987) ( $H' = 2.5-2.7$ ). En cuanto a la diferenciación por temporada de muestreo de los valores de diversidad, en los oasis de San Ignacio y Sta. Águeda que fueron los únicos junto con el oasis de San Bartolo (localizado al sur), en que se muestrearon en la temporada cálida y fría, en el caso del primero los valores más elevados correspondieron a la temporada cálida, mientras que en Sta. Águeda el comportamiento es inverso, registrándose en la temporada fría los valores son más elevados. La elevada diversidad de especies en verano responde a una combinación del número de especies ( $S$ ), elevada equidad y baja dominancia; mientras que la baja riqueza parece ser el factor que más afecta la baja diversidad en invierno.

La diversidad y la riqueza tienden a disminuir en sistemas con altas descargas pluviales y su consecuente alteración del flujo de agua (Clausen & Biggs, 1977, en Kingsley, 2004). Considerando lo anterior, en los oasis de B.C.S., la variación en los valores de riqueza de especies en ambos sentidos, es decir, aumento y disminución, se pueden explicar en parte debido a la falta de eventos de lluvia, ya que esto

permite cierta estabilidad en el flujo de agua, reflejándose en un incremento o estabilidad en la diversidad. Mientras que la disminución del caudal por la falta de las lluvias y el consecuente efecto de la desecación (lo que se ve reflejado sobretodo en el oasis de San Luis Gonzaga), puede llevar a registrar valores bajos de riqueza y diversidad.

### ***Beta diversidad***

Dada la gran cantidad de oasis que pueden encontrarse en la parte sur de la Península de Baja California, este estudio no pretendió ser exhaustivo, aunque se buscó que los muestreos fueran representativos, tanto en términos del tipo de oasis, como temporal y latitudinalmente. Así, no obstante que en muestreos puntuales el reconocimiento de posibles cambios en la estructura de las asociaciones en términos de la diversidad beta es menos evidente, en el caso de las diatomeas de los oasis es posible reconocer pequeños cambios, principalmente en términos cualitativos entre algunos taxones considerados comunes y raros. Estos cambios se traducen en una diferenciación latitudinal, donde los dos oasis del norte del estado comparten un mayor número de especies con respecto al oasis representativo del centro del estado, mientras que los oasis del sur se agrupan entre si y se separan tanto del oasis del centro como de los del norte. Esto podría reflejar un gradiente discontinuo en las condiciones físicas, químicas y/o biológicas entre los oasis, que no fueron determinadas en este estudio (nutrientes, pastoreo, competencia interespecífica). En cuanto a la diferenciación temporal, aun cuando las variaciones en algunas de las variables físicas y químicas medidas fueron mínimas, y se pudieron detectar pequeños cambios en la estructura de las asociaciones, la relación no es evidente, sobre todo en los oasis del sur, donde se entremezclan los muestreos de la temporada fría y cálida; no obstante, el agrupamiento latitudinal de muestras por oasis se mantiene.

Al observarse en ambos dendrogramas la formación de grupos semejantes, se puede reconocer que las asociaciones son similares, tanto florísticamente, como en términos de proporciones de los taxa, lo que puede explicarse con base en la uniformidad ambiental reflejada en los valores de las variables físicas y químicas

medidas entre los oasis del norte y los del sur del estado. Al no tomarse en cuenta a los grupos de especies muy abundantes y raras para los cálculos de los índices de similitud, se tiene que las variaciones en presencia/ausencia y la constancia en cuanto a las abundancias de las especies clasificadas como comunes son la causa principal por la cual se separan las asociaciones temporalmente. No obstante, se debe tener en cuenta que las comunidades periféricas de diatomeas dulceacuícolas se caracterizan por una variabilidad temporal en la comunidad sujeta en algunas ocasiones a procesos estocásticos, *i. e.*, aumento del caudal, desecación, contaminación, que implican, además de un potencial rápido de colonización y fluctuaciones de alta frecuencia (sucesionales). Además, la variabilidad espacial de la estructura de la comunidad puede ser fuertemente controlada por transiciones espaciales en variables locales o puntuales, tales como la velocidad y turbulencia del cuerpo de agua, la textura y estabilidad del sustrato, el abastecimiento de los recursos como nutrientes y luz, y el efecto de los herbívoros sobre la comunidad.

Las aguas continentales varían ampliamente en su composición química, principalmente por la variabilidad litológica de la cuenca o lago, clima, vegetación y factores ambientales. Sin embargo, la relación existente entre la abundancia relativa de diatomeas, la conductividad y composición iónica del agua, a partir de una base de datos de 3239 muestras de diatomeas bentónicas recolectadas de 1109 ríos en EE.UU., se demostró que estos factores ambientales tienen estadísticamente una relación estrecha con la composición de diatomeas (Potapova & Charles, 2003).

Los factores de origen antropogénico también son importantes de considerar pues afectan directamente, *e.g.*, la erosión del suelo, las actividades agrícola-ganaderas, la irrigación, así como el impacto negativo que se produce en el área destinada a las descargas de los desperdicios y la urbanización. Todo ello tiende a la acumulación y concentración de compuestos que, en su proceso de degradación orgánica, sustancias minerales o de iones derivan a las aguas de los ríos (Potapova & Charles, 2003). Colocando a los oasis bajo este contexto, resultan por demás incomparables, dadas las características hidrológicas tan disímiles con que se considera un río típico o un lago; los oasis poseen características únicas, principalmente su inserción en áreas con un elevado nivel de aridez. Por otra parte,

los posibles efectos antropogénicos aunque no se descartan, por lo observado en los muestreos de esta investigación no representarían una causa significativa en cuanto a la posible afectación sobre la diatomoflora epilítica, dado que los cuerpos de agua son en algunos casos custodiados por los rancheros locales, quienes se encargan de mantener en buen estado el cuerpo de agua. Los elevados valores de conductividad registrados en la mayoría de los oasis pueden ser resultado de una alta tasa de evaporación, sobre todo en aquellos oasis pequeños y de poca profundidad (e. g., San Luis Gonzaga, Todos Santos), ya que al no presentarse lluvias que aumenten o mantengan el nivel de agua de los oasis; los efectos de la desecación se hacen presentes a lo largo del año, principalmente en verano, cuando la temperatura ambiental alcanza los 40° C. Así mismo, el gradiente de aridez suele ir unido a una variación en la concentración de sales, por lo que se produce un aumento de la alcalinidad, de la conductividad y, en muchos casos, también un incremento en la concentración natural de nitratos o sulfatos.

El agua de los oasis estudiados tiende a un pH casi neutro; algunas de las especies de diatomeas más abundantes y frecuentes, se consideran afines a medios neutrales a básicos, e. g., *Denticula kuetzingii*, *Achnanthes minutissimum*, propias de ambientes circumneutrófilos con características oligo a eutróficos, como *Gomphonema parvulum* (circumneutrófila a acidófila); otras especies poco frecuentes pero abundantes en algunos oasis, como *Synedra ulna* (alcalófila), *Planothidium lanceolatum* (alcalófila), *Cocconeis placentula* var. *placentula* (circumneutrófila) se asocian a ambientes eutróficos. Especies como *C. placentula* var. *placentula* (pH óptimo 6.32), *N. palea* (óptimo 6.48) y *G. parvulum* (óptimo 6) presentaron, sobre todo esta última especie, abundancias altas en pH mayores a 7, no obstante que el óptimo registrado no rebasa un pH de 6.5; esto también ha sido reportado en otros trabajos en los que dichas especies se desarrollan en un pH diferente a su óptimo (Díaz-Quirós & Rivera-Rondón, 2004).

## 9. Conclusión

Aunque los oasis de B.C.S. son cuerpos de agua pequeños, el número de taxa determinados en este trabajo en algunos casos resulta similar y en otros superior a lo reportado en estudios sobre diatomeas continentales en ríos y lagos del centro y sur del país. Ello refleja la heterogeneidad de ambientes representados en hábitat aparentemente similares. No obstante, tanto en términos cuantitativos y cualitativos es posible reconocer un gradiente latitudinal entre los oasis del norte y sur, lo que permita reconocer afinidades biogeográficas acordes a dicha heterogeneidad. A la vez esto propicia que la correlación de dicha diferenciación a alguna de las variables físicas o químicas medidas no se haya detectado.

## 10. Literatura Citada

- Arriaga, L. & Rodríguez-Estrella, R. 1997. *Los oasis de la Península de Baja California*. Publ. 13, CIBNOR, S. C. La Paz, B. C. S., México.
- Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez & E. Loa, coordinators. 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad.
- Avila-Nava, J. 1985. *Ficoflora manifiesta del suelo del Valle de Tehuacan, Puebla*. Mexico. Tesis de Licenciatura Fac. Ciencias, UNAM. México. 147 p.
- Azovsky, A. I. 2002. Size-dependent species area relationship in benthos: is the world more diverse for microbes?. *Ecography*, 25:273-282.
- Bernadette, N. C. & T. J. Harrington. 2008. Benthic diatoms of the river deel: diversity and community structure. *Biology & Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy*, 108(1):29-42.
- Blanco, S., Ector, L. & E. Bécares. 2004. Epiphytic diatoms as water quality indicators in Spanish shallow lakes. *Vie Milieu*, 54:71-79.
- Bradbury, J. P. 1971. Paleolimnology of Lake Texcoco, Mexico. Evidence from diatoms. *Limnology and Oceanography*, 16:180-200.
- Brower, J., J. H. Zar & C. von Ende. 1998. *Field and laboratory methods for general ecology*. Wm. C. Brown Publishers. Dubuque, I. A. 273 p.
- Cantoral-Uriza, E., J. Carmona & G. Montejano 1997. Diatoms of calcareous tropical springs in the central region of Mexico. *Cryptogamie Algologie*, 18(1):19-46.
- Cantoral-Uriza, E., J. Carmona, G. González & G. Montejano. 1999. Algas indicadoras de la calidad del agua en el río la Magdalena, Delegación Magdalena Contreras, Distrito Federal, México, 299-332. En: Ponce-N. D. & M.V. Alegre-G. (Eds.). *Consejo de Estudios para la Restauración y Valoración Ambiental (Aire-Agua)*, Tomo I. Gobierno del Distrito Federal, México.
- Cantoral-Uriza, E. A. 2004. Diatomeas de ríos en la cuenca baja del río Pánuco. En: Ruvalcaba, J., J. M. Pérez & O. Herrera (Coord.). *La Huasteca, un recorrido por su diversidad*. Colección Huasteca. CIESAS, El Colegio de San Luis, A.C. y El Colegio de Tamaulipas, México. 99-128 p.

- Cambra, J., J. Goma, V. Huck & L. Ector. 2003. *2ª Fase del diseño de la red de diatomeas en la Cuenca del Ebro*. Informe Final. 39 p.
- Committee on European Normalization (CEN). (2002). *Water quality - Guidance standard for the routine sampling and pretreatment of benthic diatoms from rivers*. European Standard. CEN/TC 230 prEN 13946. Committee on European Normalization. 14 p.
- Chessman, B., I. Gowns, J. Curreys & C. Plunkett-Cole. 1999. Predicting diatom communities at the genus level for the rapid biological assessment of river. *Freshwater Biology*, 41:317-331.
- Clarke, K. R. 2006. *Primer v6 User's Manual/Tutorial*. 190 p.
- Clausen, B. & B. J. Biggs. 1997. Relationships between benthic biota and hydrological indices in New Zealand streams. *Freshwater Biology*, 38:327-342.
- Cleve-Euler, A. 1951-1955. Die Diatomeen von Schweden und Finnland. Reprint En: *Bibliotheca Phycologica*. Band 5. Vols. I-V. Wesley & Wesley, New York. 963 p.
- Cox, E. J. 1996. *Identification of freshwater diatoms from live material*. Chapman y Hall, London. 158 p.
- DeJaco, C. E. 2000. Characterization and analysis of algal communities throughout a watershed in Puerto Rico. Tesis de M.Sc. University of Louisville. Louisville, KY. USA.
- De la Cruz-Agüero, G. 1994. *Sistema de análisis de comunidades*. Versión 3.0. Departamento de Pesquerías y Biología Marina. CICMAR-IPN. México. 99 p.
- De la Cruz, J., T. Pritchard, G. Gordon & P. Ajani. 2006. Using diatoms to assess the biological condition of large rivers in Idaho (U.S.A.). *Freshwater Biology*, 51:951-972
- De la Rey, P. A., J. C. Taylor, A. Laas, L. van Rensburg & A. Bolso. 2004. Determining the possible application value of diatoms as indicators of general water quality: A comparison with SASS 5. *Water S. A.*, 30(3):325-332.
- Desikachary, T. V. 1987. *Marine diatoms from the Arabian Sea and Indian Ocean*. En: Desikachary, T. V. (Ed.). Atlas of Diatoms (Vol. IV): Madras (Madras Sci. Found).

- Desikachary, T. V. 1988. *Marine Diatoms of the Indian Ocean Region*. En Desikachary, T. V. (Ed.). *Atlas of Diatoms (Vol. V)*: Madras (Madras Sci. Found).
- Diatoms for assessing river ecological status (DARES), Sampling protocol. Version 1. 2004, <http://craticula.ncl.ac.uk/dares/methods.htm>.
- Díaz, S. & Troyo, E. 1997. Balance hidrológico y análisis de la aridez. 35-49, En: L. Arriaga y R. Rodríguez Estrella (Eds.). *Los oasis de la Península de Baja California*. Publicación nº 13. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. S.C. La Paz. Baja California Sur.
- Díaz, S. C., E. Troyo, A. Nieto, Y. Maya, B. Murillo & J. García. 2004. Balance hidrológico y análisis de la aridez en oasis de Baja California Sur, 53-56, En: R. Rodríguez-Estrella, M. Cariño & C. F. Aceves (Comp.) *Reunión de Análisis de los Oasis de Baja California Sur: Importancia y Conservación*. CIBNOR, UABCS, SEMARNAT. La Paz, B. C. S., México.
- Díaz-Quirós, C. & C. A. Rivera-Rondón, 2004. Diatomeas de pequeños ríos andinos y su utilización como indicadores de condiciones ambientales. *Caldasia*, 26(2): 381-394.
- Dodds, W. 2002. *Freshwater Ecology: Concepts & Environmental Applications (Aquatic Ecology)*. Academic Press. 569 p.
- Fenchel, T., Esteban, G. F. & Finlay, B. J. 1997. Local versus global diversity of microorganisms: cryptic diversity of ciliated protozoa. *Oikos*, 80:220-225.
- Figueroa-Torres, M. A. 2001. Diatoms in the fish rearing center in temascal, Oaxaca, México. *Hidrobiológica*, 11(01):85-96.
- 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*. Cramer. Germany. 243 p.
- Fore, L. & C. Grafe. 2002. Response of epilithic diatom assemblages to urbanization influences. *Freshwater Biology*, 47:2015-2037.

- Findlay D. L. & H. J. Kling. 1996. *Protocols for measuring biodiversity: Phytoplankton in Freshwater*. Department of Fisheries and Oceans. Freshwater Institute. 19 p.
- Gevrey M., Rimet F., Park Y.S., Giraudel J.L., Ector L. & Lek S., 2004. Water quality assessment using diatom assemblages and advanced modelling techniques. *Freshwater Biology*, 49:208-220.
- Ghosh, M. & Gaur, J. P. 1998. Current velocity and the establishment of stream algal periphyton communities. *Aquatic Botany*, 60:1-10.
- Goldsmith, B. J., 2000. A diatom-based model to monitor trophic status in lowland rivers using artificial substrata, Tesis de Ph.D., University College London. 352 p.
- Gowns, I. 1999. Is genus or species identification of periphytic diatoms required to determine the impacts of river regulation? *Journal of Applied Phycology*. 11:273-283.
- Halffter, G. & C. Moreno. 2005. Significado biológico de las diversidades Alfa, Beta y Gama, 5-18, En: Halffter, G., Soberón, J., Koleff, P. & Melic, A. (Eds.), *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades Alfa, Beta y Gama*. CONABIO, SEA, CONACYT. M3M: Monografías Tercer Milenio, Vol. 4 SEA. Zaragoza.
- Hawes, I. & R. Smith. 1993. Influence of environmental factors on the growth in culture of a New Zealand strain of the fast-spreading alga *Hydrodictyon reticulatum* (water-net). *Journal of Applied Phycology*, 5:437-445.
- Hellowell, J. M. 1986. Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. Elsevier, London. 546 p.
- Hendey, N. I. 1964. *An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V: Bacillariophyceae (Diatoms)*. Fisheries Investigation Series IV: HMSO. London. 317 p.
- Hillebrand, H. & A. I. Azovsky. 2001. Body size determines the strength of the latitudinal diversity gradient. *Ecography*, 24:251-256.

- Hötzel, G. & R. Croome. 1996. *A Phytoplankton Methods Manual for Australian Freshwaters Land and Water Resources Research and Development Corporation Occasional Paper*. 66 p.
- Hustedt, F. 1930. *Die Susswasserflora Mitteleuropas. Heft 10. 2nd Edition. Bacillariophyta (Diatomeae)*. A. Pascher (Ed.). Verlag von Gustav Fischer, Germany. 466 p.
- Hustedt, F. 1961-1966. Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz mit Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. En: *Dr. L. Rabenhorst's Kryptogramen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*. Band VII.
- Hutchinson, G. E., R. Patrick, & E. S. Deevey. 1956. Sediments of Lake Patzcuaro, Michoacan, Mexico. *Geological Society of America Bulletin*, 67:1491-1504.
- Hynes, H. B. 1970. *The ecology of running waters*. Univ. Toronto Press. 555 p.
- Ibarra-Vázquez, C. & E. Novelo. 1997a. Diatomeas de Texala, Puebla. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 61:49-57.
- Ibarra-Vázquez, C. & E. Novelo. 1997b. *Flora diatomológica de una zona de humedales ubicada en la Reserva Ecológica "El Edén"*. Quintana Roo, México. [http://maya.ucr.edu/pril/el\\_edén/workshop/diatomesp.html](http://maya.ucr.edu/pril/el_edén/workshop/diatomesp.html).
- Israde, I. A., V. Segura, N. Abarca, Luc-Ector, E. Cantoral & M. Mendoza. 2007. Diatomeas del Río Lerma, estimación de la calidad del agua de un río fuertemente contaminado. Resultados preliminares. Extenso, En: *Congreso Nacional y primera reunión Mesoamericana de Manejo Integrado de Cuencas*.
- John, D. M., Whitton, B. A. & Brook, A. J. 2002. *The Freshwater Algal Flora of the British Isles: An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae*. Cambridge University Press and The Natural History Museum, Cambridge. 702 p.
- Jones, V. J. 1996. The diversity, distribution and ecology of diatoms from Antarctic inland waters. *Biodiversity and Conservation*, 5:1433-1449.
- Kelly, M. G., A. Cazaubon, E. Coring, A. Dell'Uomo, L. Ector, B. Goldsmith, H. Guasch, J. Hürlimann, A. Jarlman, B. Kawecka, J. Kwandrans, R. Laugaste, E. A. Lindstrøm, M. Leitao, P. Marvan, J. Padisák, E. Pipp, J. Prygie, E. Rott, S.

