

DIATOMEAS BENTONICAS DE LA LAGUNA FIGUEROA, BAJA CALIFORNIA

BENTHIC DIATOMS FROM LAGUNA FIGUEROA, BAJA CALIFORNIA

David Alfaro Siqueiros Beltrones
Universidad Autónoma de Baja California Sur
Km 51/2 Carretera al Sur,
La Paz, BCS

David Alfaro Siqueiros Beltrones. Diatomeas bentónicas de la Laguna Figueroa, Baja California. Benthic Diatoms from Laguna Figueroa, Baja California. *Ciencias Marinas* 14(2): 85-112, 1988.

RESUMEN

Durante el verano de 1984 se colectaron siete muestras de sedimentos y lama sobrenadante de tres zonas, para analizar las asociaciones de diatomeas bentónicas en la Laguna Figueroa, BC, México. Se identificaron un total de 67 taxa entre especies y variedades. Se utilizó un tamaño de muestra de 300 individuos, los valores de la diversidad de especies fueron relativamente altos y la dominancia fue baja. Con base en el índice de valor biológico las especies más importantes fueron *Amphora salina*, *Mastogloia pusilla* y *Achnanthes heideni*. Se encontró poca similitud entre las muestras.

ABSTRACT

During the summer of 1984 seven samples of sediments and floating scum from three zones were collected at Laguna Figueroa, BC, Mexico, in order to analyze benthic diatoms associations. A total of 67 taxa including species and varieties were identified. Using a sample size of 300 individuals relatively high values of species diversity were estimated along with a low species dominance. Based on the biological value index the most important species were *Amphora salina*, *Mastogloia pusilla* and *Achnanthes heideni*. There was low similarity between samples.

INTRODUCCION

A todo lo largo de los litorales se encuentran diatomeas bentónicas, ya sean formas epilíticas, epifitas, epizoicas, epipsámicas o epipélicas (Round, 1971; Moore y McIntire, 1977). En algunas zonas se ha observado que dentro del fitoplancton se encuentran abundantes diatomeas penales (Santoyo y Signoret, 1979; Gaxiola-Castro, 1984); esto sugiere que las diatomeas bentónicas son una fuente importante de enriquecimiento del fitoplancton (ticoplancton) sobre todo en lagunas costeras con una elevada producción primaria.

Las diatomeas bentónicas, además de servir como alimento directo para muchos

INTRODUCTION

Benthic diatoms are found all along the littoral and include epilithic, epiphytic, epizoic, episamic or epipellic forms (Round, 1971; Moore and McIntire, 1977). In some areas, it was observed that abundant pennate diatoms were found within the phytoplankton (Santoyo and Signoret, 1979; Gaxiola - Castro, 1984); this suggests that benthic diatoms are an important source of enriched phytoplankton (ticoplankton), particularly in coastal lagoons with high primary productivity.

Besides serving as direct food for many grazing organisms (Castenholz, 1961), benthic diatoms and other filter-feeders (Hendey,

organismos pastoreadores (Castenholz, 1961) y otros tantos filtradores (Hendey, 1964), desempeñan muchas otras funciones, como la de oxigenación; algunas funciones menos obvias serían: el papel de ciertas especies epífitas como colonizadores primarios (Takan, 1961; Sieburth y Thomas, 1973; Sand-Jensen, 1977; Jacobs y Noten, 1980); la participación de algunas especies coloniales en la estabilización de sedimentos por medio de secreciones mucilaginosas (Holland *et al.*, 1974; Frostick y McCave, 1979); al mismo tiempo pueden formar una barrera contra la desecación y permitir la existencia de una mayor diversidad microbiana.

Sin embargo, muchos de los estudios sobre diatomeas bentónicas, estuarinas y litorales, han tenido un carácter meramente descriptivo o cualitativo. Round (1971) hizo una recopilación de los diferentes trabajos que tratan sobre la estructura y función de las asociaciones de diatomeas bentónicas marinas y de agua salobre. Además se han realizado estudios sobre la correlación entre las asociaciones de diatomeas y los gradientes de salinidad y desecación (McIntire y Overton, 1971; Moore y McIntire, 1977; Koppen y Crow, 1978, Whiting, 1983).

En México son pocos los trabajos que abordan el estudio de las diatomeas bentónicas y tienen también un carácter descriptivo, (Hernández-Becerril y Alvarez-Borrego, 1983; Siqueiros-Beltrones e Ibarra-Obando, 1985), aunque se ha hecho también un esfuerzo por conocer la estructura de las asociaciones de diatomeas epífitas (Siqueiros-Beltrones *et al.*, 1985). Dichos estudios se hicieron en apoyo a investigaciones enfocadas a evaluar la producción primaria de zonas productivamente importantes, sin embargo, a nivel de grupo las diatomeas son organismos ubicuos y para tener una idea más clara de los nichos ecológicos que ocupan, es necesario determinar qué especies viven en otro tipo de ambientes.

Un grupo de investigadores de la Universidad de Boston realiza desde 1977 estudios sobre la comunidad microbiana de la Laguna Figueroa. Los tapetes microbianos de este lugar han sido utilizados como modelos de ambientes precámbricos, comparándoseles con

1964), have many other functions, such as oxygenation. Some less obvious functions would be that of some epiphytes species as primary colonizers (Takano, 1961; Sieburth and Thomas, 1973; Sand-Jensen, 1977; Jacobs and Noten, 1980) or the participation of some colonial species in the stabilization of sediments through mucilaginous secretions (Holland *et al.* 1974; Frostick and McCabe, 1979). At the same time, they can form a barrier against desiccation and allow the existence of a greater microbial diversity.

Many studies on benthic, estuarine and littoral diatoms, however, are descriptive or qualitative. Round (1971) compiled the studies dealing with the structure and function of marine and freshwater benthic diatom associations. Besides, several authors, (McIntire and Overton, 1971; Moore and McIntire, 1977; Koppen and Crow, 1978; Whiting, 1983), conducted studies on the correlation between the diatom associations and the salinity and desiccation gradients.

In Mexico, few studies deal with benthic diatoms, and those which do are descriptive (Hernández-Becerril and Alvarez-Borrego, 1983; Siqueiros-Beltrones and Ibarra-Obando, 1985), although an effort has been made to understand the structure of the epiphyte diatom associations (Siqueiros-Beltrones *et al.*, 1985). Those studies were meant to support research aimed at evaluating the primary production of highly productive areas. Nevertheless, at the group level, diatoms are ubiquitous organisms and in order to have a clear idea of the ecological niches they occupy, it is necessary to determine which species live in another type of environment.

A group of researchers from the University of Boston has been carrying out studies on microbial community of the Laguna Figueroa since 1977. The microbial layers of this area have been used as models of precambrian environments and compared with beds 3.4 billion year old (Margulis *et al.*, 1980; Stolz and Margulis, 1984). At the Laguna Figueroa, cyanophytic structures identified as recent stromatolite have also been studied and their formation processes have helped to interpret the precambrian stromatolites and

yacimientos que datan de 3,400 millones de años (Margulis *et al.*, 1980; Stolz y Margulis, 1984); también, en la Laguna Figueroa se han estudiado estructuras cianofíticas identificadas como estromatolitos recientes y cuyos procesos de formación ayudan en la interpretación de estromatolitos y microbiota precámbricos (Horodyski y Von der Haar, 1975; Horodyski, 1977). Este ecosistema se caracteriza por la presencia de cianobacterias de los géneros *Microcoleus* y *Oscillatoria*, entre otros (Margulis *et al.*, 1980; Stolz, 1983; Stolz y Margulis, 1984). Anteriormente, Horodyski y Von der Haar (1975) observaron florecimientos estacionales de diatomeas penales en los sedimentos de este lugar, al grado de formar tapetes gelatinosos de varios milímetros de espesor. Recientemente Brown *et al.* (1985) realizaron un estudio sobre algunos mecanismos autorreguladores, propios de la comunidad microbiana de la Laguna Figueroa, y detectaron poblaciones diversas y relativamente grandes de diatomeas asociadas a los sedimentos.

En la Laguna Figueroa, la elevada salinidad genera un ambiente aparentemente inhóspito, lo que se refleja en la ausencia de organismos pastoreadores; esto permite el florecimiento de una compleja mezcla de microorganismos, principalmente cianobacterias (Margulis y Stolz, 1983). Así, resulta interesante conocer cómo están constituidas las asociaciones de diatomeas bentónicas en la Laguna Figueroa. En este trabajo se presenta una primera aproximación al conocimiento de la estructura de estas asociaciones, que de alguna forma proliferan bajo las condiciones de hipersalinidad y de desecación características de la Laguna Figueroa. Para esto, se hace una estimación de la diversidad de especies y se resaltan los taxa más importantes de diatomeas asociadas a los sedimentos de esta zona, para la época de colecta.

AREA DE ESTUDIO

La Laguna Figueroa se localiza en la Costa Pacífica de Baja California, aproximadamente a 220km de la frontera de México con EUA entre los 30° 32' y 30° 41' Norte y los 116° 00' y 116° 03' Oeste (Fig. 1). El cuerpo de la Laguna es elongado y comprende un bajo de evaporita, una marisma salada y

microbiota (Horodyski and Von der Haar, 1975; Horodyski, 1977). This ecosystem is characterized by the cyanobacteria present in the genera *Microcoleus* and *Oscillatoria* among others (Margulis *et al.*, 1980; Stolz, 1983; Stolz and Margulis, 1984). Before that, Horodyski and Von der Haar (1975) observed seasonal blooms of pennate diatoms, to such an extent that they formed gelatinous layers various millimeters thick, in the sediments of that site. More recently, Brown *et al.* (1985) carried out a study on some selfregulating mechanisms, characteristic of the microbial community of Laguna Figueroa and detected various and relatively large diatom populations associated with the sediments.

At the Laguna Figueroa, high salinity creates an apparently hostile environment, which is reflected in the absence of grazing organisms. This allows a complex mixture of organisms, mainly cyanobacteria, to bloom (Margulis and Stolz, 1983). Thus, it is interesting to know how the benthic diatom associations are constituted at the Laguna Figueroa. This paper presents a first approach to the understanding of the structure of these associations, which proliferate under hypersalinity and desiccation conditions, typical at the Laguna Figueroa. That is why an estimate of the species diversity is made and special emphasis is given in sampling to the most important taxa of diatoms associated with the sediments of this zone.

STUDY AREA

Laguna Figueroa is located on the Pacific coast of Baja California, approximately 220km from the Mexican boarder with USA, between 30° 32' and 30° 41' North and 116° 00' and 116° 03' West (Fig. 1). The body of the Lagoon is elongate and comprises an evaporita basin, a salt marsh and a sand bar 8 to 12m high and 100 to 150m wide, separating the Lagoon from the ocean. The hydrological factors of the Lagoon are controlled mainly by tidal effects. During high tides, water is filtered through dunes, that creates temporary and permanent pools, which vary from a few centimeters to some decimeters deep and from a few meters to several hundred meters in diameter (Horodyski and Von der Haar, 1975; Horodyski, 1977; Stolz, 1983). The latter

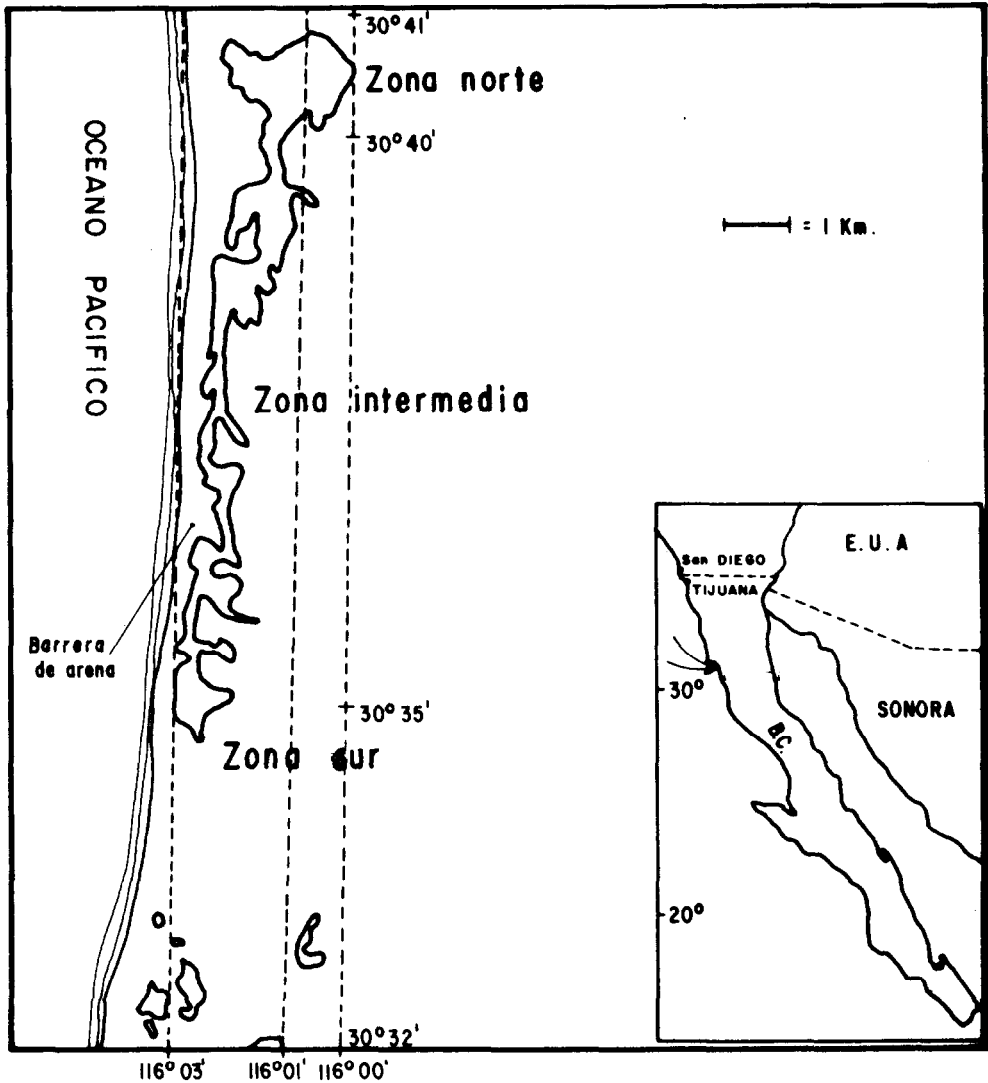


Figura 1. Localización de la Laguna Figueroa y zonas de muestreo (modificado de Read *et al.*, 1983).

Figure 1. Localization of Laguna Figueroa and sampling sites (as modified by Read *et al.*, 1983).

una barrera de arena de 8 a 12m de altura y 100 a 150m de ancho que separa la Laguna del océano. Los factores hidrológicos de la Laguna están controlados principalmente por el efecto de las mareas. Durante las mareas altas existe filtración de agua a través de las dunas, lo que da lugar a charcas temporales y permanentes, las que tienen desde varios centímetros a algunos decímetros de profundidad

reports that floods by continental waters are also frequent during winter rains.

METHODS

During August, 1984, seven samplings of sediments (microbial layers) and floating scum from pools, in three areas (North, intermediate and South) of the Laguna Figueroa (Fig. 1).

con diámetros que varían de unos cuantos metros a varios cientos de metros (Horodyski y Von der Haar, 1975; Horodyski, 1977; Stolz, 1983). Este último menciona que son frecuentes también las inundaciones por agua continental durante las lluvias de invierno.

METODOS

Durante agosto de 1984 se colectaron siete muestras de sedimento (tapetes microbianos) y de lama sobrenadante de charcas, en tres zonas (norte, intermedia y sur) de la Laguna Figueroa (Fig. 1). Las muestras se guardaron en cajas de petri selladas y se colocaron en hielo para su transporte al laboratorio. Al mismo tiempo se hicieron mediciones de la salinidad del agua intersticial y de las charcas, con un refractómetro. La homogeneidad o heterogeneidad de cada zona definidas por el tipo y la coloración del sustrato, permitieron determinar el número de sitios de muestreo para cada lugar (Tabla I).

En el laboratorio, las muestras se trataron con ácido nítrico concentrado con el fin de eliminar toda la materia orgánica (Patrick y Reimer, 1966). Posteriormente, se elaboraron cinco preparaciones permanentes de diatomeas por cada muestra; como medio de montaje se utilizó la resina Cumar R-9 (Holmes *et al.*, 1981). El análisis de las muestras se realizó con un microscopio Zeiss Modelo K17112 provisto de contraste de fases. Se hicieron observaciones adicionales con un microscopio Zeiss Standar 18 con objetivos de inmersión planapocromático 663/1.4 y planapocromático 100/1.2 y oculares CPLW 10X/18. Se hizo un registro fotográfico de las especies que representan a las diferentes asociaciones de diatomeas (Apéndice). Para este fin se utilizó una cámara Zeiss C-35 y películas de alto contraste (Kodak Technical Pan 2415).

La identificación de los taxa de diatomeas bentónicas se hizo con base en los trabajos de van Heurck (1986), Hustedt (1930), Hustedt (1955), Cleve-Euler (1968), Main (1973) y McIntire y Reimer (1974).

The samples were introduced into sealed Petri boxes placed in ice in order to be transported to the laboratory. At the same time, measurements of the interstitial and pool water salinity were taken with a refractometer. Homogeneity or heterogeneity of each area, defined by the type and coloration of the substratum, allowed to determine the number of sampling points for each site (Table I).

In the laboratory, the samples were treated with concentrated nitric acid in order to eliminate all the organic material (Patrick and Reimer, 1966). Later, five permanent preparations of diatoms were made for each sample; Cumar R-9 resin was used as mounting medium (Holmes *et al.*, 1981). Analysis of the samples was carried out with a Zeiss microscope, model K17112, with contrast of phases. Further observations were made with a Zeiss microscope Standard 18 with planachromatic 63/1.4 and planachromatic 100/1.2 immersion objectives and oculars CPLW 10X/18. Photographic recording of the species that represent the different diatom associations (Appendix) was done with a Zeiss C-35 camera used with a high contrast film (Kodak Technical Pan 2415).

The taxa of benthic diatoms was determined based on the studies of van Heurck (1986), Hustedt (1930), Hustedt (1955), Cleve-Euler (1968), Main (1973) and McIntire and Reimer (1974).