- Sabater, H. van Dam & J. Vizinet. 1998. Recommendations for the routine sampling of diatoms for water quality assessments in Europe. *Journal of Applied Phycology*, 10:215-224.
- Kelly M. G. & Whitton B. A. 1998. Biological monitoring of eutrophication in rivers. *Hydrobiologia*, 384, 55-67.
  - Kelly M. G. 1999. Progress towards quality assurance of benthic diatoms and phytoplankton analyses in the UK, 208–215, En: Prygiel J., Whitton B.A. & Bukowska J. (eds), *Use of Algae for Monitoring Rivers III*. Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai, France.
  - Kelly, M. G. 2000. Identification of Common Benthic Diatoms in Rivers. *Field Studies*, 9:583-700.
  - Kelly, M. G. 2003. Short term dynamics of diatoms in an upland stream and implications for monitoring eutrophication. *Environmental Pollution*, 125:117-122.
  - Kingsley, M. 2004. The effects of nutrient and hydrology on periphyton and phytoplankton in Fraser River tributaries, British Columbia. Tesis de M. Sc. Ottawa-Carleton Institute of Biology.
  - Kitner, M. and Pouličková, A. 2003. Littoral diatoms as indicators for the eutrophication of shallow lakes. *Hydrobiologia*, 506/509:519-524.
  - Kramer, K. & H. Lange-Bertalot. 1986. *Bacillariophyceae, 1 Teil: Naviculaceae*. Band 2/1 von Süßwasserflora von Mitteleuropa (H. Ettl, J. Gerloff y D. Mollenhauer, editores), Fischer-Jena, Germany. 876 p.
  - Kramer, K. & H. Lange-Bertalot. 1988. *Bacillariophyceae, 2 Teil: Epithemiaceae, Surirellaceae*. Band 2/2 von Süßwasserflora von Mitteleuropa (Eds.). H. Ettl, J. Gerloff & D. Mollenhauer, Fischer-Stuttgart, Germany & N.Y. 536 p.
  - Kramer, K. & H. Lange-Bertalot. 1991. *Bacillariophyceae, 3 Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. Band 2/3 von Süßwasserflora von Mitteleuropa (Eds.). H. Ettl, J. Gerloff & D. Mollenhauer, Fischer-Stuttgart-Jena, Germany, 576 p.
  - Krebs, C. 1985. *Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia*. Harla. México. 753 p.

- Lamb, M.A. & R. L. Lowe. 1987. Effects of current velocity on the physical structuring of diatom (Bacillariophyceae) communities. *Ohio Journal of Science*, 87:72-78.
- Lecointe C., Coste M., Prygiel J. & Ector L. 1999. Le logiciel OMNIDIA version 2, une puissante base de données pour les inventaires de diatomées et pour le calcul des indices diatomiques européens. En: Loncin A., Hoffmann L. and Ector L. (Eds.), *Compte rendu du 17° colloque de l'Association des diatomistes de langue française. Cryptogamie-Algologie*, 20:132-134.
- León de la Luz, J., R. Domínguez, J. Pérez & M. Domínguez. 2004. La vegetación de los oasis de Baja California Sur, 9-16, En: R. Rodríguez-Estrella, M. Cariño & C. F. Aceves (Comp.). *Reunión de Análisis de los Oasis de Baja California Sur: Importancia y Conservación*. CIBNOR, UABCS, SEMARNAT. La Paz, B. C. S. México.
- Lobo, E. A., K. Kato & Y. Aruga. 1995. Response of epiphytic diatom assemblages to water pollution in rivers in the Tokyo metropolitan area, Japan. *Freshwater Biology*, 34:191-204.
- 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, N. J. 179 p.
- Maidana, N. I., I. Izaguirre, A. Vinocur, G. Mataloni & H. Pizarro. 2005. Diatomeas en una transecta patagónico-antártica. *Ecología Austral*, 1:159-176.
- Mann, D. G. & S. J. Droop. 1996. Biodiversity, biogeography and conservation of diatoms. 19-32, En: J. Kristiansen (Ed.). *Biogeography of Freshwater Algae*. Dordrecht, Kluwer Academic Press. 176 p.
- Margalef, R. 1983. *Limnología*. Omega, Barcelona. 1010 p.
- Maya, Y., Coria, R. & R. Domínguez, 1997. Caracterización de los oasis, 5-25, En: Arriaga, L. & Rodríguez-Estrella, R. (Eds.). *Los oasis de la Península de Baja California*. Publ. 13, CIBNOR, S. C. La Paz, B. C. S., México.

- Mayer, P. M. & S. M. Galatowitsch. 1999. Diatom Communities as Ecological Indicators of Recovery in Restored Prairie Wetlands. *Wetlands*, 19:765-774.
- Metcalfe, S. E. 1987. Historical data and climatic change in Mexico - A review. *The Geographical Journal*, 153:211-222.
- Metcalfe, S. E. 1988. Modern diatom assemblages in Central Mexico: the role of water chemistry and other environmental factors as indicated by TWINSPAN and DECORANA. *Freshwater Biology*, 19:217-233.
- Metcalfe J. L. 1989. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: history and present status in Europe. *Environment and Pollution*, 60:101-139.
- Munnee, A., N. Prat, C. Solà, N. Bonada & M. Rieradevall. 2003. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquatic Conserv: Main Freshwater Ecosystem*. 13:147-163.
- Nauwerk, A. 1963. 'Die Beziehungen zwischen Zooplankton und Phytoplankton im See Erken' (The relationship between zooplankton and phytoplankton in Lake Erken). *Symbolae Botanicae Upsalienses*, 17(5):1-163.
- Navarro, N. J. 1982. *Marine Diatoms Associated with Mangrove Prop Roots in the Indian River, Florida, U.S.A.* (Ed.). J. Cramer. Germany. 151 p.
- 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.
- Newall, P. & C. J. Walsh. 2005. The use of periphytic diatoms as a means of assessing impacts of point source inorganic nutrient pollution in south-eastern Australia. *Hydrobiologia*, 532:53-67.
- Novelo, E., R. Tavera & C. Ibarra. 2007. Bacillariophyceae from karstic wetlands in Mexico. *Bibliotheca Diatomologica*. J. Cramer. Stuttgart. 136 p.
- Oliva-Martínez, M. G., J. G. Ramírez-Martínez, G. Garduño-Solórzano, J. Cañetas-Ortega & M. M. Ortega. 2005. Caracterización diatomológica en tres cuerpos de agua de los humedales de Jilotepec-Ixtlahuaca, Estado de México. *Hidrobiológica*, 15(1):1-26.

- Ortega, M.M. 1984. *Catálogo de Algas Continentales Recientes de México*. Instituto de Biología. UNAM, México. 566 p.
- Pan, Y., R. J. Stevenson, B. H. Hill, A. T. Herlihy & G. B. Collins. 1996. Using diatoms as indicators of ecological conditions in lotic systems a regional assessment. *Journal of the North American Benthological Society*, 15(4):481-495.
- Pan Y., Stevenson R. J., Hill B. H. & Herlihy A. T. 2000. Ecoregions and benthic diatom assemblages in Mid-Atlantic Highlands streams, USA. *Journal of the North American Benthological Society*, 19:518-540.
- Passy, S. I. 2001. Spatial paradigms of lotic diatom distribution: a landscape ecology perspective. *Journal of Phycology*, 37:370-378.
- Passy, S. I., & Robert W. Bode. 2004. Diatom model affinity (DMA), a new index for water quality assessment. *Hydrobiologia*, 524:241-251.
- Peragallo, H. & M. Peragallo. 1908. *Diatomées marines de France et districts maritimes voisins*. (Ed.). M. J. Tempere, France. 491 p.
- Pielou, E. C. 1969. *An introduction to mathematical ecology*. Wiley Interscience. New York. 286 p.
- Pipp, E., 2001. A regional diatom-based trophic state indication system for running water sites in Upper Austria and its overregional applicability. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*. 27: 3376-3380.
- Porter, S. D., Cuffney, T. F., Gurtz, M. E. & M. R. Meador. 1993. *Methods for collecting algal samples as part of the National Water Quality Assessment Program*. Raleigh, North Carolina, 57 p.
- Potapova, M. & D. F. Charles. 2003. Distribution of benthic diatoms in U.S. rivers in relation to conductivity and ionic composition. *Freshwater Biology*, 48:1311-1328.
- Quintana-González, G., 1961. Estudio de las diatomeas fósiles de México en el microscopio electrónico y en el espectrómetro de rayos X. Tesis profesional Fac. Ciencias, UNAM. México. 79 p.

- Rimet, F., C. Henry-Michel, L. Hoffmann & L. Ector. 2005. Response of diatom indices to simulated water quality improvements in a river. *Journal of Applied Phycology*, 17:119-128.
- Robinson, C. T. & S. R. Rushforth. 1987. Effects of physical disturbance and canopy cover on attached diatom community structure in an Idaho (USA) stream. *Hydrobiologia*, 154:49-60.
- Rodríguez-Estrella, 2004. Los Oasis de Baja California Sur; Importancia y Conservación ,1-8, En: Ricardo Rodríguez-Estrella, M. Cariño-Olvera y C. F. Aceves-García (Comp.). *Reunión de Análisis de los Oasis de Baja California Sur; Importancia y Conservación*. CIBNOR, UABCS, SEMARNAT. 153 p.
- Rosemond, A.D., P.J. Mulholland, and 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. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57:66-75.
- Rott, E., H. Duthie & E. Pipp. 1998. Monitoring organic pollution and eutrophication in the Grand River, Ontario, by means of diatoms. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 55:1443-1453.
- Round, F. E., R. M. Crawford & D.G. Mann. 1990. *The Diatoms*. Cambridge University. Press. 747 p.
- Sabater, S., F. Sabater & J. Armengol. 1988. Relationships between diatom assemblages and physico-chemical variables in the River Ter (NE Spain). *International Re-view, Ges. Hidrobiologia*, 73(2):171-179.
- 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*. Reisland, Leipzig. 472 pl.
- Simonsen, R. 1987. Atlas and catalogue of the diatom types of F. Hustedt, 3 Volumes. J. Kramer. Berlin.
- Siqueiros-Beltrones, D. A. 2002. *Diatomeas bentónicas de la península de Baja California; diversidad y potencial ecológico*. Oceánides-CICIMAR-IPN-UABCS. México. 102 p.

- Siqueiros-Beltrones, D. A. & H. Morzaria-Luna. 1999. New records of marine benthic diatoms for the north-western Mexican region. *Oceánides*, 14(2):89-95.
- Siqueiros-Beltrones, D. A. & E. Sánchez-Castrejón. 1999. Association structure of benthic diatoms from a mangrove environment in a Mexican subtropical lagoon. *Biotropica*, 31:48-70.
- Siqueiros-Beltrones, D. A., S. E. Ibarra-Obando & M. Poumian-Tapia, 1991. Composición y estructura de las asociaciones 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 & I. Gárate-Lizárraga. 2005. Association structure of epiphytic diatoms on prop roots of *Rhizophora mangle* (L.) from the Mexican NW Pacific. *Pacific Science*, 59(1):79-96.
- Siqueiros-Beltrones, D. & F. O. López-Fuerte. 2006. Benthic diatoms associated to red mangrove (*Rhizophora mangle* L.) prop roots in Bahía Magdalena, B.C.S, México. *Biología Tropical*, 54 (1):287-297.
- Snedecor, G. W & Cochran, W. G. 1967. *Statistical methods*. 6th (Ed.). The State University Press, Ames Iowa, USA, 593 p.
- Smol, J. & Cumming, B. 2000. Tracking long-term changes in climate using algal indicators in lake sediments. *Journal of Phycology*, 36:986-1011.
- Soininen, J. 2003. Heterogeneity of benthic diatom communities in different spatial scales and current velocities in a turbid river. *Archive of Hydrobiology*, 156:551-564.
- Soininen, J. 2004: Determinants of benthic diatom community structure in boreal streams: the role of environmental and spatial factors at different scales. *International Review, Ges. Hidrobiología*, 89:139-150.
- Spaulding, S. & D. M. Mc Knight. 1999. Diatoms indicators of environmental change in Antarctic freshwaters, 245-263, En: E. F Stoermer & J. P. Smol (Eds.). *The Diatoms: applications for the environmental and earth sciences*. Cambridge University Press, Cambridge. 469 p.
- Stat Soft, Inc. 2007. STATISTICA (data analysis software system), versión 8.0. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).

- Stephenson, W. & S. D. Cook. 1980. Elimination of species before cluster analysis. *Australian Journal of Ecology*, 5:263-273.
- Stevenson, R. J. & Y. Pan. 1999. Assessing environmental conditions in rivers and streams with diatoms, 11-40, En: Stoermer, E. F. & J. P. Smol (Eds.). *The Diatoms: applications for the environmental and earth sciences*, 11-40 p. Cambridge: Cambridge University Press. 469 p.
- 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. 1976. Long-term effects of manipulating light intensity and nutrient enrichment on the structure of a salt marsh diatom community. *Journal of Phycology*, 12:205-210.
- 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, en: R. Ross (Ed.). *Proc. Sixth Symp. Living & Fossil Diatoms, Budapest, 1980*. Koetz Sci. Pub, Koenigstein.
- Sullivan, M. J. 1982. Distribution of edaphic diatoms in a Mississippi salt marsh: a canonical correlation analysis. *Journal of Phycology*, 18:130-133.
- Tavera-Sierra, R. & J. González-González. 1990. Caracterización ficoflorística de los paredones de la Sierra de Juárez, Oaxaca. Importancia de las formas de crecimiento algales en la tipificación de un ambiente. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 50:121-133.
- Tavera, R., J. Elster, & P. Marvan. 1994. Diatoms from Papaloapan basin communities, Mexico. *Archiv für Hydrobiologie Suppl. Algological Studies*, 74: 35-65.

- Toro, J., J. Schuster, J. Kurosawa, E. Araya & M. Contreras. 2003. *Diagnóstico de la calidad del agua en sistemas lóticos utilizando diatomeas y macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores río Maipo (Santiago: Chile)*. Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica. XVI Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica. 11 p.
- Valadéz, F., J. Carmona & E. A. Cantoral. 1996. Algas de ambientes lóticos en el Estado de Morelos, México. *Anales Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botanica*, 67(12):227-282.
- Van Dam, H. 1982. On the use of measures of structure and diversity in applied diatom ecology. *Nova hewigia*, 73:97-115.
- Van Heurck, H. 1880-1885. *Synopsis des Diatomées de Belgique. Texte et Atlas*. H. Van Heurck, Anvers. 235 p.
- Velásquez, M. 2007. *Uso de diatomeas para la evaluación del agua del río Turbio, afluente del río Lerma, México*. Tesis de Maestría en Geociencias y Planificación del Territorio, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Vilbaste, S. 2003. Periphyton as a tool to classify ecological status of inland waters, 75-81, En: Ain Lääne & Pertti Heinonen (Eds.). *Sampling. Presentations of three training seminars about Quality Assurance (QA), Biological methods of Water Framework Directive and Waste water sampling techniques*.
- Washington, H. G. 1984. Diversity, biotic, and similarity indices. *Water Research*, 18(6):653-694.
- Wetzel, R. G. 1983. Recommendations for future research on periphyton, 339-346, En: Wetzel, R. G. (Ed.). *Periphyton of Freshwater Ecosystems*. Junk Publishers, The Hague, Netherlands.
- Witkowski, A., H. Lange-Bertalot & D. Metzeltin. 2000. Diatom Flora of Marine Coasts. Vol I. En: H. Lange-Bertalot (Ed.). *Iconographia Diatomologica*. Annotated Diatom Monographs 7, 925 p, Koeltz Scientific Books, Königstein.
- Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21:213-251.

- Wu, J. T. 1999. A generic index of diatom assemblages as bioindicator of pollution in the Keelung River of Taiwan. *Hydrobiologia*, 397:79-87.

## **Apéndice I.** Descripción de los oasis estudiados.

### **Grupo 1. San Ignacio**

El Oasis de San Ignacio (27° 10' 30.2" N, 112° 52' 2.8" O, elevación 125 msnm) (Fig. 19), se localiza en la zona montañosa de la Sierra de San Francisco. En temporada de lluvias, el agua corre a través del cauce del "río" San Ignacio alimentando al oasis del mismo nombre y desemboca a unos 20 km en la laguna costera de San Ignacio en el océano Pacífico (Arriaga *et al.*, 2000). El cuerpo de agua del oasis se encuentra dividido en dos partes por la vía de acceso al poblado de San Ignacio. Las profundidades son variables, desde unos centímetros en las márgenes del ojo de agua, con un sustrato compuesto por canto rodado (pedregoso) y fango, hasta profundidades de varios metros en el centro y a lo largo del oasis. Clima extremo, muy seco semicálido con lluvias en invierno. Temperatura media anual de 18-24°C. Precipitación total anual menor de 100 mm.