Sampling size

To calculate the index used to describe the structure in the associations, four different sample sizes (100, 200, 300 and 500 frustules) were used. The latter were chosen according to McIntire and Overton (1971) and Siqueiros-Beltrones and Ibarra - Obando (1985), who proposed sample sizes of 500 and 1,000 individuals respectively, and considering that in this study, the species richness (S) was much lower.

A matrix with 28 values of the diversity index (H') was obtained and a one way analysis of variance was done. Due to the characteristics of the data (few and without

Tabla I. Localización y algunas características de los sitios de muestreo en la Laguna Figueroa, BC; sn sobrenadante. *Tomada de una huella de pisada reciente.**Table I.** Localization and some characteristics of the sampling sites at Laguna Figueroa, BC; sn, floating. *Taken from a recent footprint.

Sitio	Localización	Sustrato y coloración	Salinidad y sedimentos	‰/oo agua
L1	Norte	Tapete Naranja	60	50
L2	Sur	Lamoso verde (sn)	93	110*
L3	Norte	Tapete naranja	60	50
L6	Norte	Fangoso inundado	112	--
L7	Entre N y S	Lamoso sn verde y pardo	70	48
L9	Norte	Lamoso sn beige	60	50
L10	Entre N y S	Fangoso beige	70	48

Tamaño de muestra

Para el cálculo de los índices que se utilizaron para describir la estructura en las asociaciones, se usaron cuatro tamaños de muestra distintos (100, 200, 300 y 500 frústulas). Estos se escogieron con base en los trabajos de McIntire y Overton (1971) y Siqueiros-Beltrones e Ibarra-Obando (1985), quienes proponen tamaños de muestra de 500 y 1,000 individuos, respectivamente y considerando que en este estudio la riqueza de especies (S) era mucho menor.

Se obtuvo una matriz con 28 valores del índice de diversidad (H') y se practicó un análisis de varianza de una vía. Debido a las características de los datos (pocos y sin réplicas) se siguió un enfoque no paramétrico Kruskal-Wallis (Kokal y Rohlf, 1980); se realizó el análisis considerando el tamaño de muestra como la fuente de variación de H' . La probabilidad de observar valores tan grandes como $H'=0.064$ en el estadígrafo H de Kruskal-Wallis fue de 0.995428, a un nivel de significancia de 0.05 H_0 no es rechazada; no existieron diferencias significativas entre los valores de H' , según el tamaño de muestra. Sin embargo, al contar 500 frústulas los valores de H' descendieron y con 100 fueron ligeramente más bajos, mientras que con 200 individuos, los valores de H' resultaban muy

replicates), a Kruskal-Wallis non parametric approach (Sokal and Rohlf, 1980) was used. The analysis was carried out considering the sample size as the source of the variation of H' . The probability of observing values as high as $H'=0.064$ in the Kruskal-Wallis stratigraph H was 0.995428. At a level of significance of 0.05, H_0 is not rejected; there were no significant differences between the values of H' between sample sizes. However, counting 500 frustules, the values of H' decreased and with 100, they were slightly lower, whereas with 200 individuals, the values of H' were very similar to those calculated for 300 individuals. Therefore, a sample size of 300 was considered adequate. Later, a new analysis was conducted considering the sampling site as the source of variation as well as an *a priori* multiple comparisons test. Since the H' values for the different sample sizes did not show a significant difference, they were considered as replicates of the H' value for 300 individuals.

Analysis of the associations

The species diversity of benthic diatoms was calculated using the Shannon-Wiener index, H' (Brower and Zar, 1979). In addition, the redundancy index (R') was calculated according to McIntire and Overton (1971). The apparent heterogeneity of the different

similares a los calculados para 30 individuos; de esta manera se optó por considerar 300 como un número adecuado. Posteriormente se hizo un nuevo análisis considerando el sitio de muestreo como la fuente de variación, así como una prueba *a priori* de comparaciones múltiples. Dado que los valores de H' para los diferentes tamaños de muestra no presentaron diferencias significativas, estos se consideraron como réplicas del valor de H' para 300 individuos.

Análisis de las asociaciones

La diversidad de especies de diatomeas bentónicas se calculó por medio del índice de Shannon-Wiener, H' (Brower y Zar, 1979); y además, se calculó el índice de redundancia (R'), de acuerdo a McIntire y Overton (1971). La heterogeneidad aparente de las diferentes zonas en que se tomaron las muestras requirió de una medida de la similitud entre las asociaciones. Para este fin se utilizó el índice de similitud de Stander (SIMI) (Standar, 1971). Como una medida de la dominancia de las especies numéricamente importantes se calculó el índice de valor biológico (IVB) (Sanders, 1960). Este índice proporciona a la vez una idea aproximada de la amplitud de la distribución de las especies. Para el cálculo del IVB, las especies se jerarquizan por abundancia en cada muestra, otorgándose un máximo de puntos a la especie más abundante, el siguiente puntaje a la segunda más abundante y así sucesivamente. El puntaje máximo equivale al número máximo de especies consideradas en las muestras. La suma de puntos para todas las muestras brinda el valor final del IVB para cada especie. Para este trabajo se calculó el IVB para aquellas especies que en conjunto representaban entre el 90 y 95% del total por muestra; éstas fueron 15 como máximo en una muestra y dado que se trabajó con siete muestras, el valor máximo computable del IVB fue de 105.

RESULTADOS

Se identificaron un total de 67 taxa entre especies y variedades (Apéndice), pertenecientes a 26 géneros. El mayor número de especies corresponde a los géneros *Navicula*

areas sampled required a measure of similitude between the associations. To do this, Stander's similarity index (SIMI) (Standar, 1971) was used. As a measure of dominance of the numerically important species, the biological value index was calculated (BVI) (Sander, 1960). This index also gives an approximate idea of the amplitude of the species distribution. To calculate the BVI, the species are ranked by abundance in each sample with the highest values assigned to the most important species, the following ones to the second most abundant species and so on. The highest values are equivalent to the maximum number of species considered in the samples. The sum of values for all the samples gives the final value of BVI for each species. In this study, the BVI was calculated for the species that altogether represented between 90% and 95% of the total by sample. There was a maximum of 15 species in a sample and since we worked with seven samples, the maximum computable value of BVI was 105.

RESULTS

A total of 67 taxa, including species and varieties (Appendix), belonging to 26 genera, were identified. The highest number of species corresponds to the genera *Navicula* (9), *Nitzschia* (8), *Achnanthes* (5) and *Amphora* (5); six taxa could not be identified to species or variety level and an attempt was made to identify others to species level, marking them with a star. Some species were observed only once and some were fragmented, for example *Climacosphenia moniligera*, *Pleurosigma* sp., *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Coscinodiscus fluviatilis*. Other characteristically large species ($\sim 100\mu$), such as *Campylodiscus chypeus*, *Surirella fastuosa* var. *cuneata*, *S. striatulla* and other smaller ones, such as *Diploneis gruendleri*, *Stauroneis legleri*, *Rhopalodia musculus*, were infrequent in the samples. *Gomphonema parvulum* was scarce, perhaps because it is an epilithic or epiphytic species.

Structure of the associations

As much as 67% of the taxa found during the taxonomic phase were represented in the countings. The Appendix presents the

(9), *Nitzschia* (8), *Achnanthes* (5) y *Amphora* (5); seis taxa no pudieron ser identificados hasta especie o variedad y otras fueron identificadas tentativamente hasta especie y se señalan con un asterisco. Algunas especies se observaron una sola vez y a veces fragmentadas, por ejemplo *Climacosphenia moniligera*, *Pleurosigma* sp., *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Coscinodiscus fluviatilis*. Otras especies caracterizadas por su tamaño grande (~100 μ), como *Campylodiscus clypeus*, *Surirella fastuosa* var. *cuneata*, *S. striatula* y otras más pequeñas, como *Diploneis gruenderi*, *Stauroneis legeri*, *Rhopalodia musculus*, fueron poco comunes dentro de las muestras. *Gomphonema parvulum* fue rara, quizá por tratarse de una especie epifítica o epifítica.

Estructura de las asociaciones

Dentro de los conteos quedaron representados el 67% de los taxa encontrados durante la fase taxonómica. En el Apéndice se presentan la abundancia de cada especie por muestra, así como los sitios en que se observaron aquellas que no se cuantificaron. En la Tabla II se presentan los valores de H' para los siete sitios de muestreo analizados y los valores de R'. Los valores más altos de H' correspondieron a los tapetes microbianos (4.21 y 3.41), mientras que los más bajos a las muestras de sobrenadante (2.04 y 2.36). Los valores de H' tuvieron en todos los casos una relación inversa con los de R', pero también se puede observar que cuando la diversidad (H') fue más baja que en otras muestras, no sólo se debió a una alta dominancia, sino también a una baja riqueza de especies (sitios L7 y L6). El análisis de varianza no paramétrico (Tabla III) indica que los valores de H' para los distintos sitios presentan diferencias significativas entre sí (excepto entre los sitios L9 y L6).