Figura 19. Detalle del manantial en el Oasis de San Ignacio, B.C.S.

## Grupo 2. Santa Águeda

El arroyo Santa Águeda (27° 15' 30" N, 112°20'25" O, elevación 220 msnm) (Fig. 20) se localiza entre los poblados de Santa Rosalía y Mulegé, se accede a la localidad por un camino de terracería de 13 km. El arroyo presenta cuerpos de agua abundante, lecho del arroyo pedregoso y con pozas pequeñas con profundidades menores a 1.5 m con transparencia total, abundantes algas en zonas estancadas, así como algunos caracoles e insectos. Tiene una longitud aproximada de 1 km con abundante vegetación. El oasis de Santa Águeda fue desecado básicamente por un uso excesivo y sobreexplotación del agua superficial debido al uso del agua para actividades de la mina El Boleo en Santa Rosalía, de 1885 a 1954. Después de la sobreexplotación se sostuvo por algún tiempo únicamente por el manto freático, sin embargo, en la actualidad se nota una recuperación del manantial superficial. La temperatura media anual oscila entre 18° y 22°C; el régimen de lluvias comprende los meses de julio a octubre, correspondiéndole la mayor parte de la precipitación pluvial y la mínima a los meses de diciembre y febrero respectivamente.



Figura 20. Oasis de Santa Águeda

### Grupo 3. San Luis Gonzaga

San Luis Gonzaga (24° 54' 24" N, 111° 17' 16" O) (Fig. 21) se localiza a 40 km de la carretera estatal La Paz-Cd. Constitución, a la altura del poblado Villa Morelos. El arroyo corre a un costado del poblado formando pequeñas pozas sobre sustrato arenoso en su mayoría y muy poco rocoso. Parte del cauce el agua es retenida y encausada por una construcción a manera de muro y canal respectivamente. El clima general es muy árido, semicálido, y con temperaturas que oscilan entre 18° C y 22° C. Lluvias de verano del 5% al 10.2% anual. La precipitación total anual llega hasta 300 mm.



Figura 21. San Luis Gonzaga.

### Grupo 4. San Bartolo

El oasis de San Bartolo (23° 44' 09" N y 109° 50' 37" O) se encuentra en el lecho del arroyo del mismo nombre, en una cañada formada por sierras de pendientes abruptas, esta bordeado por un palmar de *Washingtonia robusta*. En la ladera sur de la cañada se encuentra un acuífero que alcanza la superficie en un pequeño manantial (Fig. 22); el agua que nace del manantial corre permanentemente por el lecho del arroyo hasta alcanzar el manto freático que proporciona la humedad para el

mantenimiento del palmar (Fig. 23). El agua del manantial es insuficiente para cubrir las necesidades de la población, por lo que el agua para uso doméstico y riego se extrae por bombeo del manto subterráneo. Clima templado subhúmedo con lluvias en verano e invierno. Temperatura media anual de 14-26°C. Precipitación total anual de 100-700 mm.



Figura 22. Manantial en el oasis de San Bartolo, B.C.S.



Figura 23. Arroyo en el oasis de San Bartolo, B.C.S.

### **Grupo 5. Agua Caliente (Santiago)**

El oasis de Agua Caliente ( $23^{\circ} 32' 54''$  N,  $109^{\circ} 58' 13''$  O) cuenta con una superficie de  $1.47 \text{ km}^2$ , se encuentra en una zona de mesetas de disección, formadas a partir de antiguos depósitos de material arenoso provenientes de la Sierra de La Laguna y se mantiene por los arroyos Agua Caliente y San Jorge (Díaz & Troyo, 1997). Precipitación de 5 a 10 mm. Se accede por medio de un camino de terracería de 5 km aproximadamente, pasando la localidad que lleva el mismo nombre que el oasis. El agua es retenida por un dique de unos 10 m de largo por 4 m de alto que forma una poza de unos dos metros de profundidad (Fig. 24).



Figura 24. Dique en el oasis de Agua Caliente, B.C.S.

El arroyo presenta un sustrato pedregoso en su mayoría con arena en algunas pozas, la vegetación es escasa. El resto del arroyo es de profundidades bajas ( $\pm 20$  cm) y se filtra hasta desaparecer por el subsuelo a unos 100 m de la barrera (Fig. 25). Clima templado subhúmedo con lluvias en verano e invierno, semiseco semicálido, seco semicálido, muy seco muy cálido y seco muy cálido con lluvias en verano. Temperatura media anual de 14-26°C.



Figura 25. Agua Caliente (Arroyo).

### **Grupo 6. Todos Santos**

El oasis de Todos Santos ( $23^{\circ} 27' 53''$  N,  $110^{\circ} 12' 54''$  O) (Fig. 26), localizado en la desembocadura del arroyo el Refugio hacia el océano Pacífico, tiene una superficie de  $0.39 \text{ km}^2$  y se encuentra a una elevación de 40 msnm. Presenta un clima BWh' (h)w(x')(e); árido, semicálido, con lluvias de verano; porcentaje de lluvia invernal mayor de 10.2 mm, extremo. Por la falta de agua en la cuenca La Muela y por la gran cantidad de agua que ofrece la cuenca de Todos Santos en sus manantiales, es evidente que la mayor parte del agua que se recarga en la cuenca El Grande alimenta a los manantiales de Todos Santos. La forma más utilizada de preservar los

oasis es el bombeo de agua a la superficie, de esta manera, se puede conservar la vegetación. Actualmente el oasis de Todos Santos se preserva por este método y están aumentando la extracción para su uso en la agricultura.



Figura 26. Todos Santos.

**Apéndice II.** Elenco florístico de diatomeas bentónicas en los seis oasis de B.C.S.,  
muestreados.

Clase: BACILLARIOPHYCEAE

Orden: Achnanthes

Familia: Achnanthaceae

Género: *Achnanthes*

1. *Achnanthes inflatagrandis* Metzeltin, H. Lange-Bertalot & García-Rodríguez

Familia: Achnanthidiaceae

Género: *Achnanthidium*

2. *Achnanthidium exiguum* (A. Grunow) D. B. Czarnecki

3. *Achnanthidium minutissimum* (F. T. Kützing) D. B. Czarnecki

Género: *Planothidium*

4. *Planothidium frequentissimum* (H. Lange-Bertalot) F. E. Round L. Bukhtiyarova

5. *Planothidium lanceolatum* (A. de Brébisson ex F. T. Kützing) H. Lange-Bertalot

Género: *Psammothidium*

6. *Psammothidium lauenburgianum* (F. Hustedt) L. Bukhtiyarova & F. E. Round

Familia: Cocconeidaceae

Género: *Anorthoneis*

7. *Anorthoneis dulcis* M. K. Hein

Género: *Cocconeis*

8. *Cocconeis dirupta* W. Gregory

9. *Cocconeis placentula* C. G. Ehrenberg var. *placentula*

10. *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (C. G. Ehrenberg) A. Grunow

11. *Cocconeis placentula* var. *lineata* (C. G. Ehrenberg) H. van Heurck

Orden: Bacillariales

Familia: Bacillariaceae

Género: *Bacillaria*

12. *Bacillaria paradoxa* J. F. Gmelin

Género: *Denticula*

13. *Denticula kuetzingii* A. Grunow

14. *Denticula valida* (Pedicino) A. Grunow in H. van Heurck

Género: *Hantzschia*

**Apéndice II.** Continuación.

15. *Hantzschia amphioxys* (C. G. Ehrenberg) A. Grunow in P. T. Cleve & A. Grunow

Género: *Nitzschia*

16. *Nitzschia amphibia* A. Grunow

17. *Nitzschia amphibia* f. *frauenfeldii* (A. Grunow) H. Lange-Bertalot

18. *Nitzschia amphibioides* F. Hustedt

19. *Nitzschia calida* A. Grunow

20. *Nitzschia clausii* C. A. Hantzsch

21. *Nitzschia communis* L. Rabenhorst

22. *Nitzschia constricta* (F. T. Kützing) J. Ralfs in A. Pritchard

23. *Nitzschia debilis* (G. A. W. Arnott) A. Grunow in P. T. Cleve & A. Grunow

25. *Nitzschia dissipata* (F. T. Kützing) A. Grunow

26. *Nitzschia filiformis* (W. Smith) F. Hustedt

27. *Nitzschia fructicosa* F. Hustedt

28. *Nitzschia frustulum* (F. T. Kützing) A. Grunow in P. T. Cleve & A. Grunow

29. *Nitzschia fusiformis* A. Grunow

30. *Nitzschia hungarica* A. Grunow

31. *Nitzschia levidensis* (W. Smith) A. Grunow in H. van Heurck

32. *Nitzschia linearis* (C. A. Agardh) W. Smith

33. *Nitzschia microcephala* A. Grunow in P. T. Cleve & J. D. Möller

34. *Nitzschia palea* (F. T. Kützing) W. Smith

35. *Nitzschia pumila* F. Hustedt

36. *Nitzschia sigma* (F. T. Kützing) W. Smith

37. *Nitzschia sigmoidea* (Nitzsch) W. Smith

38. *Nitzschia sinuata* var. *delognei* (A. Grunow) H. Lange-Bertalot

39. *Nitzschia vildaryana* U. Rumrich & H. Lange-Bertalot

Género: *Tryblionella*

40. *Tryblionella apiculata* W. Gregory

41. *Tryblionella compressa* (J.W. Bailey) M. Poulin

**Apéndice II.** Continuación.

Orden: Cymbellales

Familia: Anomoeoneidaceae

Género: *Anomoeoneis*

42. *Anomoeoneis sphaerophora* E. Pfitzer

Familia: Cymbellaceae

Género: *Cymbella*

43. *Cymbella cymbiformis* C. A. Agardh

44. *Cymbella hustedtii* Krasske

45. *Cymbella hustedtii* f. *stigmata* P. Compère

46. *Cymbella kolbei* F. Hustedt

47. *Cymbella mexicana* (C. G. Ehrenberg) P. T. Cleve

48. *Cymbella minuta* Hilse in Rabenhorst

Género: *Cymbopleura*

49. *Cymbopleura angustata* (W. Smith) Krammer

Género: *Navicella*

50. *Navicella pusilla* (Grunow) Krammer

Género: *Encyonema*

51. *Encyonema minutum* (Hilse in Rabenhorst) D. G. Mann in F. E. Round, R. M. Crawford & D. G. Mann

52. *Encyonema neogracile* Krammer

53. *Encyonema* sp.

Género: *Encyonopsis*

54. *Encyonopsis microcephala* (A. Grunow) K. Krammer

Género: *Placoneis*

55. *Placoneis gracilis* f. *minor* (Manguin) H. Lange-Bertalot

56. *Placoneis elginensis* (Gregory) E. J. Cox

Familia: Gomphonemataceae

Género: *Gomphonema*

57. *Gomphonema affine* F. T. Kützing

58. *Gomphonema bourbonense* E. Reichardt

**Apéndice II.** Continuación.

59. *Gomphonema clavatum* C. G. Ehrenberg

60. *Gomphonema gracile* C. G. Ehrenberg

61. *Gomphonema mexicanum* A. Grunow

62. *Gomphonema minutum* (C. A. Agardh) C. A. Agardh

63. *Gomphonema parvulum* (F. T. Kützing) F. T. Kützing

64. *Gomphonema parvulum* var. *exilissimum* A. Grunow

65. *Gomphonema pumilum* (A. Grunow) E. Reichardt & H. Lange-Bertalot.

Género: *Gomphoneis*

66. *Gomphoneis clevei* (Fricke) Gil

Familia: Rhoicospheniaceae

Género: *Gomphosphenia*

67. *Gomphosphenia oahuensis* (F. Hustedt) H. Lange-Bertalot

Orden: Eunotiales

Familia: Eunotiaceae

Género: *Eunotia*

68. *Eunotia minor* (F. T. Kützing) A. Grunow

69. *Eunotia praerupta* C. G. Ehrenberg

Orden: Mastogloiales

Familia: Mastogloiaceae

Género: *Mastogloia*

70. *Mastogloia elliptica* (C. A. Agardh) P. T. Cleve in A. Schmidt

Orden: Naviculales

Familia: Berkeleyaceae

Género: *Parlibellus*

71. *Parlibellus protractoides* (F. Hustedt) A. Witkowski

Familia: Diadesmidaceae

Género: *Diadesmis*

72. *Diadesmis confervacea* F. T. Kützing

**Apéndice II.** Continuación.

Familia: Diploneidaceae

Género: *Diploneis*

73. *Diploneis decipens* var. *parallela* A. Cleve-Euler

74. *Diploneis elliptica* (F. T. Kützing) P. T. Cleve

75. *Diploneis oblongella* (Nägeli in F. T. Kützing) A. Cleve-Euler

76. *Diploneis pseudovalis* F. Hustedt

77. *Diploneis suborbicularis* (W. Gregory) P. T. Cleve

78. *Diploneis subovalis* P. T. Cleve

Familia: Naviculaceae

Género: *Astartiella*

79. *Astartiella bahusiensis* (A. Grunow) A. Witkowski, H. Lange-Bertalot & D. Metzeltin

Género: *Caloneis*

80. *Caloneis bacillum* (A. Grunow) P. T. Cleve

Género: *Eolimna*

81. *Eolimna subminuscula* (E. E. Manguin) G. Moser, H. Lange-Bertalot & D. Metzeltin

Género: *Mayamaea*

82. *Mayamaea atomus* (Kützing) H. Lange-Bertalot

Género: *Navicula*

83. *Navicula aquaedurue* H. Lange-Bertalot

84. *Navicula brasiliiana* (P. T. Cleve) P. T. Cleve

85. *Navicula cryptotenella* H. Lange-Bertalot in K. Krammer & H. Lange-Bertalot

86. *Navicula cryptotenelloides* H. Lange-Bertalot

87. *Navicula gregaria* A. S. Donkin

88. *Navicula incarum* U. Rumrich & H. Lange-Bertalot

89. *Navicula kotschyi* A. Grunow

90. *Navicula longicephala* var. *longicephala* F. Hustedt

91. *Navicula menisculus* Schumann

92. *Navicula minima* A. Grunow

**Apéndice II.** Continuación.

- 93. *Navicula molestiformis* F. Hustedt
- 94. *Navicula namibica* H. Lange-Bertalot
- 95. *Navicula permitis* F. Hustedt
- 96. *Navicula recens* H. Lange-Bertalot
- 97. *Navicula rostellata* F. T. Kützing
- 98. *Navicula saprophila* H. Lange-Bertalot & Bonik
- 99. *Navicula subminuscula* E. E. Manguin
- 100. *Navicula tenelloides* F. Hustedt
- 101. *Navicula veneta* F. T. Kützing

Género: *Nupela*

- 102. *Nupela lesothensis* (F. R. Schoeman) H. Lange-Bertalot

Familia: Neidiaceae

Género: *Neidium*

- 103. *Neidium catarinense* (G. Krasske) H. Lange-Bertalot

Familia: Pinnulariaceae

Género: *Pinnularia*

- 104. *Pinnularia gibba* C. G. Ehrenberg
- 105. *Pinnularia interrupta* var. *joculata* E. E. Manguin
- 106. *Pinnularia joculata* (E. E. Manguin) K. Krammer
- 107. *Pinnularia neomajor* K. Krammer
- 108. *Pinnularia stomatophora* (A. Grunow) P. T. Cleve
- 109. *Pinnularia viridiformis* K. Krammer

Familia: Sellaphoracea

Género: *Fallacia*

- 110. *Fallacia pygmea* (F. T. Kützing) A. J. Stickle & D. G. Mann

Género: *Sellaphora*

- 111. *Sellaphora pupula* (F. T. Kützing) C. Mereschkowsky
- 112. *Sellaphora seminulum* (A. Grunow) D. G. Mann

**Apéndice II.** Continuación.

Familia: Stauroneidaceae

Género: *Craticula*

113. *Craticula ambigua* (C. G. Ehrenberg) D. G. Mann in F. E. Round, R. M. Crawford & D. G. Mann.

114. *Craticula cuspidata* (Kützing) D.G.Mann

Familia: Pleurosignataceae

Género: *Gyrosigma*

115. *Gyrosigma spencerii* (J. W. Bailey ex Quekett) J. W. Griffith & A. Henfrey

Orden: Rhopalodiales

Familia: Rhopalodiaceae

Género: *Epithemia*

116. *Epithemia adnata* (F. T. Kützing) A. de Brébisson

117. *Epithemia turgida* (C. G. Ehrenberg) F. T. Kützing

Género: *Rhopalodia*

118. *Rhopalodia acuminata* K. Krammer

119. *Rhopalodia gibba* (C. G. Ehrenberg) G. F. O. Müller

120. *Rhopalodia gibba* var. *parallela* (Grunow) H.Peragallo & M.Peragallo

121. *Rhopalodia gibba* var. *ventricosa* (F. T. Kützing) H. Peragallo & M. Peragallo

122. *Rhopalodia gibberula* (C. G. Ehrenberg) G. F. O. Müller

123. *Rhopalodia musculus* (F. T. Kützing) G. F. O. Müller

124. *Rhopalodia sterrenburgii* Krammer

Orden: Surirellales

Familia: Surirellaceae

Género: *Surirella*

125. *Surirella brebissonii* K. Krammer & H. Lange-Bertalot

126. *Surirella ovalis* A. de Brébisson

Orden: Thalassiophysales

Familia: Catenulaceae

Género: *Amphora*

127. *Amphora acutiuscula* F. T. Kützing

**Apéndice II.** Continuación.

128. *Amphora arenicola* A. Grunow in P. T. Cleve

129. *Amphora copulata* (F. T. Kützing) F. R. Schoeman & R.E.M. Archibald

130. *Amphora costata* W. Smith

131. *Amphora lybica* C. G. Ehrenberg

132. *Amphora pediculus* (F. T. Kützing) A. Grunow ex A. Schmidt

133. *Amphora pseudoholsatica* T. Naguno & H. Kobayasi

Orden: Aulacoseirales

Familia: Aulacoseiraceae

Género: *Aulacoseira*

134. *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* (O. F. Müller) R. Simonsen

Clase: COSCINODISCOPHYCEAE

Orden: Biddulphiales

Familia: Biddulphiaceae

Género: *Terpsinoë*

135. *Terpsinoë musica* C. G. Ehrenberg

Orden: Thalassiosirales

Familia: Thalassiosiraceae

Género: *Thalassiosira*

136. *Thalassiosira decipiens* (Grunow) Jørgensen E. G.

Familia: Stephanodiscaceae

Género: *Cyclotella*

137. *Cyclotella atomus* Hustedt, 1937

138. *Cyclotella meneghiniana* F. T. Kützing

139. *Cyclotella pseudostelligera* Hustedt

140. *Cyclotella stelligera* P. T. Cleve & Grunow in van Heurck

Género: *Stephanodiscus*

141. *Stephanodiscus minutulus* (F. T. Kützing) P. T. Cleve & Möller

Orden: Triceratiales

Familia: Triceratiaceae

Género: *Pleurosira*

142. *Pleurosira laevis* (C. G. Ehrenberg) P. Compère

**Apéndice II.** Continuación.

Orden: Paraliales

Familia: Paraliaceae

Género: *Paralia*

143. *Paralia sulcata* (C. G. Ehrenberg) P. T. Cleve

Clase: FRAGILARIOPHYCEAE

Orden: Fragilariales

Familia: Fragilariaceae

Género: *Fragilaria*

144. *Fragilaria brevistriata* var. *inflata* (J. Pantocsek) Hustedt

145. *Fragilaria fasciculata* (C. A. Agardh) H. Lange-Bertalot

146. *Fragilaria ulna* var. *acus* (F. T. Kützing) H. Lange-Bertalot

Género: *Opephora*

147. *Opephora krumbeinii* A. Witkowski, Witak & K. Stachura

148. *Opephora pacifica* (A. Grunow) P. Petit

Género: *Pseudostaurosira*

149. *Pseudostaurosira brevistriata* var. *inflata* (J. Pantocsek) B. Hartley, H. G. Barber,  
J. R. Carter & P. A. Sims

Género: *Synedra*

150. *Synedra acus* var. *angustissima* (A. Grunow) H. van Heurck

Género: *Ulnaria*

151. *Ulnaria ulna* (Nitzsch) P. Compère

152. *Ulnaria* sp.

**Apéndice III.** Abundancia total (AT), abundancia relativa (AR), abundancia relativa acumulada (ARA), frecuencia total (FT), frecuencia relativa (FR), frecuencia relativa acumulada (FRAC), de los taxones de diatomeas bentónicas que se cuantificaron en las muestras de los oasis de B. C. S., estudiados.

<b>Especie</b>	<b>AT</b>	<b>AR</b>	<b>ARA</b>	<b>FT</b>	<b>FR</b>	<b>FRAC</b>
1. <i>Denticula kuetzingii</i>	18402	36.969	36.97	84	4.61	4.61
2. <i>Achnantheidium minutissimum</i>	6522	13.102	50.07	90	4.93	9.54
3. <i>Nitzschia amphibia</i>	3170	6.368	56.44	65	3.56	13.10
4. <i>Achnantheidium exiguum</i>	3034	6.095	62.53	92	5.04	18.15
5. <i>Gomphonema pumilum</i>	1293	2.598	65.13	13	0.71	18.86
6. <i>Gomphonema parvulum</i>	1289	2.590	67.72	83	4.55	23.41
7. <i>Denticula valida</i>	1211	2.433	70.15	37	2.03	25.44
8. <i>Nitzschia palea</i>	797	1.601	71.76	61	3.34	28.78
9. <i>Amphora acutiuscula</i>	736	1.479	73.23	71	3.89	32.68
10. <i>Ulnaria</i> sp.	713	1.432	74.67	5	0.27	32.95
11. <i>Planothidium frequentissimum</i>	697	1.400	76.07	35	1.92	34.87
12. <i>Sellaphora pupula</i>	584	1.173	77.24	25	1.37	36.24
13. <i>Pleurosira laevis</i>	567	1.139	78.38	15	0.82	37.06
14. <i>Gomphonema affine</i>	562	1.129	79.51	64	3.51	40.57
15. <i>Gomphonema</i> sp.	529	1.063	80.57	3	0.16	40.73
16. <i>Caloneis bacillum</i>	521	1.047	81.62	44	2.41	43.15
17. <i>Nitzschia amphibia</i> f. <i>frauenfeldii</i>	487	0.978	82.60	59	3.23	46.38
18. <i>Ulnaria ulna</i>	487	0.978	83.57	41	2.25	48.63
19. <i>Navicula namibica</i>	484	0.972	84.55	14	0.77	49.40
20. <i>Nitzschia microcephala</i>	473	0.950	85.50	26	1.43	50.82
21. <i>Nitzschia amphibioides</i>	451	0.906	86.40	38	2.08	52.91
22. <i>Encyonema</i> sp.	422	0.848	87.25	17	0.93	53.84
23. <i>Encyonopsis microcephala</i>	348	0.699	87.95	23	1.26	55.10
24. <i>Planothidium lanceolatum</i>	342	0.687	88.64	20	1.10	56.20
25. <i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	314	0.631	89.27	4	0.22	56.41
26. <i>Gomphonema minutum</i>	286	0.575	89.84	2	0.11	56.52
27. <i>Navicula subminuscula</i>	245	0.492	90.33	12	0.66	57.18
28. <i>Encyonema neogracile</i>	242	0.486	90.82	2	0.11	57.29
29. <i>Cocconeis placentula</i> var. <i>placentula</i>	228	0.458	91.28	25	1.37	58.66
30. <i>Nitzschia frustulum</i>	227	0.456	91.74	32	1.75	60.42
31. <i>Opephora krumbeinii</i>	218	0.438	92.17	26	1.43	61.84
32. <i>Cyclotella pseudostelligera</i>	214	0.430	92.60	12	0.66	62.50
33. <i>Neidium catarinense</i>	203	0.408	93.01	3	0.16	62.66
34. <i>Cymbella</i> sp. 1	198	0.398	93.41	20	1.10	63.76
35. <i>Nupela</i> cf. <i>lesothensis</i>	192	0.386	93.79	2	0.11	63.87
36. <i>Cymbella hustedtii</i> f. <i>stigmata</i>	188	0.378	94.17	18	0.99	64.86

**Apéndice III. Continuación**

<b>Especie</b>	<b>AT</b>	<b>AR</b>	<b>ARA</b>	<b>FT</b>	<b>FR</b>	<b>FRAC</b>
37. <i>Nitzschia debilis</i>	180	0.362	94.53	6	0.33	65.19
38. <i>Anorthoneis dulcis</i>	167	0.335	94.87	11	0.60	65.79
39. <i>Epithemia turgida</i>	160	0.321	95.53	8	0.44	67.32
40. <i>Cymbella hustedtii</i>	157	0.315	95.84	28	1.54	68.86
41. <i>Fragilaria ulna</i> var. <i>acus</i>	124	0.249	96.09	29	1.59	70.45
42. <i>Navicula aquaedurue</i>	114	0.229	96.32	28	1.54	71.98
43. <i>Amphora copulata</i>	111	0.223	96.54	19	1.04	73.03
44. <i>Fragilaria brevistriata</i> var. <i>inflata</i>	105	0.211	96.75	19	1.04	74.07
45. <i>Cyclotella atomus</i>	96	0.193	96.95	23	1.26	75.33
46. <i>Epithemia adnata</i>	91	0.183	97.13	8	0.44	75.77
47. <i>Amphora libyca</i>	71	0.143	97.27	4	0.22	75.99
48. <i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	69	0.139	97.41	8	0.44	76.43
49. <i>Nitzschia fruticosa</i>	68	0.137	97.55	13	0.71	77.14
50. <i>Cymbella kolbei</i>	57	0.115	97.66	5	0.27	77.41
51. <i>Amphora pediculus</i>	52	0.104	97.77	9	0.49	77.91
52. <i>Eolimna subminiscula</i> cf.	49	0.098	97.86	5	0.27	78.18
53. <i>Diploneis subovalis</i>	48	0.096	97.96	18	0.99	79.17
54. <i>Navicula rostellata</i>	48	0.096	98.06	17	0.93	80.10
55. <i>Navicymbula pusilla</i>	48	0.096	98.15	15	0.82	80.92
56. <i>Bacillaria paradoxa</i>	46	0.092	98.25	19	1.04	81.96
57. <i>Gomphosphenia oahuensis</i>	41	0.082	98.33	12	0.66	82.62
58. <i>Nitzschia linearis</i>	40	0.080	98.41	21	1.15	83.77
59. <i>Rhopalodia gibba</i>	39	0.078	98.49	8	0.44	84.21
60. <i>Rhopalodia gibberula</i>	39	0.078	98.57	20	1.10	85.31
61. <i>Cyclotella meneghiniana</i>	36	0.072	98.64	8	0.44	85.75
62. <i>Navicula molestiformis</i>	35	0.070	98.71	8	0.44	86.18
63. <i>Nitzschia communis</i>	34	0.068	98.78	2	0.11	86.29
64. <i>Navicula recens</i>	33	0.066	98.84	12	0.66	86.95
65. <i>Nitzschia dissipata</i>	31	0.062	98.91	12	0.66	87.61
66. <i>Eunotia minor</i>	30	0.060	98.97	4	0.22	87.83
67. <i>Psammothidium lauenburgianum</i>	30	0.060	99.03	4	0.22	88.05
68. <i>Navicula saprophila</i>	27	0.054	99.08	1	0.05	88.10
69. <i>Diademsis confervacea</i>	25	0.050	99.13	12	0.66	88.76
70. <i>Craticula ambigua</i>	23	0.046	99.18	16	0.88	89.64
71. <i>Navicula brasiliana</i>	20	0.040	99.22	5	0.27	89.91
72. <i>Rhopalodia gibba</i> var. <i>ventricosa</i>	20	0.040	99.26	4	0.22	90.13
73. <i>Pseudostaurosira brevistriata</i> var. <i>inflata</i>	19	0.038	99.29	7	0.38	90.52
74. <i>Eunotia praerupta</i>	17	0.034	99.33	7	0.38	90.90
75. <i>Mayamaea atomus</i>	17	0.034	99.36	2	0.11	91.01
76. <i>Nitzschia sigmoidea</i>	17	0.034	99.40	3	0.16	91.17
77. <i>Navicula cryptotenella</i>	15	0.030	99.43	5	0.27	91.45

Apéndice III. Continuación

Especie	AT	AR	ARA	FT	FR	FRAC
78. <i>Pinnularia interrupta</i> var. <i>joculata</i>	15	0.030	99.46	4	0.22	91.67
79. <i>Gomphonema bourbonense</i>	13	0.026	99.48	3	0.16	91.83
80. <i>Cocconeis placentula</i> var. <i>placentula</i>	12	0.024	99.51	5	0.27	92.11
81. <i>Navicula gregaria</i>	12	0.024	99.53	2	0.11	92.21
82. <i>Tryblionella compressa</i>	12	0.024	99.56	6	0.33	92.54
83. <i>Navicula veneta</i>	10	0.020	99.58	1	0.05	92.60
84. <i>Nitzschia sinuata</i> var. <i>delognei</i>	10	0.020	99.60	6	0.33	92.93
85. <i>Anomoeoneis sphaerophora</i>	9	0.018	99.61	3	0.16	93.09
86. <i>Nitzschia sigma</i>	9	0.018	99.63	2	0.11	93.20
87. <i>Stephanodiscus minutulus</i>	9	0.018	99.65	6	0.33	93.53
88. <i>Cymbopleura angustata</i>	8	0.016	99.67	1	0.05	93.59
89. <i>Nitzschia constricta</i>	8	0.016	99.68	5	0.27	93.86
90. <i>Synedra acus</i> var. <i>angustissima</i>	8	0.016	99.70	3	0.16	94.02
91. <i>Diploneis elliptica</i>	7	0.014	99.71	4	0.22	94.24
92. <i>Placoneis gracilis</i> f. <i>minor</i>	7	0.014	99.73	4	0.22	94.46
93. <i>Achnanthes inflatigrandis</i>	6	0.012	99.74	5	0.27	94.74
94. <i>Pinnularia neomajor</i>	6	0.012	99.75	5	0.27	95.01
95. <i>Tryblionella apiculata</i>	6	0.012	99.76	1	0.05	95.07
96. <i>Cymbella cymbiformis</i>	5	0.010	99.77	5	0.27	95.34
97. <i>Diploneis pseudovalis</i>	5	0.010	99.78	4	0.22	95.56
98. <i>Gomphoneis clevei</i>	5	0.010	99.79	1	0.05	95.61
99. <i>Gomphonema mexicanum</i>	5	0.010	99.80	1	0.05	95.67
100. <i>Hantzschia amphioxys</i>	5	0.010	99.81	3	0.16	95.83
101. <i>Navicula cryptotenelloides</i>	5	0.010	99.82	3	0.16	96.00
102. <i>Parlibellus protractoides</i> cf.	5	0.010	99.83	2	0.11	96.11
103. <i>Amphora pseudoholsatica</i>	4	0.008	99.84	2	0.11	96.22
104. <i>Astartiella bahusiensis</i>	4	0.008	99.85	3	0.16	96.38
105. <i>Gomphonema gracile</i>	4	0.008	99.86	3	0.16	96.55
106. <i>Navicula minima</i>	4	0.008	99.87	3	0.16	96.71
107. <i>Diploneis oblongella</i>	3	0.006	99.87	3	0.16	96.88
108. <i>Navicula menisculus</i>	3	0.006	99.88	2	0.11	96.98
109. <i>Navicula tenelloides</i>	3	0.006	99.88	2	0.11	97.09
110. <i>Nitzschia filiformis</i>	3	0.006	99.89	2	0.11	97.20
111. <i>Pinnularia gibba</i>	3	0.006	99.90	3	0.16	97.37
112. <i>Surirella brebissonii</i>	3	0.006	99.90	2	0.11	97.48
113. <i>Surirella ovalis</i>	3	0.006	99.91	2	0.11	97.59
114. <i>Synedra ulna</i> var. <i>danica</i>	3	0.006	99.91	3	0.16	97.75
115. <i>Terpsinoe musica</i>	3	0.006	99.92	3	0.16	97.92
116. <i>Amphora costata</i>	2	0.004	99.92	2	0.11	98.03
117. <i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	2	0.004	99.93	2	0.11	98.14
118. <i>Cymbella mexicana</i>	2	0.004	99.93	1	0.05	98.19

**Apéndice III. Continuación**

<b>Especie</b>	<b>AT</b>	<b>AR</b>	<b>ARA</b>	<b>FT</b>	<b>FR</b>	<b>FRAC</b>
119. <i>Fragilaria fasciculata</i>	2	0.004	99.94	2	0.11	98.30
120. <i>Navicula kotschy</i>	2	0.004	99.94	1	0.05	98.36
121. <i>Nitzschia pumila</i>	2	0.004	99.94	2	0.11	98.46
122. <i>Sellaphora seminulum</i>	2	0.004	99.95	1	0.05	98.52
123. <i>Amphora arenicola</i>	1	0.002	99.95	1	0.05	98.57
124. <i>Brachysira steinitziae</i>	1	0.002	99.95	2	0.11	98.68
125. <i>Cyclotella stelligera</i>	1	0.002	99.95	1	0.05	98.74
126. <i>Diploneis decipens</i> var. <i>parallela</i>	1	0.002	99.96	1	0.05	98.79
127. <i>Diploneis suborbicularis</i>	1	0.002	99.96	1	0.05	98.85
128. <i>Fallacia pygmaea</i>	1	0.002	99.96	1	0.05	98.90
129. <i>Gomphonema clavatum</i>	1	0.002	99.96	1	0.05	98.96
130. <i>Gomphonema parvulum</i> var. <i>exilissimum</i>	1	0.002	99.96	1	0.05	99.01
131. <i>Gyrosigma spencerii</i>	1	0.002	99.97	1	0.05	99.07
132. <i>Mastogloia elliptica</i>	1	0.002	99.97	1	0.05	99.12
133. <i>Navicula incarum</i> cf.	1	0.002	99.97	1	0.05	99.18
134. <i>Navicula longicephala</i> var. <i>longicephala</i>	1	0.002	99.97	1	0.05	99.23
135. <i>Nitzschia calida</i>	1	0.002	99.97	1	0.05	99.29
136. <i>Nitzschia clausii</i>	1	0.002	99.98	1	0.05	99.34
137. <i>Nitzschia fusiformis</i>	1	0.002	99.98	1	0.05	99.40
138. <i>Nitzschia hungarica</i>	1	0.002	99.98	1	0.05	99.45
139. <i>Nitzschia levidensis</i>	1	0.002	99.98	1	0.05	99.51
140. <i>Nitzschia vildaryana</i>	1	0.002	99.98	1	0.05	99.56
141. <i>Opephora pacifica</i>	1	0.002	99.99	1	0.05	99.62
142. <i>Paralia sulcata</i>	1	0.002	99.99	1	0.05	99.67
143. <i>Pinnularia stomatophora</i>	1	0.002	99.99	1	0.05	99.73
144. <i>Pinnularia viridifomis</i>	1	0.002	99.99	1	0.05	99.78
145. <i>Placoneis elginensis</i>	1	0.002	99.99	1	0.05	99.84
146. <i>Rhopalodia acuminata</i>	1	0.002	100.00	1	0.05	99.89
147. <i>Rhopalodia musculus</i>	1	0.002	100.00	1	0.05	99.95
148. <i>Thalassiosira decipiens</i>	1	0.002	100.00	1	0.05	100

**Apéndice IVa.** Cuento del mes de Julio de 2007 en el Oasis de San Ignacio. R= Roca, CR= Canto Rodado, AF= Arena Fina, AT= Abundancia Total, AR= Abundancia Relativa, FT= Frecuencia Total