Según los valores de IVB (Tabla IV) *Amphora salina* (90), *Mastogloia pusilla* (84), y *Achnanthes heideni* (75), son las especies más abundantes y mejor distribuidas; de hecho las dos primeras se encontraron en los siete sitios de muestreo y la tercera faltó solamente en la muestra L9. Las especies *Rhopalodia musculus* (59) y *Navicula parva* (57), fueron abundantes dentro de las muestras; esta última forma colonias dentro de

abundancia de cada especie por muestra así como las ubicaciones de aquellas que no fueron cuantificadas. La Tabla II muestra los valores de H' y R' para los siete sitios de muestreo analizados. Los valores más altos de H' correspondieron a las capas microbianas (4.21 y 3.41), mientras que los más bajos correspondieron a las muestras de flotantes (2.04 y 2.36). Los valores de H' fueron en todos los casos inversamente relacionados con los de R', pero también se puede observar que cuando la diversidad (H') fue menor que en otras muestras, esto se debió no sólo a una alta dominancia, sino también a una baja variedad de especies (ubicaciones L7 y L6). El análisis de varianzas no paramétricas (Tabla III) indica que los valores de H' para los distintos sitios presentan diferencias significativas entre sí (excepto entre las ubicaciones L9 y L6).

Según los valores de BVI (Tabla IV), *Amphora salina* (90), *Mastogloia pusilla* (84), y *Achnanthes heideni* (75), son las especies más abundantes y mejor distribuidas. Las primeras dos fueron encontradas en los siete sitios de muestreo y la tercera sólo en la muestra L9. Las especies *Rhopalodia musculus* (59) y *Navicula parva* (57) fueron abundantes en las muestras; estas últimas forman colonias en los tubos mucilaginosos como *A. salina*. *Nitzschia punctata* (37), *Nitzschia* #1 (5) *Cymbella pusilla* (30), *Gomphonema* #1 (26) y *Amphora salina* var. *tenuissima* (25) son especies comunes y fueron abundantes en algunas muestras. Eventualmente, *Achnanthes brevipes* var. *intermedia* tuvo un BVI de 15, porque en el sitio L9 fue la especie más abundante, mientras que en otras muestras, sólo se observaron algunos especímenes. Lo mismo es cierto para *Tropidoneis lepidoptera* que ocurrió abundantemente en el sitio L6 y fue ausente en los demás, excepto un raro espécimen observado en L1.

Según el índice de similitud de Stander (Tabla V), los sitios con la mayor similitud con respecto a la composición de especies fueron L6 y L7 (0.881). Las especies más importantes que compartieron estos sitios fueron, en orden de abundancia, *Achnanthes heideni*, *Mastogloia pusilla* y *Amphora salina*, diferenciándose principalmente por la presencia de *Tropidoneis lepidoptera* (A) y *Navicula parva* (C) en L6. Las muestras L2 y L6 (0.855) también comparten las tres especies que fueron en general más abundantes, aunque *A. salina* no fue abundante en L2, además

Tabla II. Valores de H', R' y total de especies por muestras (S) para las muestras analizadas.
Table II. Values of H', R' and total of species per sample (S) for the sampling analyzed.

La probabilidad de observar valores tan grandes como 25,833 en el estadígrafo H' de Kruskal-Wallis es de 0.000240. A un nivel de significancia de 0.05, HO es rechazada.

Prueba de comparaciones múltiples

Pareja	Discrepancia observada	Discrepancia max. compatible	Decisión al 5.0 de sig.
(1,2)	4.500	2.852	Significativa
(1,3)	12.000	2.852	Significativa
(1,4)	7.500	2.852	Significativa
(1,5)	17.500	2.852	Significativa
(1,6)	24.000	2.852	Significativa
(1,7)	18.500	2.852	Significativa
(2,3)	7.500	2.852	Significativa
(2,4)	3.000	2.852	Significativa
(2,5)	13.000	2.852	Significativa
(2,6)	19.500	2.852	Significativa
(2,7)	14.000	2.852	Significativa
(3,4)	4.500	2.852	Significativa
(3,5)	5.500	2.852	Significativa
(3,6)	12.000	2.852	Significativa
(3,7)	6.500	2.852	Significativa
(4,5)	10.000	2.852	Significativa
(4,6)	16.500	2.852	Significativa
(4,7)	11.000	2.852	Significativa
(5,6)	6.500	2.852	Significativa
(5,7)	1.000	2.852	Significativa
(6,7)	5.500	2.852	Significativa

Equivalencias 1=L1, 2=L10, 3=L2, 4=L3, 5=L9, 6=L7, 7=L6.

Mínima diferencia significativa: 2.852

tubos mucilaginosos al igual que *A. salina*, *Nitzschia punctata* (37), *Nitzschia* #1 (35), *Cymbella pusilla* (30), *Gomphonema* 1 (26) y *Amphora salina* var. *tenuissima* (25), son especies que se pueden considerar comunes y que fueron abundantes en alguna de las muestras. Por último, *Achnanthes brevipes* var. *intermedia* tuvo un IVB de 15, debido a que en el sitio L9 fue la especie más abundante, mientras que en otras muestras sólo se observaron algunos ejemplares; el mismo caso se presentó para *Tropidoneis lepidoptera* que apareció en el sitio L6 en abundancia y estuvo

observing a greater species variety (S) and diversity (H') in it. On the other hand, the L9 sample was only more or less similar to L7 (0.582), mainly due to two of the important species and to the species *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*, as well as to the low number of species in L7. As far as the other sites are concerned, L9 is quite different, since the most important species in the sample were *A. brevipes* var. *intermedia*, *Nitzschia* #1 and *Cymbella pusilla*, besides *M. pusilla* and the rare species present per sample (S=11).

ausente en los demás, a excepción de algún espécimen observado en L1.

De acuerdo al índice de similitud de Stander (Tabla V) los sitios con una mayor semejanza en cuanto a la composición de especies fueron L6 y L7 (0.881). Las especies más importantes que compartieron estos sitios, fueron en orden de abundancia *Achnanthes heideni*, *Mastogloia pusilla* y *Amphora salina*; siendo diferentes principalmente por la presencia de *Tropidoneis lepidoptera* (A) y *Navicula parva* (C) en L6. Las muestras L2 y L6 (0.855) comparten también las tres especies que, en general, fueron más abundantes, aunque *A. salina* L2 no fue abundante, además de haberse observado en ésta una mayor riqueza (S) y diversidad (H') de especies. Por otra parte la muestra L9 sólo fue medianamente similar a L7 (0.582), debido principalmente a dos de las especies importantes y a la especie *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*, así como el bajo número de especies en L7. Con respecto a los demás sitios, L9 es poco similar, ya que además de *M. pusilla* las especies importantes en la muestra fueron *A. brevipes* var. *intermedia*, *Nitzschia* #1 y *Cymbella pusilla*, aunado a la vez a las pocas especies presentes por muestra (S=11).

DISCUSION

La riqueza de especies dentro de las muestras colectadas en la Laguna Figueroa resultó baja (S=67) con respecto a otro tipo de ambiente. Brown *et al.* (1985) registraron una riqueza muy similar (S=66) en muestras tomadas durante el verano en el mismo lugar. En un ambiente hipersalino como el de la Laguna Figueroa, no proliferan muchas especies. Algunas de las especies encontradas se hallan en otro tipo de ambientes, incluyendo zonas altamente productivas, por ejemplo: *Mastogloia pusilla*, *Amphora salina*, *Navicula parva*, *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*, que pueden observarse en la Bahía de San Quintín (Siqueiros-Beltrones e Ibarra-Obando, 1985). Algunas especies raras como *Coscinodiscus fluviatilis* y *Cocconeis planeuula* var. *euglypta*, probablemente son remanentes de proliferaciones en temporadas con aporte de agua continental; otras como *Gomphonema parvulum* de hábitos epilíticos y epifíticos, quizá crezcan sobre mantos de *Enteromorpha*

Tabla III. Análisis de varianza no paramétrico, Kruskal-Wallis para los valores de H' calculados y prueba de comparaciones múltiples, para los siete sitios de muestreo en la Laguna Figueroa.

Table III. Analysis of non parametric variance, Kruskal-Wallis for the H' values calculated and multiple comparison test, for the seven sampling sites at Laguna Figueroa.

Sitio	S	H'	R'
L1	34	4.21	0.215
L2	17	3.00	0.299
L3	19	3.41	0.228
L6	11	2.56	0.287
L7	7	2.04	0.295
L9	11	2.36	0.351
L10	25	3.40	0.320
\bar{X}		3.00	0.285

DISCUSSION

The species variety in the samples collected at the Laguna Figueroa was low (S=67) compared to that of other types of environment. Brown *et al.* (1985) recorded a very similar variety (S=66) in samples taken in the same location during the summer. In a hypersaline environment such as that of the Laguna Figueroa, many species do not proliferate. Some of the species found, for example: *Mastogloia pusilla*, *Amphora salina*, *Navicula parva*, *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*, that can be observed in the Bahía de San Quintín, occur in other types of environment, including highly productive areas (Siqueiros - Beltrones and Ibarra - Obando, 1985). Some rare species such as *Coscinodiscus fluviatilis* and *Cocconeis planeuula* var. *euglypta*, are probably remnants of proliferations during seasons characterized by freshwater input. Other species, such as *Gomphonema parvulum*, of epilithic and epiphytic habits grow perhaps on beds of *Enteromorpha* sp. observed in some pools. The presence of rare or uncommon species, that were apparently a functional part of the association, is difficult to interpret particularly in a preliminary study; they have

Tabla IV. Índice de valor biológico de las especies más importantes según su abundancia y distribución, en los sitios de muestreo en la Laguna Figueroa.