Sitio	1		2	3	4	5		6	7		AT	AR	FT
Especie/Sustrato	R	CR	R	R	R	CR	AF	AF	AF	R			
<i>Achnanthes inflatigrandis</i>	0	1	3	0	1	0	0	0	0	0	5	0.04	3
<i>Achnanthidium exiguum</i>	126	79	29	57	33	51	17	646	42	76	1156	9.46	10
<i>Achnanthidium minutissimum</i>	177	45	84	39	55	29	5	44	75	32	585	4.79	10
<i>Amphora acutiuscula</i>	29	26	33	84	9	26	9	97	30	81	424	3.47	10
<i>Amphora copulata</i>	11	9	1	0	2	1	0	1	25	53	103	0.84	9
<i>Amphora pseudoholsatica</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.03	1
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.01	1
<i>Bacillaria paradoxa</i>	7	2	9	2	6	0	0	1	4	11	42	0.34	8
<i>Brachysira steinitziae</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.01	1
<i>Caloneis bacillum</i>	3	3	1	0	0	1	0	34	2	11	55	0.45	7
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>placentula</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.01	1
<i>Craticula ambigua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0.02	1
<i>Cyclotella atomus</i>	31	24	7	2	1	1	0	3	4	17	90	0.74	9
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	1	2	0	0	0	0	0	0	3	22	28	0.23	4
<i>Cyclotella pseudostelligera</i>	0	3	2	2	1	0	0	1	67	137	213	1.74	7
<i>Cymbella cymbiformis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0.02	2
<i>Cymbella hustedtii</i>	2	0	1	1	3	0	0	108	2	2	119	0.97	7
<i>Cymbella mexicana</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0.02	1
<i>Cymbella</i> sp. 1	7	2	4	3	4	0	0	0	1	2	23	0.19	7
<i>Denticula valida</i>	0	0	2	0	4	0	0	10	0	3	19	0.16	4
<i>Diadismis confervacea</i>	1	2	0	1	0	0	0	3	0	0	7	0.06	4
<i>Diploneis oblongella</i>	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3	0.02	3
<i>Diploneis suborbicularis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.01	1
<i>Diploneis subovalis</i>	1	0	0	0	0	1	1	3	0	1	7	0.06	5
<i>Encyonopsis microcephala</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	4	0.03	3
<i>Eunotia praerupta</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.02	1
<i>Fallacia pygmaea</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.01	1
<i>Fragilaria brevistriata</i> var. <i>inflata</i>	20	7	10	5	5	2	1	1	3	51	105	0.86	10
<i>Fragilaria fasciculata</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0.02	2
<i>Gomphonema affine</i>	7	1	1	6	36	8	1	3	6	5	74	0.61	10
<i>Gomphonema parvulum</i>	22	4	4	12	14	2	0	16	13	16	103	0.84	9
<i>Gomphosphenia oahuensis</i>	18	7	3	1	3	0	0	0	3	6	41	0.34	7
<i>Mastogloia elliptica</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.01	1
<i>Navicula aquaedurue</i>	3	9	16	21	11	3	0	21	2	10	96	0.79	9
<i>Navicula cryptotenelloides</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.02	1
<i>Navicula gregaria</i>	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0.09	1
<i>Navicula longicephala</i> var. <i>longicephala</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.01	1

**Apéndice IVa. Continuación**

<b>Sitio</b>	<b>1</b>		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>		<b>6</b>	<b>7</b>		<b>AT</b>	<b>AR</b>	<b>FT</b>
<b>Especie/Sustrato</b>	<b>R</b>	<b>CR</b>	<b>R</b>	<b>R</b>	<b>R</b>	<b>CR</b>	<b>AF</b>	<b>AF</b>	<b>AF</b>	<b>R</b>			
<i>Navicula namibica</i>	0	0	0	293	25	2	0	78	28	58	484	3.96	6
<i>Navicula recens</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.01	1
<i>Navicymbula pusilla</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	3	0.02	3
<i>Nitzschia amphibia</i> f. <i>frauenfeldii</i>	47	19	23	10	42	51	61	16	20	17	306	2.51	10
<i>Nitzschia amphibioides</i>	49	44	26	9	12	46	61	1	9	7	264	2.16	10
<i>Nitzschia calida</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.01	1
<i>Nitzschia clausii</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.01	1
<i>Tryblionella compressa</i>	0	0	0	1	0	8	2	0	0	1	12	0.10	4
<i>Nitzschia constricta</i>	3	0	0	0	0	0	0	2	0	3	8	0.07	3
<i>Denticula kuetzingii</i>	1349	680	720	404	719	720	810	96	638	183	6319	51.7	10
<i>Nitzschia dissipata</i>	2	0	1	1	0	2	0	0	2	3	11	0.09	6
<i>Nitzschia frustulum</i>	20	2	1	4	1	2	0	58	0	3	91	0.74	8
<i>Nitzschia levidensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.01	1
<i>Nitzschia linearis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.01	1
<i>Nitzschia microcephala</i>	2	1	0	0	0	0	0	11	0	1	15	0.12	4
<i>Nitzschia palea</i>	15	0	6	19	2	1	0	230	4	37	314	2.57	8
<i>Nitzschia sinuata</i> var. <i>delognei</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0.08	1
<i>Opephora krumbeinii</i>	13	17	1	3	0	38	44	8	15	58	197	1.61	9
<i>Opephora pacifica</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.01	1
<i>Paralia sulcata</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.01	1
<i>Pinnularia gibba</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.01	1
<i>Pinnularia neomajor</i>	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	4	0.03	2
<i>Pinnularia stomatophora</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.01	1
<i>Pinnularia viridifomis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.01	1
<i>Planothidium frequentissimum</i>	71	18	8	21	2	8	0	1	1	4	134	1.10	9
<i>Rhopalodia gibberula</i>	3	1	1	0	1	0	0	1	0	0	7	0.06	5
<i>Sellaphora pupula</i>	7	6	6	11	1	3	2	381	9	86	512	4.19	10
<i>Stephanodiscus minutulus</i>	0	0	3	1	3	2	0	0	0	0	9	0.07	4
<i>Synedra ulna</i>	1	5	4	2	4	3	0	143	1	2	165	1.35	9
<i>Synedra ulna</i> var. <i>danica</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0.02	2
<i>Terpsinoe musica</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0.02	2

**Apéndice IVb.** Conteo del mes de Enero de 2008, Oasis de San Ignacio. R= Roca, CR= Canto Rodado, AT= Abundancia Total, AR= Abundancia Relativa, FT= Frecuencia Total.

Sitio	1		2		3		4		AT	AR	FT
Especie/Sustrato	R	CR	R	CR	R	CR	R	CR			
<i>Achnanthes inflatigrandis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.01	1
<i>Achnanthidium exiguum</i>	44	34	43	10	17	53	32	9	242	3.40	8
<i>Achnanthidium minutissimum</i>	212	206	263	170	122	199	93	107	1372	19.30	8
<i>Amphora acutiuscula</i>	11	28	26	4	1	9	2	3	84	1.18	8
<i>Amphora copulata</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0.03	1
<i>Bacillaria paradoxa</i>	0	3	1	0	0	0	0	0	4	0.06	2
<i>Caloneis bacillum</i>	0	2	2	0	0	4	0	0	8	0.11	3
<i>Cyclotella atomus</i>	0	0	1	1	0	1	0	0	3	0.04	3
<i>Cyclotella stelligera</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.01	1
<i>Cyclotella pseudostelligera</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.01	1
<i>Cymbella hustedtii</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.01	1
<i>Denticula valida</i>	0	1	1	0	0	3	0	0	5	0.07	3
<i>Diploneis decipens</i> var. <i>parallela</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.01	1
<i>Encyonema</i> sp.	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0.03	1
<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>acus</i>	0	0	1	0	0	12	5	3	21	0.30	4
<i>Gomphonema affine</i>	13	14	36	3	1	25	36	12	140	1.97	8
<i>Gomphonema parvulum</i>	2	2	20	1	0	16	3	0	44	0.62	6
<i>Navicula aquaedurue</i>	5	1	7	1	0	0	0	0	14	0.20	4
<i>Navicula rostellata</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0.03	2
<i>Navicymbula pusilla</i>	0	0	0	0	0	4	0	0	4	0.06	1
<i>Nitzschia amphibia</i>	17	19	33	7	25	42	16	6	165	2.32	8
<i>Nitzschia amphibia</i> f. <i>frauenfeldii</i>	10	18	10	2	3	21	18	0	82	1.15	7
<i>Nitzschia amphibioides</i>	65	61	21	5	2	8	9	13	184	2.59	8
<i>Denticula kuetzingii</i>	1093	1106	536	295	328	595	296	349	4598	64.69	8
<i>Nitzschia dissipata</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.01	1
<i>Nitzschia fusiformis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.01	1
<i>Nitzschia frustulum</i>	1	3	0	1	0	9	0	0	14	0.20	4
<i>Nitzschia microcephala</i>	1	0	0	0	0	8	0	0	9	0.13	2
<i>Nitzschia palea</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0.03	1
<i>Opephora krumbeinii</i>	1	2	4	5	0	0	7	2	21	0.30	6
<i>Planothidium frequentissimum</i>	0	1	3	1	2	0	0	0	7	0.10	4
<i>Psammothidium lauenburgianum</i>	27	2	0	1	0	0	0	0	30	0.42	3
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> var. <i>inflata</i>	3	6	9	0	0	0	0	0	18	0.25	3
<i>Rhopalodia gibberula</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0.03	2
<i>Sellaphora pupula</i>	1	2	2	1	1	1	1	2	11	0.15	8
<i>Synedra acus</i> var. <i>angustissima</i>	0	0	0	0	0	3	3	2	8	0.11	3
<i>Synedra ulna</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0.03	2
<i>Terpsinoe musica</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.01	1

**Apéndice IVc.** Conteo del mes de Julio de 2007 en el Oasis de Santa Águeda. R= Roca, CR= Canto Rodado, AT= Abundancia Total, AR= Abundancia Relativa, FT= Frecuencia Total.

Sitio	1	2	3	4	5	6	7	AT	AR	FT
Especie/Sustrato	R	CR	R	R	R	R	R			
<i>Achnantheidium exiguum</i>	1	18	16	9	0	38	86	168	4.60	6
<i>Achnantheidium minutissimum</i>	45	179	62	92	205	49	54	686	18.78	7
<i>Amphora acutiuscula</i>	0	1	1	0	0	0	1	3	0.08	3
<i>Amphora copulata</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	1
<i>Caloneis bacillum</i>	1	0	0	0	0	0	1	2	0.05	2
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>placentula</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	1
<i>Craticula ambigua</i>	0	0	1	0	0	0	1	2	0.05	2
<i>Cyclotella atomus</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	0.03	1
<i>Cymbella hustedtii</i>	1	4	0	5	2	0	0	12	0.33	4
<i>Cymbella</i> sp. 1	0	0	6	48	19	27	75	175	4.79	5
<i>Diploneis subovalis</i>	0	2	0	12	10	0	0	24	0.66	3
<i>Encyonema</i> sp.	0	0	0	0	2	0	0	2	0.05	1
<i>Encyonopsis microcephala</i>	2	5	2	18	19	0	1	47	1.29	6
<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>acus</i>	0	3	0	12	7	0	1	23	0.63	4
<i>Gomphonema affine</i>	12	32	19	25	3	14	38	143	3.91	7
<i>Gomphonema mexicanum</i>	0	5	0	0	0	0	0	5	0.14	1
<i>Gomphonema parvulum</i>	18	98	85	38	8	41	79	367	10.05	7
<i>Navicula brasiliana</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	0.03	1
<i>Navicula rostellata</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	0.03	1
<i>Nitzschia amphibia</i>	12	39	43	16	1	59	94	264	7.23	7
<i>Nitzschia amphibia</i> f. <i>frauenfeldii</i>	0	0	4	9	1	0	4	18	0.49	54
<i>Nitzschia amphibioides</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0.03	1
<i>Denticula kuetzingii</i>	405	126	267	265	262	279	67	1671	45.74	7
<i>Nitzschia fruticosa</i>	3	0	0	0	0	0	0	3	0.08	1
<i>Nitzschia frustulum</i>	0	2	5	0	0	0	0	7	0.19	2
<i>Nitzschia microcephala</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0.03	1
<i>Nitzschia palea</i>	0	0	1	1	3	0	0	5	0.14	3
<i>Planothidium frequentissimum</i>	0	2	0	0	0	0	0	2	0.05	1
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> var. <i>inflata</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03	1
<i>Sellaphora pupula</i>	0	0	2	0	0	1	2	5	0.14	3
<i>Synedra ulna</i> var. <i>danica</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0.03	1
<i>Ulnaria ulna</i>	0	1	0	7	2	0	0	10	0.27	3

**Apéndice IVd.** Cuento del mes de Enero de 2008, Oasis de Santa Águeda. R= Roca, CR= Canto Rodado, AT= Abundancia Total, AR= Abundancia Relativa, FT= Frecuencia Total.

Sitio	1		3		4		5		6		7		AT	AR	FT
Especie/Sustrato	R	CR													
<i>Achnanthydium exiguum</i>	33	21	11	0	0	2	4	4	45	12	26	28	186	2.17	10
<i>Achnanthydium minutissimum</i>	295	283	412	136	128	97	225	367	116	210	116	98	2483	28.94	12
<i>Amphora acutiuscula</i>	0	3	0	0	0	0	0	0	7	0	4	3	17	0.20	4
<i>Amphora copulata</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	3	0.03	2
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0	0	6	0.07	2
<i>Caloneis bacillum</i>	0	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	4	0.05	3
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>placentula</i>	24	9	35	2	4	2	1	3	8	3	1	1	93	1.08	12
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	4	0.05	3
<i>Craticula ambigua</i>	0	0	1	0	0	0	1	1	2	2	1	0	8	0.09	6
<i>Cyclotella atomus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.01	1
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	7	0.08	1
<i>Cymbopleura angustata</i>	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0.09	1
<i>Cymbella cymbiformis</i>	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0.03	3
<i>Cymbella hustedtii</i>	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0.08	2
<i>Cymbella hustedtii</i> f. <i>stigmata</i>	0	0	0	2	2	3	1	1	0	0	2	0	11	0.13	6
<i>Denticula valida</i>	5	7	49	42	25	53	383	350	26	37	78	98	1153	13.44	12
<i>Diploneis subovalis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	0.03	3
<i>Encyonema</i> sp.	0	2	13	8	24	127	82	124	5	6	13	0	404	4.71	10
<i>Encyonopsis microcephala</i>	0	2	22	18	6	49	94	62	7	18	0	0	278	3.24	9
<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>acus</i>	1	3	1	2	1	0	17	12	0	0	0	0	37	0.43	7
<i>Gomphonema affine</i>	5	6	5	1	52	6	1	2	2	2	3	1	86	1.00	12
<i>Gomphonema parvulum</i>	11	13	16	6	22	6	5	5	14	11	2	15	126	1.47	12
<i>Gyrosigma spencerii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.01	1
<i>Hantzschia amphioxys</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.01	1
<i>Navicula aquaedurue</i>	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0.05	3
<i>Navicula brasiliiana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.01	1
<i>Navicula cryptotenella</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	4	0.05	2
<i>Navicula cryptotenelloides</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.01	1
<i>Navicula gregaria</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.01	1
<i>Navicula recens</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.01	1
<i>Navicula rostellata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	6	3	0	0	9	0.10	2
<i>Navicymbula pusilla</i>	6	0	1	1	2	0	8	1	0	16	1	0	36	0.42	8
<i>Nitzschia amphibia</i>	63	49	38	17	9	9	17	7	74	45	63	43	434	5.06	12
<i>Nitzschia amphibia</i> f. <i>frauenfeldii</i>	6	18	11	0	7	10	4	0	0	0	2	4	62	0.72	8
<i>Denticula kuetzingii</i>	493	528	378	264	196	136	142	55	117	123	158	204	2794	32.57	12

**Apéndice IVd. Continuación.**

<b>Sitio</b>	<b>1</b>		<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>		<b>6</b>		<b>7</b>		<b>AT</b>	<b>AR</b>	<b>FT</b>
<b>Especie/Sustrato</b>	<b>R</b>	<b>CR</b>													
<i>Nitzschia fruticosa</i>	5	14	3	2	2	0	0	0	3	1	7	0	37	0.43	8
<i>Nitzschia frustulum</i>	6	4	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	12	0.14	4
<i>Nitzschia hungarica</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.01	1
<i>Nitzschia linearis</i>	1	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0.06	4
<i>Nitzschia microcephala</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.01	1
<i>Nitzschia palea</i>	9	13	1	7	7	2	7	4	13	3	0	0	66	0.77	10
<i>Nitzschia sigma</i>	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0.10	2
<i>Pinnularia gibba</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.01	1
<i>Rhopalodia gibba</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.01	1
<i>Rhopalodia gibberula</i>	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	5	0.06	5
<i>Sellaphora pupula</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	17	0	2	0	20	0.23	3
<i>Surirella brebissonii</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.01	1
<i>Thalassiosira decipiens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.01	1
<i>Ulnaria ulna</i>	23	22	7	4	12	3	2	12	28	0	24	5	142	1.66	11

**Apéndice IVe.** Conteo del mes de Marzo de 2008 en el Oasis de San Bartolo. R= Roca, CR= Canto Rodado, RASP= Raspado Pared, AT= Abundancia Total, AR= Abundancia Relativa, FT= Frecuencia Total.

Sitio	1		2	3	4	5		AT	AR	FT
Especie/Sustrato	CR	RASP	R	CR	CR	R	CR			
<i>Achnantheidium exiguum</i>	223	13	121	19	90	44	24	534	11.71	7
<i>Achnantheidium minutissimum</i>	9	0	41	64	6	74	204	398	8.72	6
<i>Amphora acutiuscula</i>	0	3	10	1	14	16	2	46	1.01	6
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	0.02	1
<i>Anorthoneis dulcis</i>	0	0	19	1	92	5	12	129	2.83	5
<i>Astartiella bahusiensis</i>	2	0	0	2	0	0	0	4	0.09	2
<i>Caloneis bacillum</i>	68	32	11	0	3	1	1	116	2.54	6
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	0	0	1	2	0	3	1	7	0.15	4
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	0	0	0	0	0	9	1	10	0.22	2
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>placentula</i>	0	0	1	2	0	1	1	5	0.11	4
<i>Craticula ambigua</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	0.02	1
<i>Cymbella hustedtii</i>	0	0	0	0	5	0	3	8	0.18	2
<i>Cymbella hustedtii</i> f. <i>stigmata</i>	0	0	2	1	12	0	1	16	0.35	4
<i>Denticula valida</i>	0	2	0	0	0	0	1	3	0.07	2
<i>Diadesmis confervacea</i>	2	0	0	1	1	0	0	4	0.09	3
<i>Eolimna</i> cf. <i>subminiscula</i>	0	0	3	3	12	25	6	49	1.07	5
<i>Eunotia praerupta</i>	9	0	0	0	0	0	0	9	0.20	1
<i>Gomphonema affine</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0.02	1
<i>Gomphonema gracile</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0.02	1
<i>Gomphonema parvulum</i>	19	0	8	14	189	10	17	257	5.63	6
<i>Hantzschia amphioxys</i>	0	3	0	0	0	0	0	3	0.07	1
<i>Mayamaea atomus</i>	0	0	0	0	0	16	0	16	0.35	1
<i>Navicula brasiliiana</i>	0	13	0	0	1	0	0	14	0.31	2
<i>Navicula</i> cf. <i>incarum</i> .	0	0	0	1	0	0	0	1	0.02	1
<i>Navicula molestiformis</i>	0	0	0	0	0	20	1	21	0.46	2
<i>Navicula rostellata</i>	0	0	4	1	15	3	1	24	0.53	5
<i>Nitzschia amphibia</i>	0	0	4	1	8	2	16	31	0.68	5
<i>Nitzschia amphibia</i> f. <i>frauenfeldii</i>	1	0	0	1	2	1	9	14	0.31	5
<i>Nitzschia amphibioides</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	0.02	1
<i>Nitzschia communis</i>	0	0	0	0	33	1	0	34	0.75	2
<i>Nitzschia debilis</i>	0	175	0	1	0	1	1	178	3.90	4
<i>Denticula kuetzingii</i>	237	7	190	193	241	142	198	1208	26.48	7
<i>Nitzschia fruticosa</i>	0	0	0	5	23	0	0	28	0.61	2
<i>Nitzschia linearis</i>	2	0	1	1	0	0	5	9	0.20	4
<i>Nitzschia microcephala</i>	7	165	6	0	2	0	0	180	3.95	4

**Apéndice IVe.** Continuación.

<b>Sitio</b>	<b>1</b>		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>		<b>AT</b>	<b>AR</b>	<b>FT</b>
<b>Especie/Sustrato</b>	<b>CR</b>	<b>RASP</b>	<b>R</b>	<b>CR</b>	<b>CR</b>	<b>R</b>	<b>CR</b>			
<i>Nitzschia palea</i>	3	1	5	3	15	7	3	37	0.81	7
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	0	15	1	0	1	0	0	17	0.37	3
<i>Nupela cf. lesothensis</i>	0	0	0	0	189	3	0	192	4.21	2
<i>Parlibellus cf. protractoides.</i>	0	0	3	0	2	0	0	5	0.11	2
<i>Placoneis elginensis</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	0.02	1
<i>Planothidium frequentissimum</i>	145	0	17	0	7	5	0	174	3.81	4
<i>Planothidium lanceolatum</i>	82	69	12	1	8	3	1	176	3.86	7
<i>Pleurosira laevis</i>	197	0	23	195	24	112	4	555	12.17	6
<i>Sellaphora pupula</i>	1	0	1	2	0	0	1	5	0.11	4
<i>Surirella brebissonii</i>	0	2	0	0	0	0	0	2	0.04	1
<i>Ulnaria ulna</i>	7	0	18	1	8	2	1	37	0.81	6

**Apéndice IVf.** Conteo del mes de Noviembre de 2008 en el Oasis de San Bartolo.  
R= Roca, CR= Canto Rodado, AT= Abundancia Total, AR= Abundancia Relativa, FT= Frecuencia Total.

Sitio	1		3	4	AT	AR	FT
Especie/Sustrato	CR	R	R	R			
<i>Achnantheidium exiguum</i>	86	275	13	2	376	18.69	4
<i>Achnantheidium minutissimum</i>	17	0	63	5	85	0.99	3
<i>Amphora acutiuscula</i>	0	0	0	2	2	0.02	1
<i>Anorthoneis dulcis</i>	0	0	0	7	7	0.08	1
<i>Caloneis bacillum</i>	190	108	30	0	328	3.82	3
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>placentula</i>	2	0	0	0	2	0.02	1
<i>Denticula valida</i>	0	0	2	0	2	0.02	1
<i>Encyonopsis microcephala</i>	0	0	19	0	19	0.22	1
<i>Eunotia minor</i>	26	0	1	0	27	0.31	2
<i>Eunotia praeurpta</i>	2	1	3	0	6	0.07	3
<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>acus</i>	0	0	0	0	0	0.00	9
<i>Gomphonema parvulum</i>	0	0	2	6	8	0.09	2
<i>Navicula brasiliana</i>	0	0	4	0	4	0.05	1
<i>Navicula kotschyi</i>	0	0	2	0	2	0.02	1
<i>Navicula saprophila</i>	0	27	0	0	27	0.31	1
<i>Navicula veneta</i>	0	0	10	0	10	0.12	1
<i>Neidium catarinense</i>	1	4	0	198	203	2.37	3
<i>Nitzschia amphibia</i>	8	4	3	0	15	0.17	3
<i>Nitzschia amphibia</i> f. <i>frauenfeldii</i>	2	1	0	0	3	0.03	2
<i>Nitzschia debilis</i>	1	0	1	0	2	0.02	2
<i>Denticula kuetzingii</i>	26	22	20	4	72	0.84	4
<i>Nitzschia dissipata</i>	0	0	16	0	16	0.19	1
<i>Nitzschia linearis</i>	0	0	3	0	3	0.03	1
<i>Nitzschia microcephala</i>	25	17	210	0	252	2.94	3
<i>Nitzschia palea</i>	0	0	4	0	4	0.05	1
<i>Nitzschia pumila</i>	0	1	0	1	2	0.02	2
<i>Nitzschia vildaryana</i>	0	1	0	0	1	0.01	1
<i>Pinnularia interrupta</i> var. <i>joculata</i>	0	5	7	0	12	0.14	2
<i>Placoneis gracilis</i> f. <i>minor</i>	0	0	1	0	1	0.01	1
<i>Planothidium frequentissimum</i>	67	19	17	275	378	4.41	4
<i>Planothidium lanceolatum</i>	52	16	68	0	136	1.59	3
<i>Pleurosira laevis</i>	1	0	0	0	1	0.01	1
<i>Rhopalodia gibberula</i>	0	0	4	0	4	0.05	1
<i>Ulnaria ulna</i>	2	0	0	0	2	0.02	1

**Apéndice IVg.** Conteo del mes de Diciembre de 2008, Oasis de Santiago. R= Roca, CR= Canto Rodado, RASP= Raspado Pared, AT= Abundancia Total, AR= Abundancia Relativa, FT= Frecuencia Total.

Sitio	1	2	3		4	5	6	7			
Especie/Sustrato	R	R	R	CR	R	R	PAR	R	AT	AR	FT
<i>Achnanthydium exiguum</i>	17	3	0	1	91	21	7	56	196	4.86	7
<i>Achnanthydium minutissimum</i>	1	0	0	0	16	22	3	27	69	1.71	5
<i>Amphora acutiuscula</i>	1	1	0	0	23	15	0	72	112	2.78	5
<i>Anorthoneis dulcis</i>	3	0	1	0	0	21	0	6	31	0.77	4
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.02	1
<i>Cocconeis</i> var. <i>placentula</i>	12	21	18	48	8	6	2	1	116	2.88	8
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	73	151	0	20	14	24	19	6	307	7.61	7
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	22	25	0	3	0	0	1	2	53	1.31	5
<i>Cocconeis dirupta</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0.07	1
<i>Cymbella hustedtii</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.02	1
<i>Denticula valida</i>	0	0	0	0	0	0	6	0	6	0.15	1
<i>Diadsmis confervacea</i>	0	0	0	1	12	1	0	0	14	0.35	3
<i>Diploneis subovalis</i>	0	0	0	0	1	0	0	9	10	0.25	2
<i>Encyonema</i> sp.	0	0	0	0	0	6	8	0	14	0.35	2
<i>Encyonema neogratile</i>	0	0	0	0	0	0	232	10	242	6.00	2
<i>Epithemia adnata</i>	5	5	50	3	10	12	4	2	91	2.26	8
<i>Epithemia turgida</i>	18	98	22	2	14	1	0	4	159	3.94	7
<i>Gomphonema affine</i>	0	4	0	0	1	5	0	1	11	0.27	4
<i>Gomphonema minutum</i>	0	0	0	0	0	7	0	279	286	7.09	2
<i>Gomphonema parvulum</i>	3	3	0	0	9	4	18	0	37	0.92	5
<i>Gomphonema pumilum</i>	306	142	22	135	257	285	122	4	1273	31.56	8
<i>Navicula cryptotenella</i>	0	0	0	0	0	0	4	5	9	0.22	2
<i>Navicula menisculus</i>	0	0	0	0	0	0	2	1	3	0.07	2
<i>Navicula rostellata</i>	0	0	0	0	2	2	2	0	6	0.15	3
<i>Nitzschia amphibia</i>	7	3	0	0	6	9	62	2	89	2.21	6
<i>Denticula kuetzingii</i>	0	0	0	0	2	1	0	1	4	0.10	3
<i>Nitzschia microcephala</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	2	0.05	2
<i>Pinnularia interrupta</i> var. <i>joculata</i>	0	0	0	0	0	2	1	0	3	0.07	2
<i>Placoneis gracilis</i> f. <i>minor</i>	1	2	0	0	0	0	0	3	6	0.15	3
<i>Planothidium frequentissimum</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0.05	1
<i>Planothidium lanceolatum</i>	3	8	2	3	4	8	1	0	29	0.72	7
<i>Pleurosira laevis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.02	1
<i>Rhopalodia gibba</i>	2	3	19	1	7	3	3	0	38	0.94	7
<i>Rhopalodia gibba</i> var. <i>ventricosa</i>	0	0	17	1	0	1	0	1	20	0.50	4
<i>Rhopalodia gibberula</i>	0	0	0	0	0	0	10	7	17	0.42	2
<i>Sellaphora pupula</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0.02	1

**Apéndice IVg. Continuación.**

<b>Sitio</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>AT</b>	<b>AR</b>	<b>FT</b>
<b>Especie/Sustrato</b>	<b>R</b>	<b>R</b>	<b>R</b>	<b>CR</b>	<b>R</b>	<b>R</b>	<b>PAR</b>	<b>R</b>			
<i>Ulnaria ulna</i>	28	30	0	0	0	0	0	0	58	1.44	2
<i>Ulnaria sp.</i>	0	0	350	289	23	49	2	0	713	17.68	5

**Apéndice IVh.** Conteo Marzo de 2008, Oasis de Todos Santos. R=Roca, CR=Canto Rodado, AT=Abundancia Total, AR=Abundancia Relativa, FT=Frecuencia Total.

Sitio	1		2		3		4		5		AT	AR	FT
Especie/Sustrato	R	CR	R	CR	R	CR	R	CR	R				
<i>Achnantheidium exiguum</i>	28	6	8	3	5	3	1	3	17	74	1.61	9	
<i>Achnantheidium minutissimum</i>	67	236	54	23	106	34	15	11	43	589	12.80	9	
<i>Amphora acutiuscula</i>	13	1	1	1	3	5	2	0	7	33	0.72	8	
<i>Amphora copulata</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.04	1	
<i>Amphora pediculus</i>	11	6	2	1	2	1	25	2	2	52	1.13	9	
<i>Caloneis bacillum</i>	1	2	0	0	2	0	1	0	0	6	0.13	4	
<i>Cocconeis</i> var. <i>placentula</i>	0	1	2	1	1	1	1	6	1	14	0.30	8	
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	1	
<i>Cocconeis dirupta</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0.04	2	
<i>Craticula ambigua</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	0.07	3	
<i>Cymbella hustedtii</i>	0	3	0	1	2	2	0	0	0	8	0.17	4	
<i>Cymbella hustedtii</i> f. <i>stigmata</i>	6	31	29	61	12	19	0	0	3	161	3.50	7	
<i>Diploneis elliptica</i>	2	3	1	0	0	0	0	0	1	7	0.15	4	
<i>Diploneis pseudovalis</i>	0	2	0	1	1	1	0	0	0	5	0.11	4	
<i>Eunotia minor</i>	0	0	0	0	1	0	0	2	0	3	0.07	2	
<i>Gomphoneis clevei</i>	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0.11	1	
<i>Gomphonema affine</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0.04	1	
<i>Gomphonema bourbonense</i>	8	2	3	0	0	0	0	0	0	13	0.28	3	
<i>Gomphonema gracile</i>	0	0	0	0	2	1	0	0	0	3	0.07	2	
<i>Gomphonema parvulum</i>	41	42	24	60	34	34	0	8	13	256	5.56	8	
<i>Gomphonema parvulum</i> var. <i>exilissimum</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	1	
<i>Gomphonema pumilum</i>	0	1	0	9	7	2	0	0	0	19	0.41	4	
<i>Gomphonema</i> sp.	0	0	0	0	0	0	354	140	35	529	11.50	3	
<i>Mayamaea atomus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0.02	1	
<i>Navicula minima</i>	1	0	0	0	2	1	0	0	0	4	0.09	3	
<i>Navicula molestiformis</i>	3	1	1	2	0	6	1	0	0	14	0.30	6	
<i>Navicula recens</i>	3	5	2	0	5	3	6	4	1	29	0.63	8	
<i>Navicula subminuscula</i>	27	21	28	10	54	56	11	2	18	227	4.93	9	
<i>Navicula tenelloides</i>	0	0	1	2	0	0	0	0	0	3	0.07	2	
<i>Nitzschia amphibia</i>	224	102	279	268	210	265	73	302	334	2057	44.70	9	
<i>Nitzschia dissipata</i>	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0.07	1	
<i>Nitzschia linearis</i>	2	3	2	0	5	4	2	1	2	21	0.46	8	
<i>Nitzschia microcephala</i>	0	3	1	0	0	0	0	0	0	4	0.09	2	
<i>Nitzschia palea</i>	43	11	42	48	37	49	3	13	13	259	5.63	9	
<i>Planothidium lanceolatum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	1	
<i>Pleurosira laevis</i>	2	0	0	0	0	0	3	2	3	10	0.22	4	
<i>Sellaphora seminulum</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0.04	1	
<i>Ulnaria ulna</i>	43	36	31	13	9	13	11	8	15	179	3.89	9	

**Apéndice IVi.** Cuento del mes de Abril de 2009 en el Oasis de San Luis Gonzaga. R= Roca, AT= Abundancia Total, AR= Abundancia Relativa, FT= Frecuencia Total.

Sitio	1	2	AT	AR	FT
Especie/Sustrato	R	R			
<i>Achnanthydium exiguum</i>	77	25	102	3.39	2
<i>Achnanthydium minutissimum</i>	195	60	255	8.46	2
<i>Amphora acutiuscula</i>	12	3	15	0.50	2
<i>Amphora arenicola</i>	1	0	1	0.03	1
<i>Amphora costata</i>	2	0	2	0.07	1
<i>Amphora libyca</i>	70	1	71	2.36	2
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>	2	0	2	0.07	1
<i>Caloneis bacillum</i>	2	0	2	0.07	1
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>placentula</i>	3	0	3	0.10	1
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	1	0	1	0.03	1
<i>Craticula ambigua</i>	7	0	7	0.23	1
<i>Cyclotella atomus</i>	1	0	1	0.03	1
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	1	0	1	0.03	1
<i>Cymbella hustedtii</i>	1	0	1	0.03	1
<i>Cymbella kolbei</i>	56	1	57	1.89	2
<i>Denticula valida</i>	2	21	23	0.76	2
<i>Diploneis subovalis</i>	4	0	4	0.13	1
<i>Epithemia turgida</i>	1	0	1	0.03	1
<i>Fragilaria ulna</i> var. <i>acus</i>	42	1	43	1.43	2
<i>Gomphonema affine</i>	105	0	105	3.48	1
<i>Gomphonema clavatum</i>	1	0	1	0.03	1
<i>Gomphonema parvulum</i>	90	1	91	3.02	2
<i>Gomphonema pumilum</i>	1	0	1	0.03	1
<i>Hantzschia amphioxys</i>	1	0	1	0.03	1
<i>Navicula cryptotenella</i>	2	0	2	0.07	1
<i>Navicula cryptotenelloides</i>	2	0	2	0.07	1
<i>Navicula recens</i>	2	0	2	0.07	1
<i>Navicula rostellata</i>	5	1	6	0.20	2
<i>Navicula subminuscula</i>	18	0	18	0.60	1
<i>Navicymbula pusilla</i>	4	1	5	0.17	2
<i>Nitzschia amphibia</i>	106	9	115	3.82	2
<i>Nitzschia amphibia</i> f. <i>frauenfeldii</i>	0	2	2	0.07	1
<i>Nitzschia amphibioides</i>	0	1	1	0.03	1
<i>Denticula kuetzingii</i>	1365	371	1736	57.62	2
<i>Nitzschia filiformis</i>	3	0	3	0.10	1
<i>Nitzschia frustulum</i>	102	1	103	3.42	2
<i>Nitzschia linearis</i>	1	0	1	0.03	1

Apéndice IVi. Continuación.