Table IV. Biological value index of the most important species according to their abundance and distribution in the sampling sites at Laguna Figueroa.

Nombre de la especie	IVB
<i>Amphora salina</i>	90
<i>Mastogloia pusilla</i>	84
<i>Achnanthes heideni</i>	75
<i>Rhopalodia musculus</i> var. <i>constricta</i>	59
<i>Navicula parva</i>	57
<i>Nitzschia punctata</i>	37
<i>Nitzschia</i> #1	35
<i>Cimbella pusilla</i>	30
<i>Gomphonema</i> #1	26
<i>Amphora salina</i> var. <i>tenuissima</i>	25
<i>Fragilaria</i> #1	16
<i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>intermedia</i>	15
<i>Navicula ammophyla</i> var. <i>intermedia</i>	14
<i>Nitzschia frustulum</i> var. <i>perminuta</i>	12
<i>Amphiprora alata</i>	11
<i>Gomphonema</i> #2	11
<i>Tropidoneis lepidoptera</i>	11
<i>Navicula salinarum</i>	10
<i>Amphora</i> #4	9
<i>Gyrosigma balticum</i>	8
<i>Cyclotella meneghiniana</i> var. <i>laevisima</i>	6

Tabla V. Valores del Índice de Similitud de Stander entre los sitios de muestreo de la Laguna Figueroa.

Table V. Values of the Stander Similarity Index between the sampling sites of Laguna Figueroa.

	L1	L2	L3	L6	L7	L9	L10
L1							
L2	0.574						
L3	0.671	0.379					
L6	0.572	0.855	0.587				
L7	0.419	0.684	0.622	0.881			
L9	0.231	0.165	0.397	0.323	0.582		
L10	0.613	0.469	0.650	0.549	0.452	0.088	

sp. que se observaron en algunas charcas. La presencia de especies raras, o pocos comunes, que aparentemente sí formaban parte funcional de la asociación, es difícil de interpretarse, sobre todo en un estudio preliminar; no pueden considerarse poco importantes ya que al igual que las demás, se desconocen sus nichos ecológicos; por otra parte, algunas son de tamaño considerable (*Surirella striatulla*, *S. fastuosa* var. *cuneata* *Campylodiscus clypeus*, *Amphiprora alata*) mientras que las más abundantes (*Amphora salina*, *Achnanthes heideni*, entre otras) son especies de tamaño pequeño.

La similitud entre las muestras indica que las asociaciones de diatomeas estuvieron determinadas en gran parte por tres especies, mismas que tuvieron un mayor IVB, es decir una mayor abundancia y frecuencia de aparición. La diferencia de la muestra L9 con respecto a las demás, debido a la presencia de otras especies importantes, no puede atribuirse a diferencias de salinidad o sustrato, aunque los datos son pocos para hacer una interpretación precisa. De igual modo, es difícil de interpretar por qué *A. brevipes* var. *intermedia*, *Cymbella pusilla*, *Tropidoneis lepidoptera* y otras especies, estuvieron presentes en sólo una o dos muestras o por qué *M. pusilla* y *A. heideni* fueron raras en la muestra L10 y por qué *Opephora pacifica* registrada por Brown *et al.* (1985) no fue observada. Estas variaciones no pueden atribuirse a la forma del muestreo, ya que se obtuvieron valores altos de SIMI entre sitios de muestreo de zonas distintas (L6 vs. L7), así como valores bajos entre sitios de la misma zona (L9).

Las asociaciones de diatomeas bentónicas estuvieron representadas por pocas especies abundantes y muchas especies poco comunes. Aún cuando la riqueza de especies en la Laguna Figueroa es baja en relación a otras zonas, la diversidad promedio calculada es, en general, relativamente alta ($H' = 3.00$); Amspoker (1977) y Whiting (1983) registraron valores de H' de 3.28 y 4.23 (en promedio), respectivamente, pero con una riqueza de especies mucho mayor en los sedimentos de ambientes estuarinos. Hernández-Becerril y Alvarez-Borrego (1983) calcularon valores de H' con una media de 3.06 para 75 taxa de

to be considered important since, as for the others, their ecological niches are unknown. On the other hand, some of them are of considerable size (*Surirella striatulla*, *S. fastuosa* var. *cuneata* *Campylodiscus clypeus*, *Amphiprora alata*), while the most abundant ones (*Amphora salina*, *Achnanthes heideni*, among others) are small species.

The similarity between the samples indicates that the diatom associations were largely determined by three species with a greater BVI, that is to say higher abundance and frequency of appearance. Due to the presence of other important species, the difference between sample L9 and the others cannot be attributed to differences in salinity or substratum, although the data are insufficient for an accurate interpretation. It is also difficult to interpret why *A. brevipes* var. *intermedia*, *Cymbella pusilla*, *Tropidoneis lepidoptera* among others, were present in only one or two samples, why *M. pusilla* and *A. heideni* were scarce in the samples L10 and why *Opephora pacifica* recorded by Brown *et al.* (1985) had not been observed. These variations cannot be attributed to the way the sampling have been carried out since high values of SIMI were obtained between sampling sites of different areas (L6 vs. L7), and low values between sites of the same area (L9).

The benthic diatom associations were represented by few abundant species and many uncommon ones. Even when the variety of species at the Laguna Figueroa is low compared to that of other areas, the mean diversity calculated is in general relatively high ($H' = 3.00$); Amspoker (1977) and Whiting (1983) recorded values of H' of 3.28 and 4.23 (in average), respectively, but with a much greater variety of species in the sediments of estuarine environments. Hernández-Becerril and Alvarez - Borrego (1983) calculated values of H' with a mean of 3.0 for 75 taxa of diatoms in the sediment in the Bahía de San Quintín; their calculations were carried out with natural logarithms which is equivalent to 2.95 with log (Brower and Zar, 1979). In addition, these authors worked with sieved samples, which makes their results less accurate. Those studies correspond to open systems, subject to the influence of the adjacent sea and to the species introduction. They also

diatomeas del sedimento en la Bahía de San Quintín; sus cálculos fueron realizados con logaritmos naturales lo que equivale a 2.95 con log (Brower y Zar, 1979). Además estos autores trabajaron muestras tamizadas, lo que les resta precisión a sus resultados. Los estudios anteriores corresponden a sistemas abiertos, sujetos a la influencia del mar adyacente y a la introducción de especies; presentan además una elevada producción primaria. La Laguna Figueroa es un sistema cerrado y dado que el suministro de agua marina es por filtración, no existe la introducción de especies de diatomeas marinas. La influencia de la precipitación pluvial cambia radicalmente las condiciones del sistema, y lo lleva de condiciones hipersalinas a dulceacuícolas durante el invierno. ¿Cómo varía entonces, la composición taxonómica de diatomeas bentónicas de verano a invierno? y ¿cómo se recuperan las asociaciones hipersalinas del efecto de la inundación de agua continental en la Laguna Figueroa y viceversa? Brown *et al.* (1985) encontraron que ninguna de las diatomeas encontradas en este lugar, resistieron condiciones de desecación prolongada. Sin embargo, en la Laguna Figueroa no es éste el principal problema, sino los cambios de salinidad. La mayoría de las especies registradas en este trabajo son características de aguas hipersalinas, por ejemplo, *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*, *Amphora lineolata*, *Cyclotella meneghiana* var. *laevissima*, *Navicula salinarum*, *Rhopalodia musculus*, *Stauroneis legeri* (Round, 1971); aunque en el área de estudio algunas fueron raras o poco comunes. Evidentemente estas especies presentan ajustes a la hipersalinidad, como la doble frústula observada en muchos especímenes de *A. brevipes* var. *intermedia*, fenómeno que ha sido registrado para *A. longipes* cultivado en medios hipertónicos (Round, 1971). En las preparaciones analizadas se observaron partes de tubos mucilaginosos de *A. salina* y *N. parva*, hecho que señala la resistencia de estas estructuras.

La diversidad de especies (H') relativamente elevada en la Laguna Figueroa, indica que las asociaciones proliferan exitosamente en estas condiciones. Por otra parte, la baja riqueza de especies (S) y la dominancia relativamente alta ($R' = 0.285$), indican que son

present a high primary production. Laguna Figueroa is a closed system and since the marine water supply occurs by filtration, there is no introduction of marine diatom species. The influence of rainfall radically changes the conditions of the system and leads it from hypersaline to freshwater conditions during the winter. Then, how does the taxonomic composition of benthic diatoms vary from summer to winter? and how do the hypersaline associations recover from the effect of flooding by freshwater at the Laguna Figueroa and vice-versa? Brown *et al.* (1985) found that none of the diatoms found in this area, could resist long desiccation conditions. At the Laguna Figueroa, however, the main problems are the salinity changes. Most of the species recorded in this paper, for example, *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*, *Amphora lineolata*, *Cyclotella meneghiana* var. *laevissima*, *Navicula salinarum*, *Rhopalodia musculus*, *Stauroneis legeri* are characteristic of hypersaline waters, (Round, 1971), although in the study area, some of them were scarce or uncommon. These species obviously presented adjustments to hypersalinity, such as the double frustule observed in many specimens of *A. brevipes* var. *intermedia*, phenomenon recorded for *A. longipes* cultured in hypertonic media (Round, 1971). In the preparations analyzed, parts of mucilaginous tubes of *A. salina* and *N. parva* were detected, which shows the resistance of these structures.