Sitio	1	2	AT	AR	FT
Especie/Sustrato	R	R			
<i>Nitzschia microcephala</i>	8	1	9	0.30	2
<i>Nitzschia palea</i>	109	1	110	3.65	2
<i>Pinnularia gibba</i>	1	0	1	0.03	1
<i>Pinnularia neomajor</i>	2	0	2	0.07	1
<i>Rhopalodia acuminata</i>	1	0	1	0.03	1
<i>Rhopalodia gibberula</i>	4	0	4	0.13	1
<i>Rhopalodia musculus</i>	1	0	1	0.03	1
<i>Sellaphora pupula</i>	29	1	30	1.00	2
<i>Surirella ovalis</i>	3	0	3	0.10	1
<i>Tryblionella apiculata</i>	6	0	6	0.20	1
<i>Ulnaria ulna</i>	59	0	59	1.96	1

**APÉNDICE V**  
**LÁMINAS**

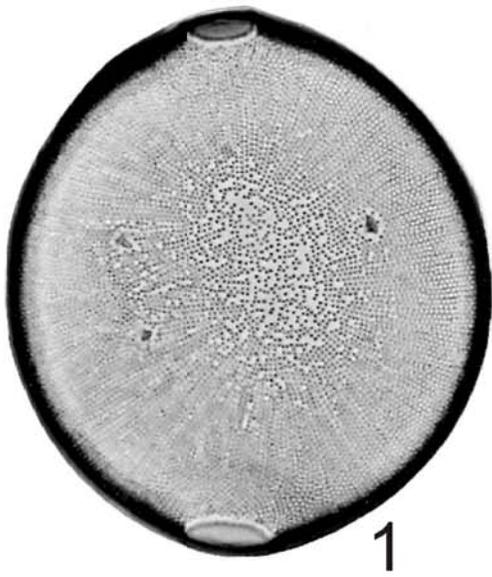
Lamina 1

1-2. *Pleurosira laevis* (C. G. Ehrenberg) P. Compère

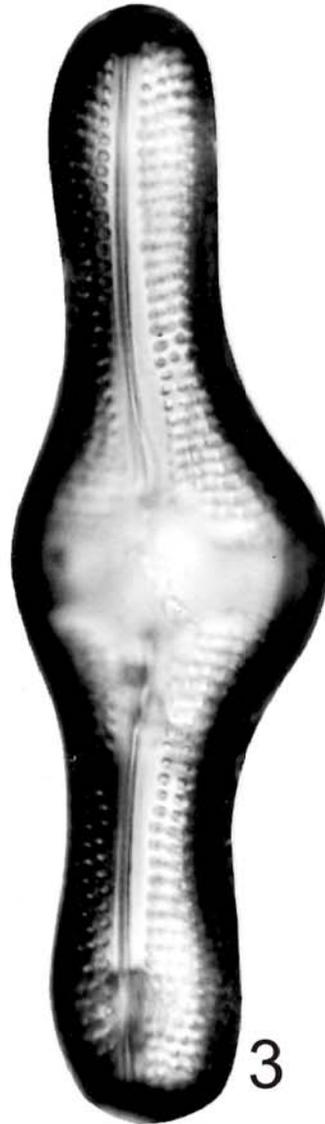
3-4. *Achnanthes inflatagrandis* Metzeltin, Lange-Bertalot & Garcia-Rodriguez

5. *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* (O. F. Müller) R. Simonsen

6-8. *Terpsinoë musica* Ehrenberg



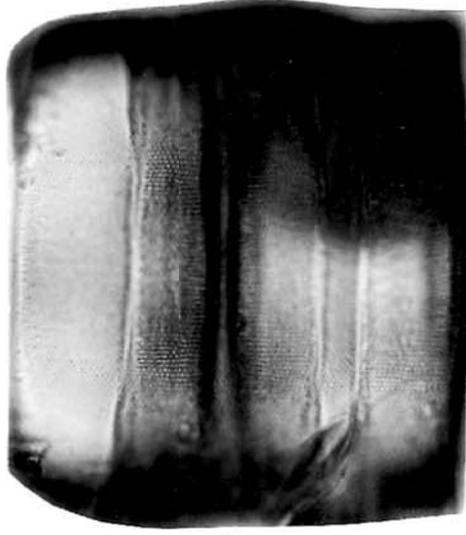
1



3



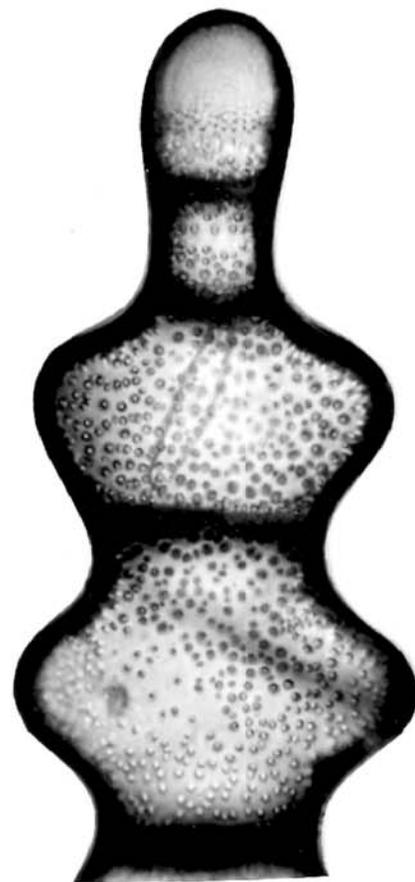
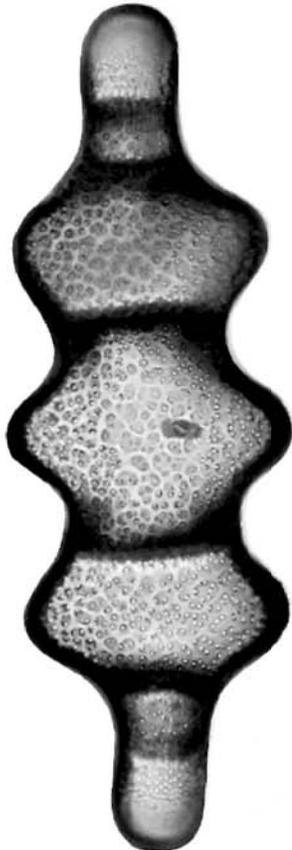
4



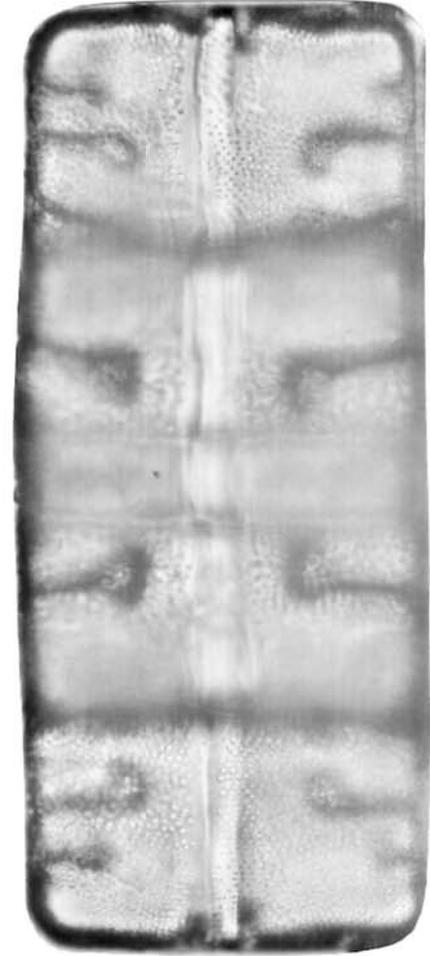
2



5



6-8



Lamina 2

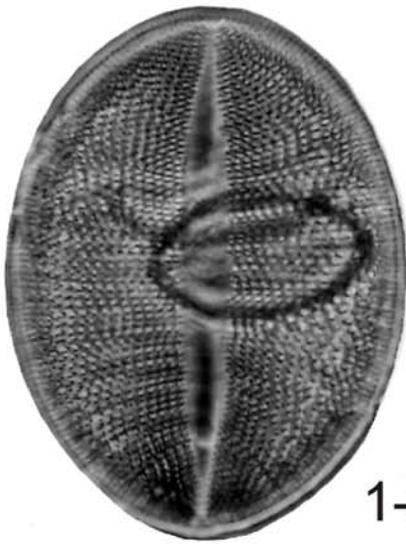
1-2. *Cocconeis dirupta* W. Gregory

3-4, 13-14. *Cocconeis placentula* C. G. Ehrenberg var. *placentula*

5-8, 15-16. *Cocconeis placentula* var. *lineata* (C. G. Ehrenberg) H. van Heurck

9-12. *Anorthoneis dulcis* M. K. Hein

17-23. *Diploneis subovalis* P. T. Cleve



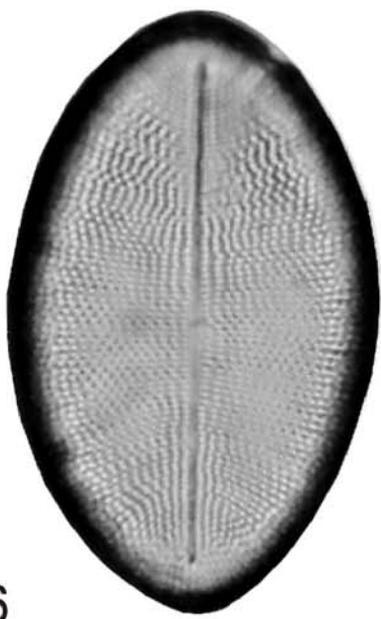
1-2



3-4



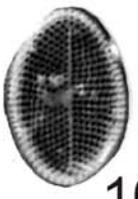
5-6



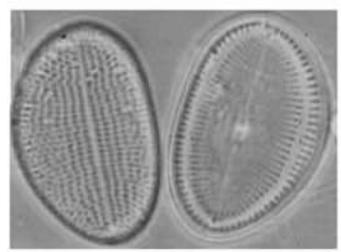
7-8



9



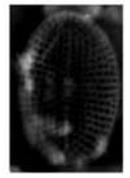
10



13-14



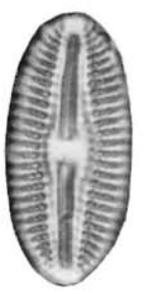
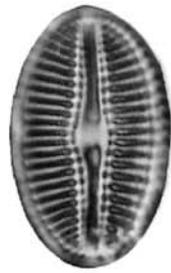
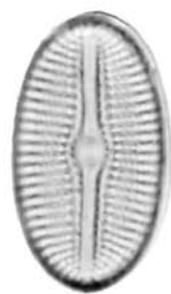
15-16



12



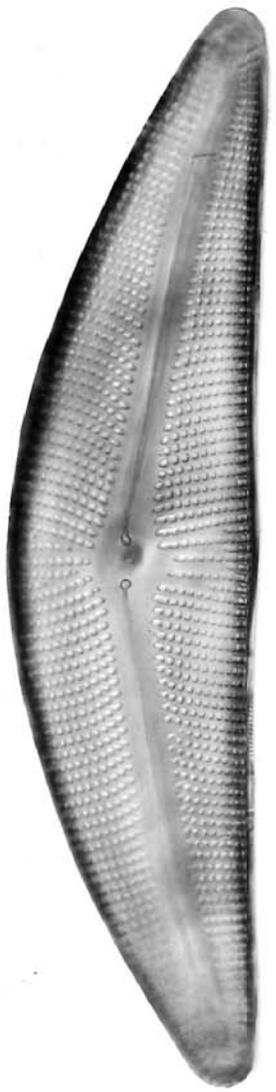
11



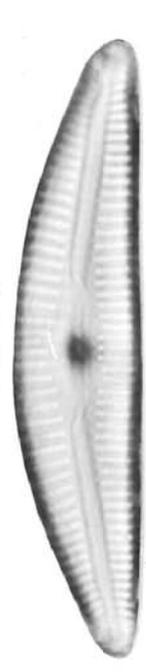
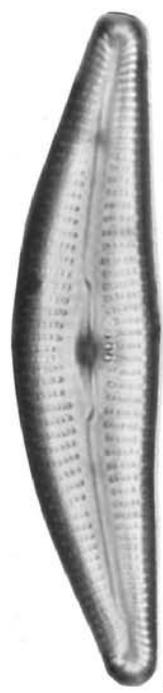
17-23

Lamina 3

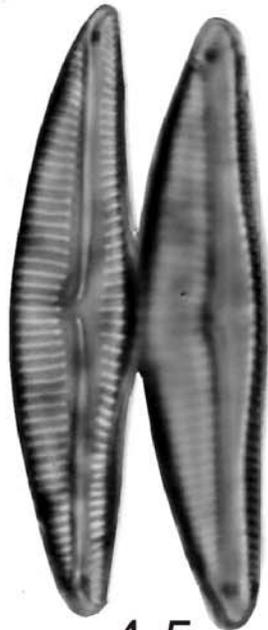
1. *Cymbella mexicana* (C. G. Ehrenberg) P. T. Cleve
- 2-3. 12-14. *Cymbella cymbiformis* C. A. Agardh
- 4-6. *Encyonema neogracile* Krammer
- 7-8. *Cymbella hustedtii* f. *stigmata* P. Compère
- 9-11. *Cymbella hustedtii* Krasske
15. *Cymbella kolbei* F. Hustedt
- 16-17. *Amphora pediculus* (F. T. Kützing) A. Grunow ex A. Schmidt
- 18-20. *Amphora copulata* (F. T. Kützing) F. R. Schoeman & R.E.M. Archibald
- 21-24. *Encyonema* sp.
25. *Navicella pusilla* (Grunow) Krammer
- 26-28. *Amphora acutiuscula* F. T. Kützing



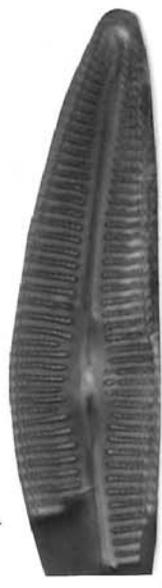
1



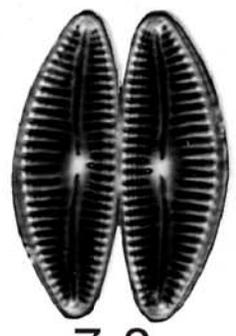
2-3



4-5



6



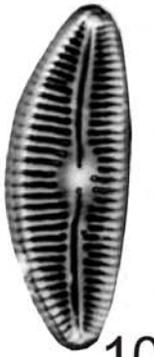
7-8



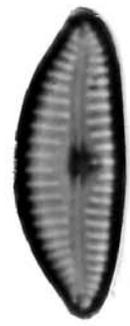
9



11



10



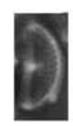
12-14



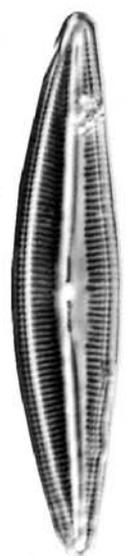
15



18-20

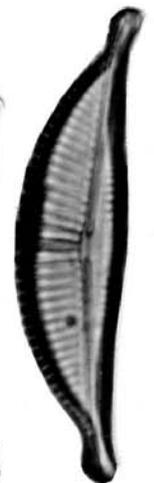
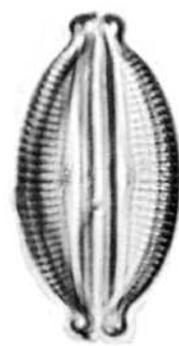