The relatively high species diversity (H') at the Laguna Figueroa indicates that the associations proliferate successfully in these conditions. On the other hand, the low variety of species (S) and the relatively high dominance ($R' = 0.285$), indicate that there are few species adapted to this type of environment.

Previous studies conducted in the same area have shown a complex microbial community that lives under the same conditions (Margulis and Stolz, 1983; Stolz and Margulis, 1984); it was also found that interactions between different microbial groups take place and allow the existence of this complexity (Brown *et al.*, 1985).

In this paper as well as in that of Horodyski and Von der Haar (1975), it was observed that blooms of the pennate diatoms

pocas las especies adaptadas a este tipo de ambientes.

Trabajos anteriores realizados en la misma zona han mostrado una compleja comunidad microbiana que habita en las mismas condiciones (Margulis y Stolz, 1983; Stolz y Margulis, 1984); se ha encontrado también, que se presentan interacciones entre diferentes grupos microbianos, que permiten la existencia de dicha complejidad (Brown *et al.*, 1985).

En este trabajo, al igual que en el realizado por Horodyski y Von der Haar (1975) se ha observado que los florecimientos de diatomeas penales cubren los fondos de las charcas y los sedimentos contiguos que se descubren al bajar el nivel de agua. Las secreciones mucilaginosas de especies coloniales como *N. parva* y *A. salina* pueden actuar como una barrera contra la desecación, favoreciendo así el mejor desarrollo de la comunidad microbiana. ¿Pero hasta qué grado interactúan las asociaciones de diatomeas bentónicas en la Laguna Figueroa con el resto de los microorganismos? Se hace patente la necesidad de llevar a cabo más estudios sobre ecología microbiana en general, para conocer como afectan los factores abióticos y sobre todo las interacciones con otros microorganismos, la distribución de las distintas especies de diatomeas bentónicas en diversos ambientes.

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo fue posible gracias al apoyo brindado por Silvia Ibarra Obando, del CICESE, en el trabajo de campo, así como en el de laboratorio y en la revisión del manuscrito; Tim Baumgartner y Vicente Ferreira (CICESE) facilitaron el equipo de fotografía; Irma González López colaboró en el cálculo de los índices en la computadora y en el escrito final; Daniel Loya colaboró en las pruebas estadísticas practicadas. Igualmente se agradece a Luis Herrera y a Hermilo Santoyo, de la UABCS, las sugerencias hechas al manuscrito.

cover the bottoms of the pools and the contiguous sediments that are exposed when the water level drops. The mucilaginous secretions of colonial species such as *N. parva* and *A. salina* may act as a barrier against desiccation and thus allow a better development of the microbial community. But to what extent do the benthic diatom associations interact with the rest of the microorganisms at the Laguna Figueroa? It is very important to conduct more studies on microbial ecology in general and particularly on the interaction with other organisms and the distribution of different species of benthic diatoms in different environments.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was made possible thanks to the support provided by Silvia Ibarra Obando from the CICESE on the field as well as in laboratory and in the revision of the manuscript. Tim Baumgartner and Vicente Ferreira (CICESE) provided the photographic equipment. Irma González López collaborated in computing indexes and in the final manuscript and Daniel Loya in the statistical tests carried out. The suggestions to the manuscript by Luis Herrera and Hermilo Santoyo from the UABCS are also appreciated.

Katarzyna Michejda translated this paper into English.

APENDICE

Lista de especies de diatomeas bentónicas en la Laguna Figueroa y abundancias dentro de cada muestra.

List of benthic diatom species of Laguna Figueroa and abundance in each sample.

	L1	L2	L3	L6	L7	L9	L10
<i>Achnanthes biasolettiana</i> (Kg.) Grun.	P	-	-	-	-	-	P
<i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>intermedia</i> Kutz	P	-	R	C	C	A	R
<i>A. delicatula</i> var. <i>subcapitata</i> (Ostr.) A.Cl.	-	-	-	-	-	-	R
<i>A. heidenis</i> Schulz.	A	A	P	A	A	R	A
<i>Achnanthes</i> #3	R	R	-	-	-	-	-
<i>A. orientalis</i> Hust.	P		R	-	-	R	R
<i>Amphiprora alata</i> (Ehr.) Kutz.	C	R	R	R	R	-	A
<i>Amphora acutiuscula</i> Kutz.	R	R	R	P	-	R	-
<i>A. holsatica</i> Hust.	-	R	-	R	-	-	-
<i>A. salina</i> W.Sm.	A	C	A	A	A	C	A
<i>A. salina</i> var. <i>tenuissima</i> Hust.	C	C	A	-	-	C	-
<i>Amphora</i> #4	C	P	C	-	P	R	-
<i>Amphora lineolata</i> Ehr.	R	-	P	R	-	R	P
<i>Campylodiscus clypeus</i> Ehr.	P	R	P	-	-	-	P
<i>Climacosphenia moniligera</i> Ehr.	R	-	-	-	-	-	-
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehr.) Grun.	R	-	-	-	-	-	-
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehr.	R	-	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus fluviatilis</i> Hust.	R	-	-	-	-	-	R
<i>Cyclotella meneghiniana</i> var. <i>laevisima</i> (Van Goorn) Hust.	R	-	-	-	-	-	P
<i>Cymbella pusilla</i> Grun.	P	P	C	-	-	C	C
<i>Cymbella</i> #2	-	R	-	-	-	-	-
<i>Diploneis decipiens</i> var. <i>typica</i> A.Cl.	R	-	-	-	-	-	R
<i>D. gruendleri</i> (A.S.) Cl.	R	-	-	R	-	-	R
<i>D. interrupta</i> (Kg.) Cl.	R	-	-	-	-	-	-
<i>D. oblongella</i> var. <i>gibbosa</i> McCall	R	-	-	-	-	-	R
<i>Epithemis zebra</i> (Ehr.) Kutz.	R	-	R	-	-	-	-
<i>Fragilaria lapponica</i> Grun.	R	-	R	-	-	-	R
<i>Fragilaria</i> #1	C	C	P	-	-	-	R
<i>Gomphonema parvulum</i> Kutz.	-	-	-	-	-	-	R
<i>Comphonema</i> #1	C	C	C	-	-	-	A
<i>Comphonema</i> #2	C	C	-	-	-	-	P
<i>Grammatophora</i> sp.	-	R	-	-	-	-	-
<i>Gyrosigma balticum</i> (Ehr.) Cl.	C	R	-	-	-	-	R
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun.	R	-	R	-	-	-	-
<i>Mastogloia pusilla</i> Grun.	C	A	A	A	A	A	R
<i>Mastogloia</i> #2	R	-	-	-	R	-	-
<i>Navicula ammophyla</i> var. <i>intermedia</i> Grun.	C	C	-	-	R	R	A
<i>Navicula crucicula</i> var. <i>minor</i> A.Cl.	R	-	-	-	-	-	R
<i>Navicula littoricola</i> Hust.	R	-	-	-	-	-	-
<i>N. mutica</i> Kutz.	R	-	-	-	-	-	-
<i>N. parva</i> (menegh.) A.Cl.	A	A	A	C	R	R	P
<i>N. salinarum</i> Grun.	-	-	R	-	R	-	C
<i>N. vittata</i> Hust.	R	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula</i> #4	R	-	-	-	-	-	-

Siqueiros-Beltrones, D.A.-Diatomeas bentónicas

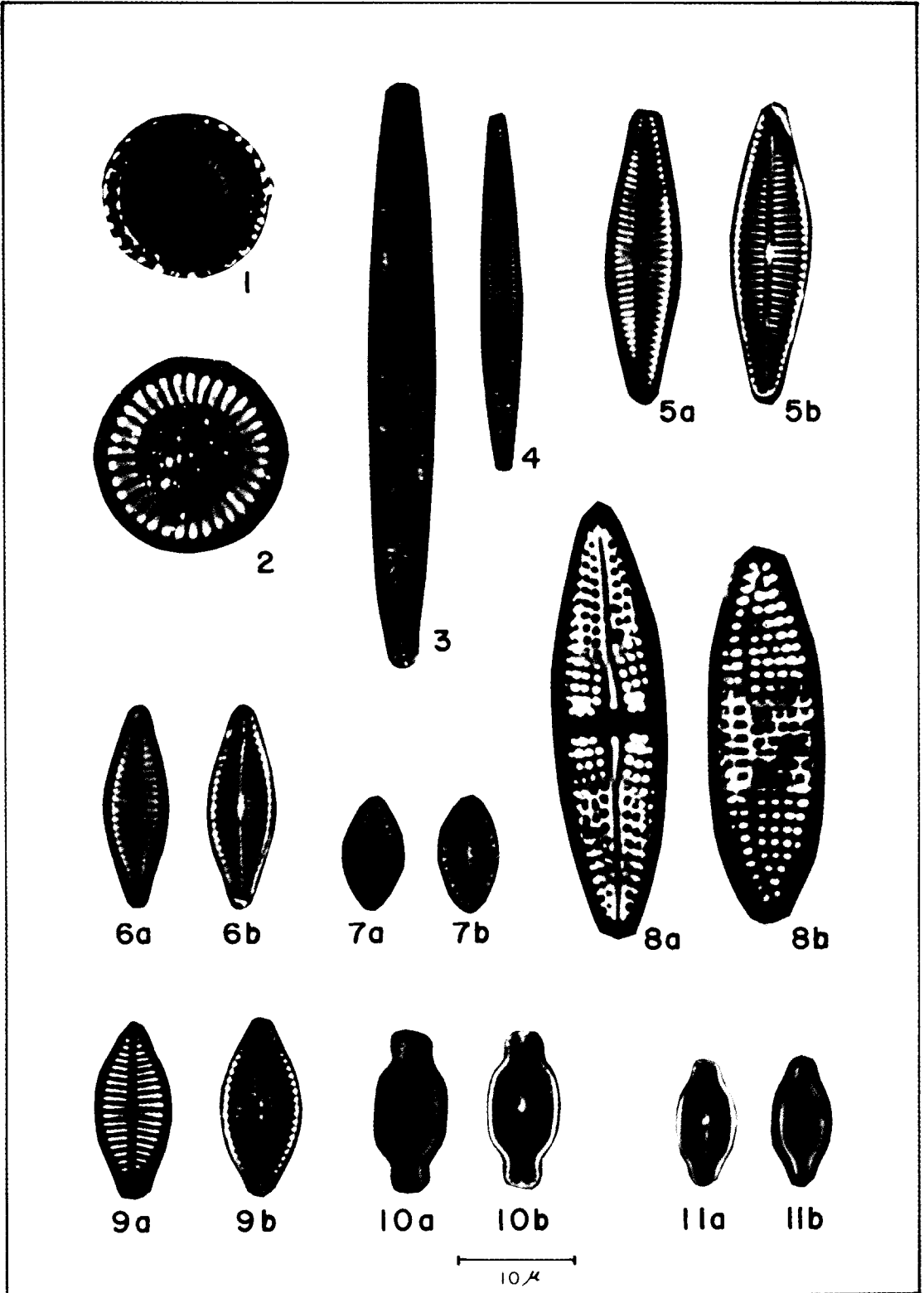
continuación

	L1	L2	L3	L6	L7	L9	L10
<i>Nitzschia obtusa</i> var. <i>scalpeliformis</i> Grun.	C	-	C	-	-	C	R
<i>N. frustulum</i> var. <i>perminuta</i> Grun.	C	C	R	R	-	-	P
<i>N. granulata</i> Grun.	R	-	-	-	-	-	-
<i>N. punctata</i> (W.Sm) Grun.	A	A	R	R	R	-	A
<i>N. subhybrida</i> Hust.	R	-	-	-	-	-	R
<i>N. vitrea</i> Norman	-	R	-	-	-	-	R
<i>Nitzschia</i> #1	A	-	C	-	-	A	R
<i>Nitzschia</i> #2	R	-	C	-	-	-	-
<i>Nitzschia</i> #6	R	-	-	-	-	-	-
<i>Paralia sulcata</i> var. <i>crenulata</i> Grun.	R	-	R	-	-	-	R
<i>Pleurosigma</i> #1	-	-	R	-	-	-	R
<i>Rhopalodia musculus</i> (Kütz.) Mull.	R	-	-	-	-	-	R
<i>R. musculus</i> var. <i>producta</i> Grun.	R	R	-	-	-	-	-
<i>R. musculus</i> var. <i>constricta</i> W.Sm.	A	C	A	A	C	R	R
<i>Stauroneis legleri</i> Hust.	P	R	R	-	-	-	R
<i>Surirella fastuosa</i> var. <i>cuneata</i> A.S.	R	-	-	-	-	-	R
<i>Suriella striatula</i> Turpin.	R	R	-	-	-	-	-
<i>Synedra affinis</i> Kütz.	R	-	-	-	-	-	-
<i>S. affinia</i> #2	R	-	-	-	-	-	-
<i>S. affinis</i> #3	R	-	R	-	-	-	-
<i>Synedra</i> #4	R	-	-	-	-	-	-
<i>Trachyneis clepsydra</i> (Donk.) Cl.	R	-	-	-	-	-	-
<i>Tropinodeis lepidoptera</i> Grun.) Cl.	R	-	-	A	-	-	-

A - abundante >20 individuos
 C - común 6-20 individuos
 P - poco común 3-5 individuos
 R - rara 1-2 individuos

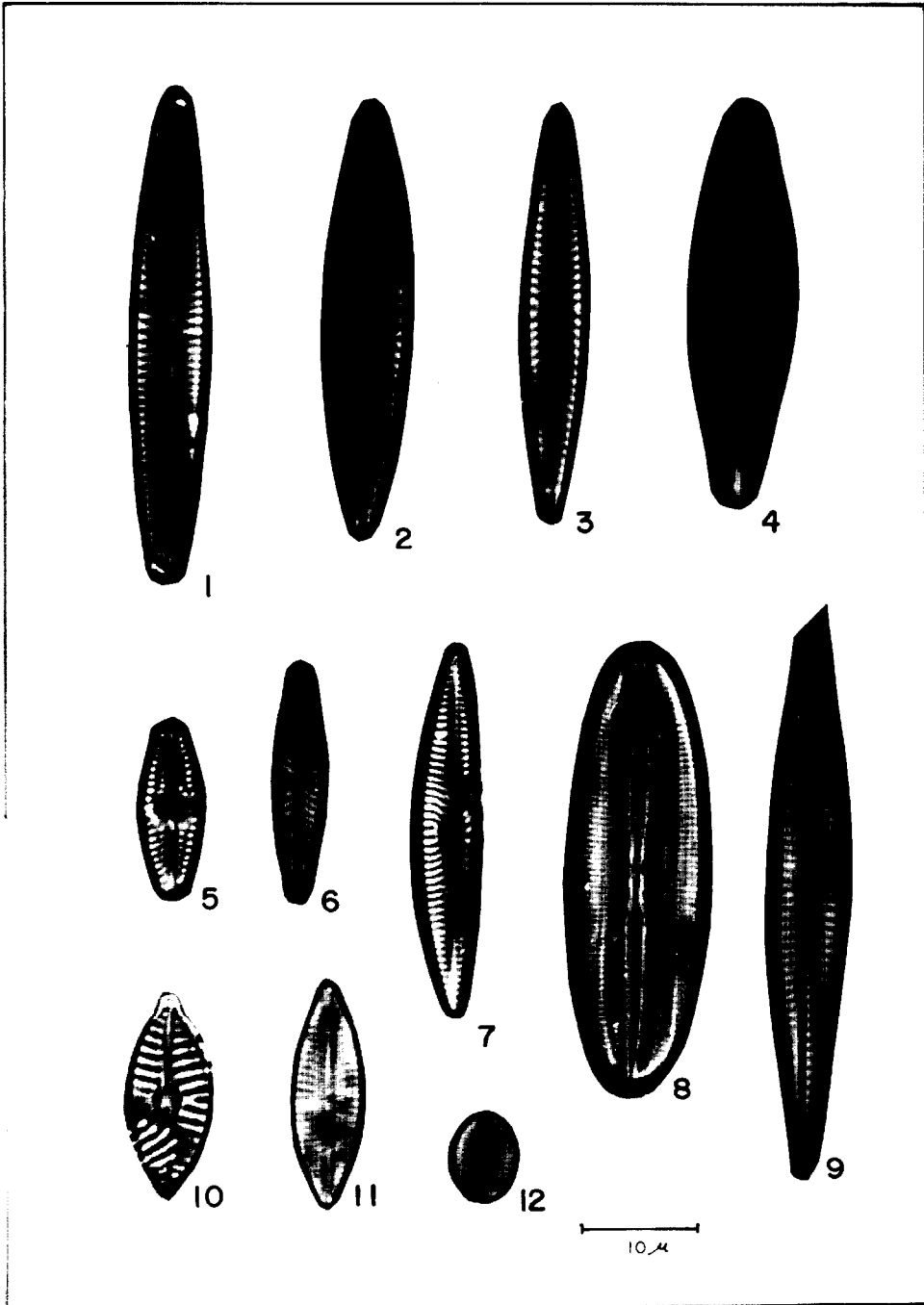
LAMINA I. 1. *Peralia sulcata* var. *crenulata* Grun, 2. *Cyclotella meneghiniana* var. *laevissima* (Van Goorn) Hust., 3. *Synedra affinis* #3, 4. *Synedra affinis* Kütz., 5a. *Achnanthes* #3 (VR), 5b. *Achnanthes* #3 (VPR), 6a. *Achnanthes heideni* Schulz. (VR), 6b. *Achnanthes heideni* Schulz. (VPR), 7a. *Achnanthes heideni* Schulz. (VR), 7B. *Achnanthes heideni* Schulz. (VPR), 8a. *Achnanthes brevipes* var. *intermedia* Kütz. (VR), 8b. *Achnanthes brevipes* var. *intermedia* Kütz. (VPR), 9a. *Achnanthes delicatula* var. *subcapitata* (östr.) A.Cl. (VR), 9b. *Achnanthes delicatula* var. *subcapitata* (östr.) A.Cl. (VPR), 10a. *Achnanthes orientalis* Hust. (RV), 10b. *Achnanthes orientalis* Hust. (VPR), 11a. *Achnanthes biasolettiana* (Kg.) Grun. (VR), 11b. *Achnanthes biasolettiana* (Kg.) Grun. (VPR).