16-17



21-24

25

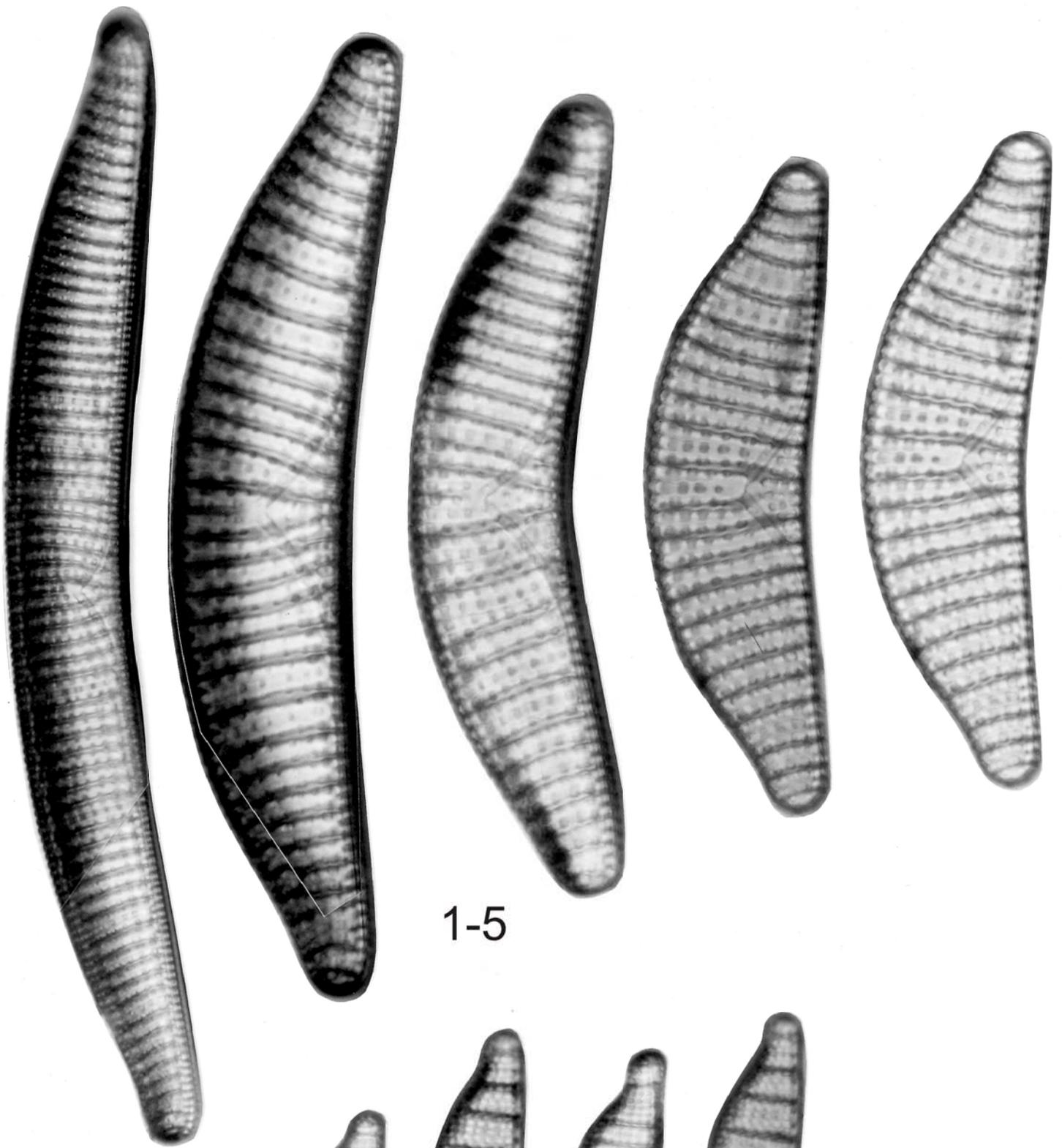


26-28

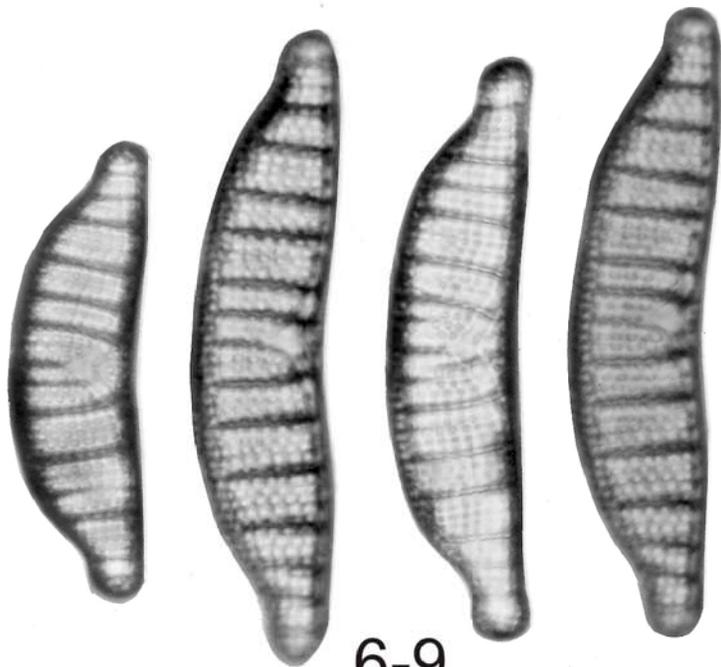
Lamina 4

1-5. *Epithemia turgida* (C. G. Ehrenberg) F. T. Kützing

6-9. *Epithemia adnata* (F. T. Kützing) A. de Brébisson



1-5



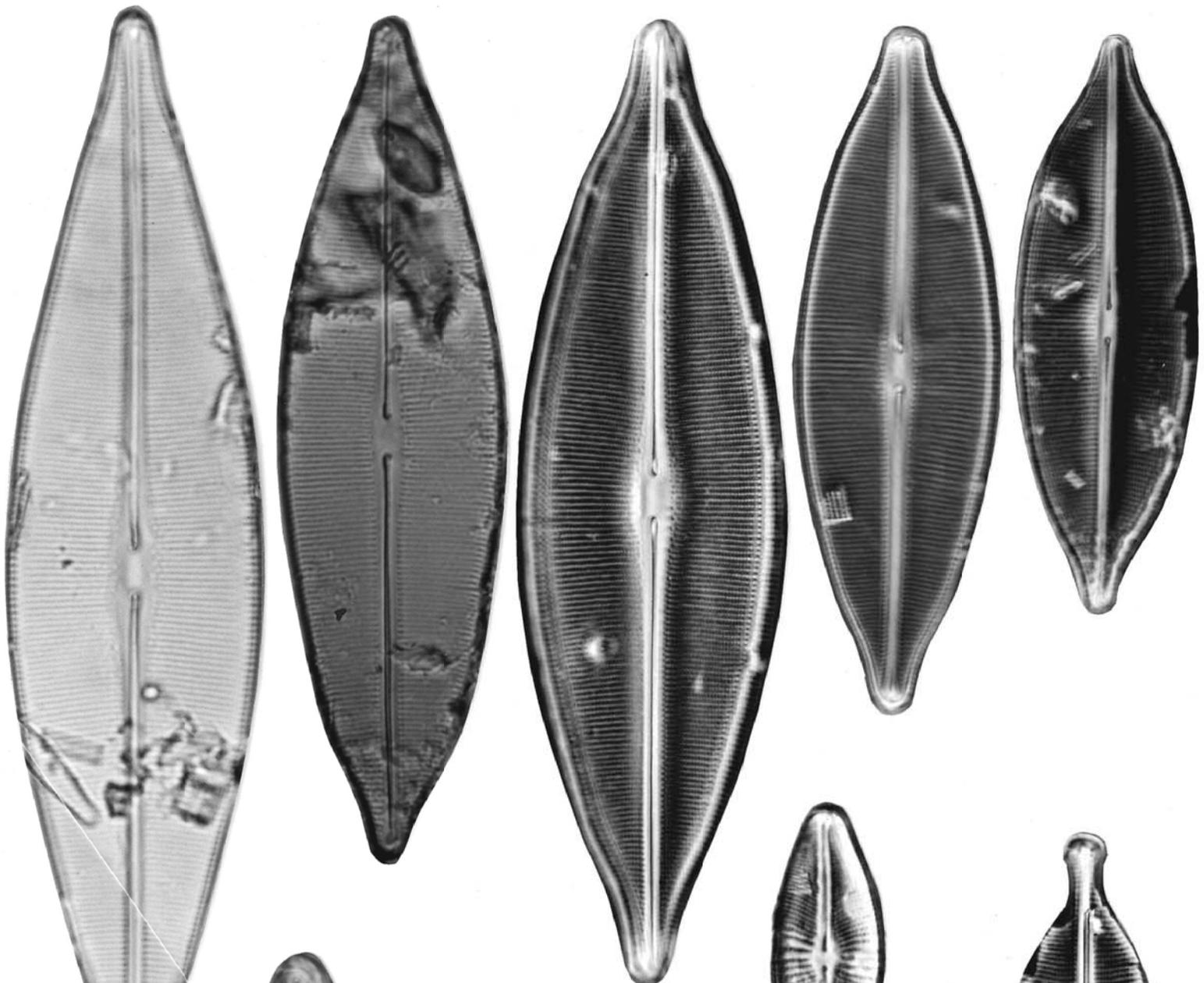
6-9

Lamina 5

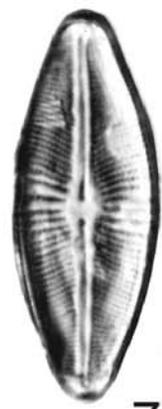
1-5. *Craticula cuspidata* (Kutzing) D.G.Mann.

6. *Craticula ambigua* (C. G. Ehrenberg) D. G. Mann in F. E. Round, R. M. Crawford & D. G. Mann.

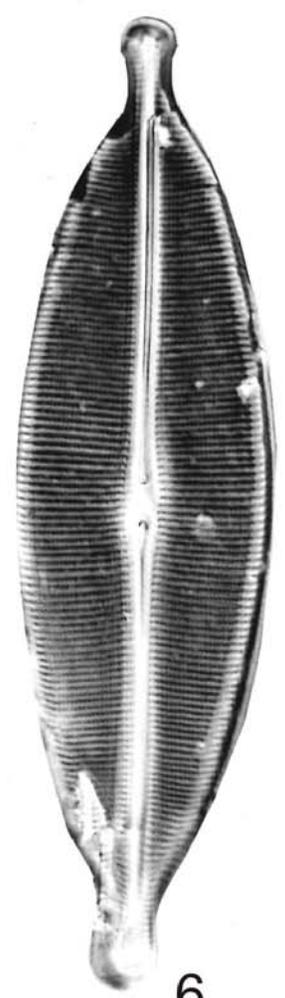
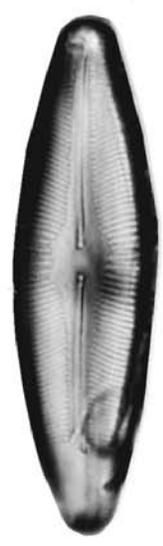
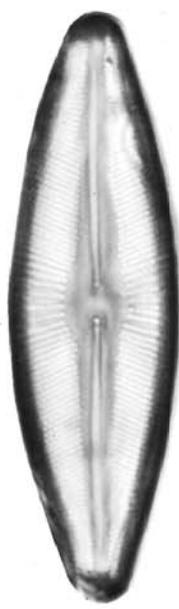
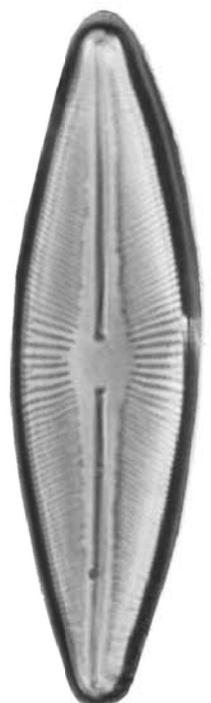
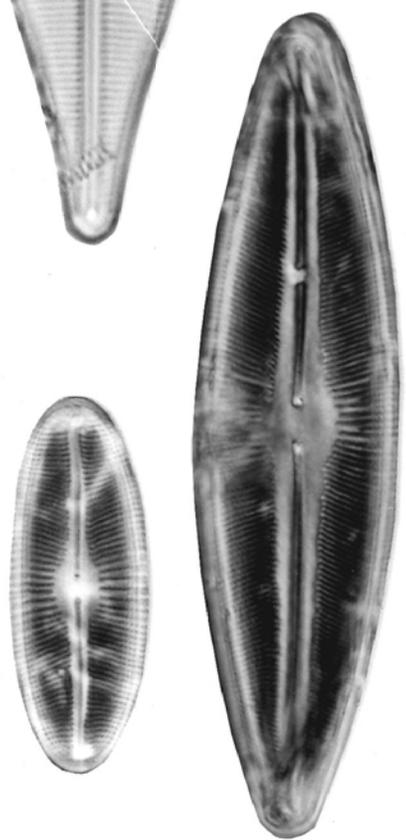
7-12. *Navicula brasiliiana* (P. T. Cleve) P. T. Cleve.



1-5



7

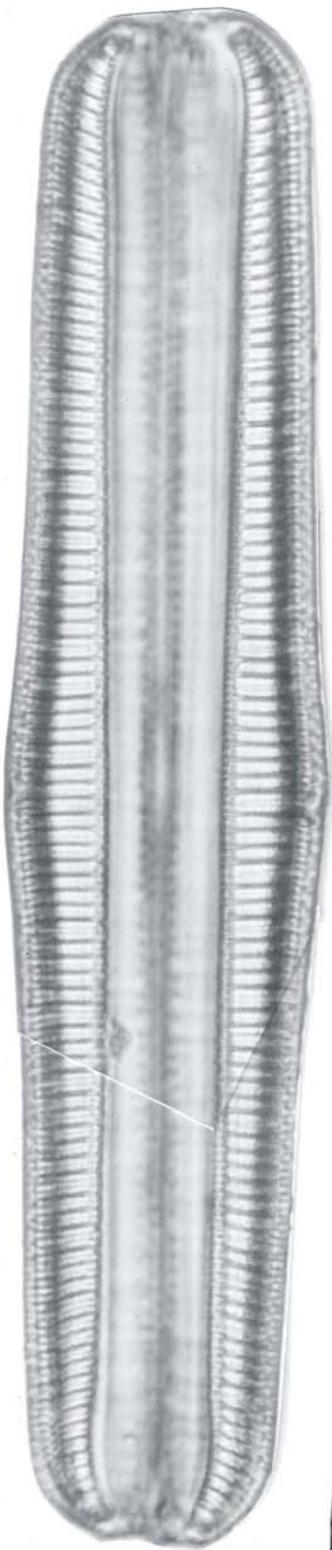


6

8-12

Lamina 6

1. *Rhopalodia gibba* (C. G. Ehrenberg) G. F. O. Müller
- 2-4. *Rhopalodia gibba* var. *ventricosa* (F. T. Kützing) H. Peragallo & M. Peragallo
5. *Rhopalodia sterrenburgii* Krammer
- 6-7. *Rhopalodia gibberula* (C. G. Ehrenberg) G. F. O. Müller
8. *Rhopalodia musculus* (F. T. Kützing) G. F. O. Müller
- 9-10. *Rhopalodia gibba* var. *parallela* (Grunow) H. Peragallo & M. Peragallo



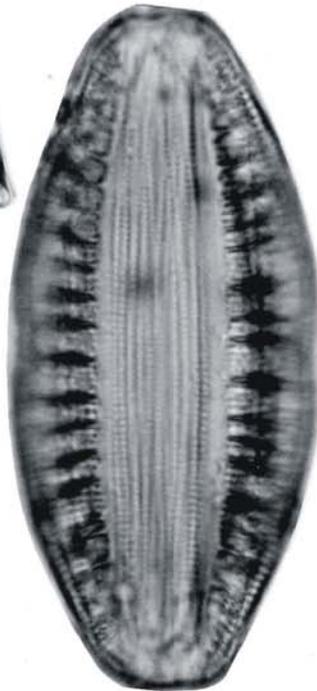
1



2-4



6-7



8



9-10



5

## APÉNDICE VI

## -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

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 recepción: 21 de agosto, 2009

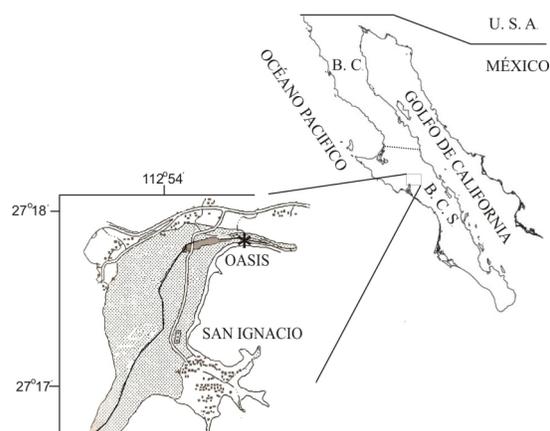
Fecha de aceptación: 30 de septiembre, 2009

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 ( $1-D'$ ), 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  $1-D'$ ) 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);  $\lambda$ : 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);  $\lambda$ : 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
2	32	3.75	0.75	0.87	0.13	26	2.63	0.56	0.69
3	27	2.82	0.59	0.73	0.27	20	2.56	0.59	0.68
4	29	3.76	0.77	0.89	0.11	13	2.42	0.66	0.69
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				

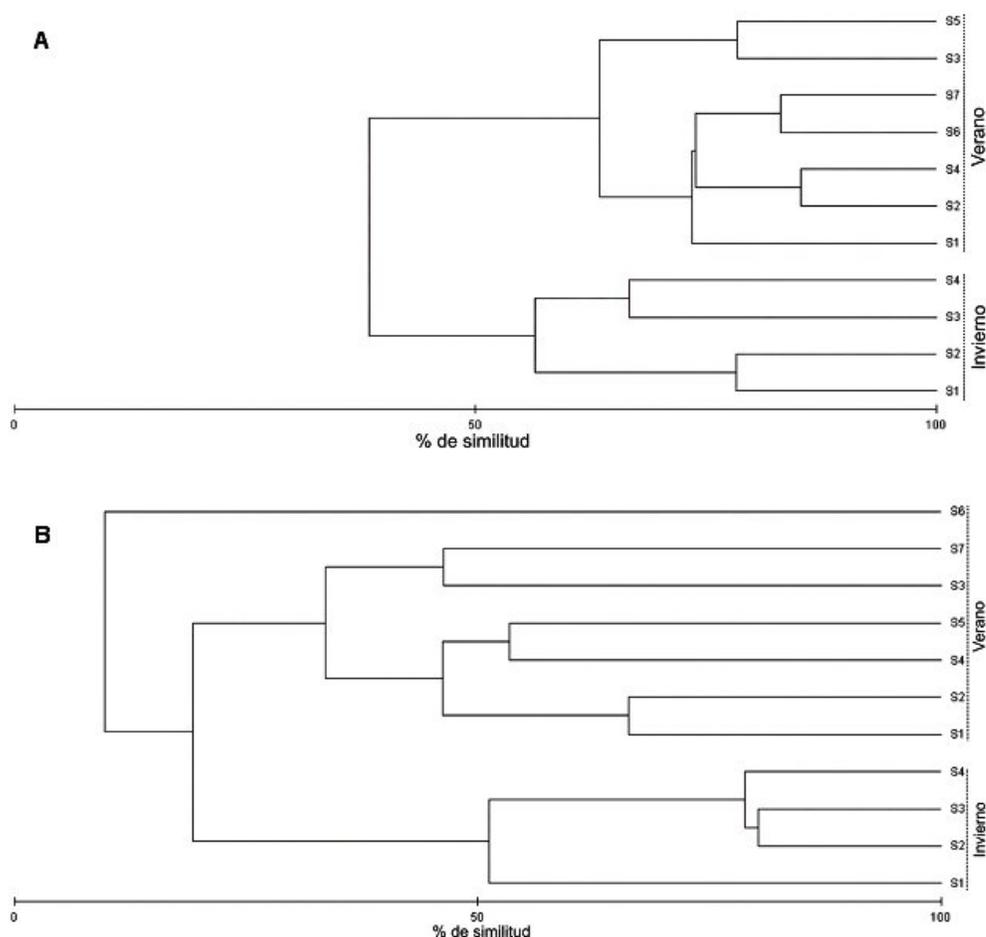


Figura 2. Agrupamiento de diatomeas epilíticas basado en el índice de similitud de Jaccard (a) y Bray Curtis (b) por sitio y época de muestreo del oasis de San Ignacio.

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*, *Achnanthis 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.*, *Achnanthis 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.*, *Achnanthis 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>Gomphosphenia 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 et al.	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