V.R. = Valva del rafe; VPR = Valva del pseudorafe.



LAMINA II.

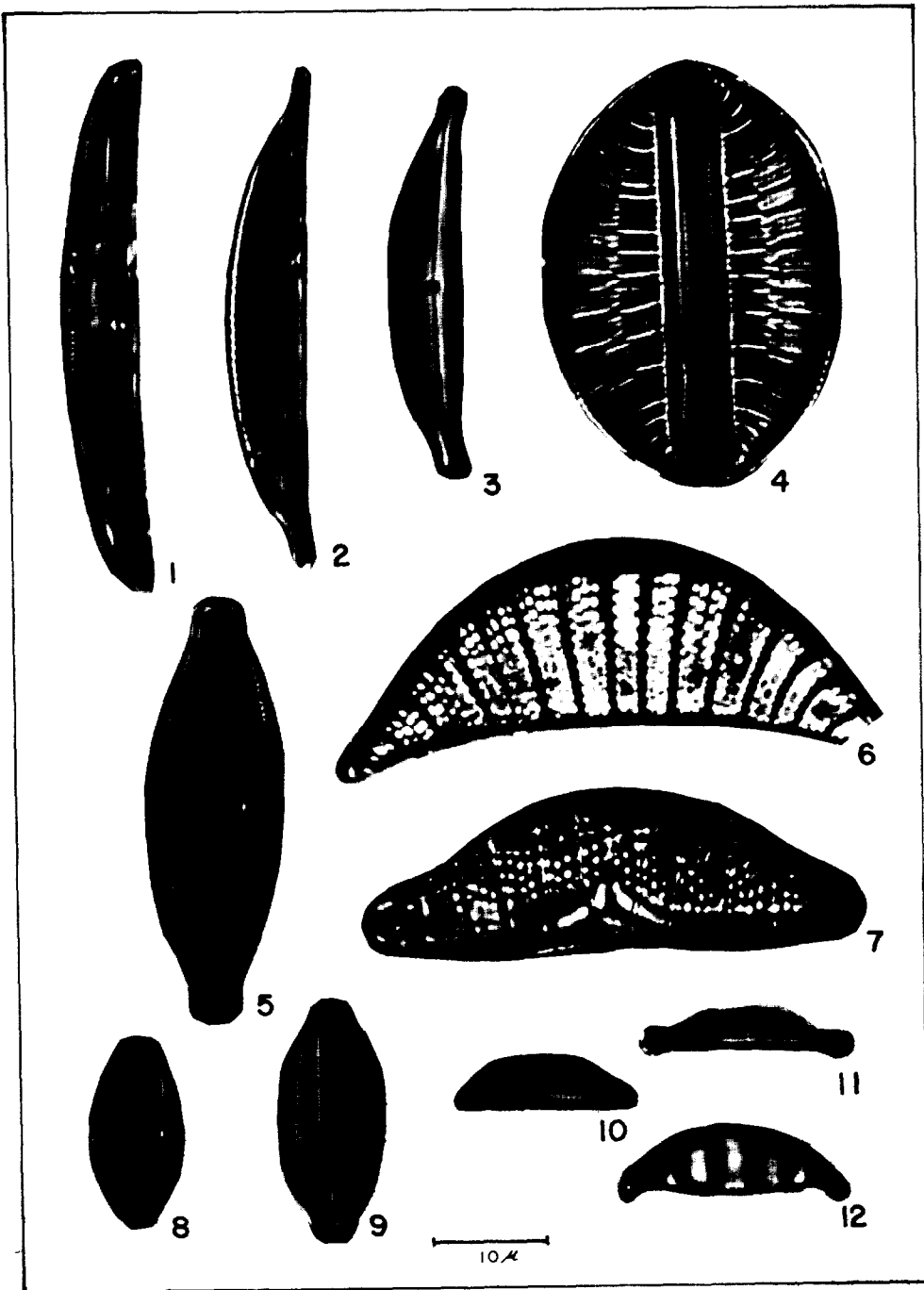
1. *Gomphonema* #1.
2. *Navicula parva* (Menegh) A.Cl..
3. *Navicula parva* (Menegh.) A.Cl..
4. *Navicula crucicula* var. *minor* A.Cl..
5. *Navicula mutica* Kz..
6. *Navicula* #4.
7. *Cymbella pusilla* Grun..
8. *Navicula littoricola* Hust..
9. *Navicula ammophyla* var. *intermedia* Grun..
10. *Navicula* #5.
11. *Navicula salinarum* Grum.
12. *Navicula vittata* Hust.



LAMINA III.

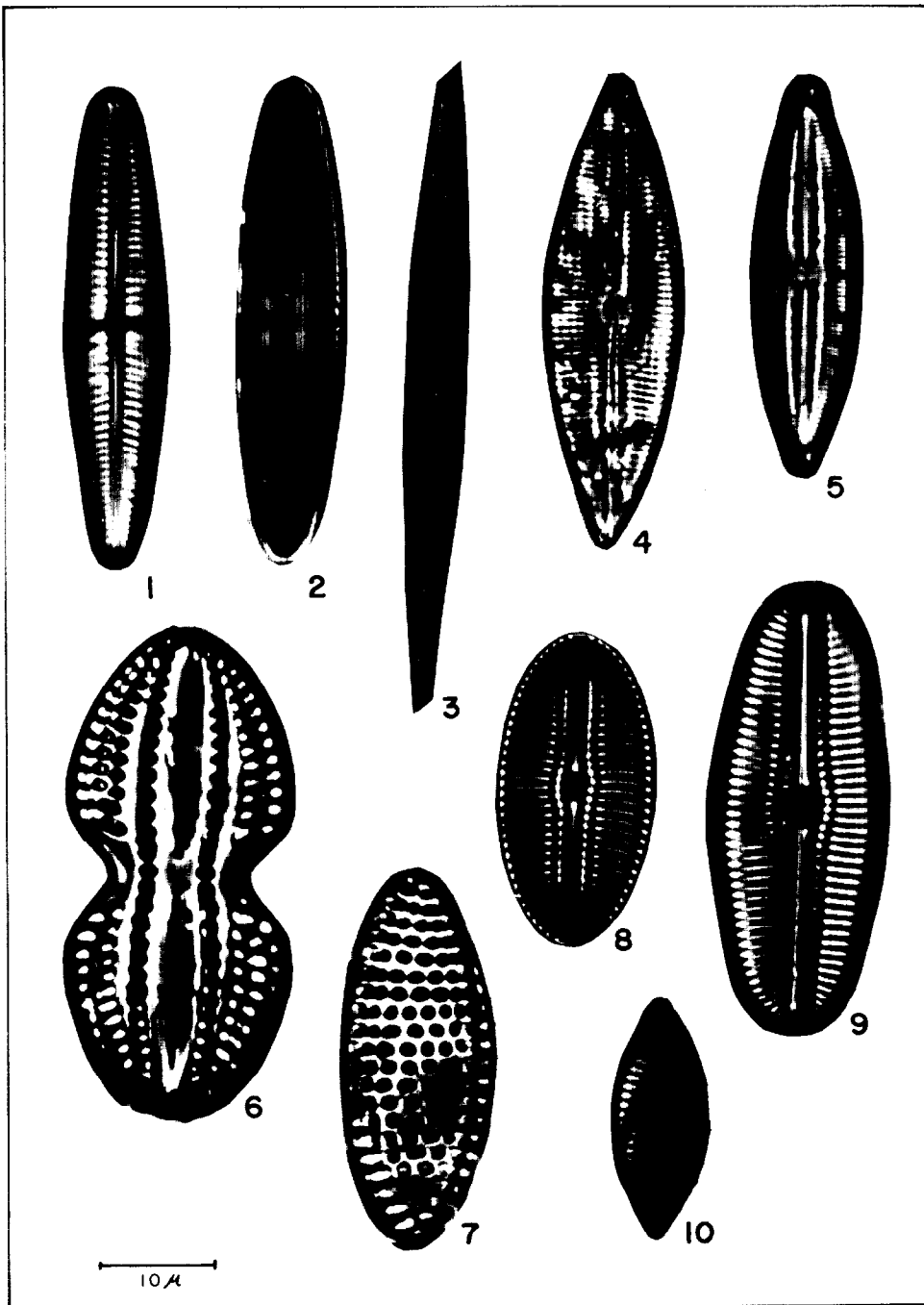
1. *Amphora lineolata* Ehr. (V.V.).
2. *Amphora acutiuscula* Kütz. (V.C).
3. *Amphora salina* W. Sm. (V.V.).
4. *Rhopalodia musculus* var. *constricta* W. Sm. (V.C.).
5. *Amphora acutiuscula* Kü. (V.C.).
6. *Rhopalodia musculus* (Kütz) Mull.
7. *Epithemia zebra* (Ehr.) Kütz. (V.V.).
8. *Amphora salina* W. Sm. (V.C.).
9. *Amphora* #4 (V.C.).
10. *Amphora* #4 (V.V.).
11. *Amphora salina* var. *tenuissima* Hust. (V.V.).
12. *Rhopalodia musculus* var. *productus* Grun.

V.C. = Vista conectiva; V.V. = Vista valvar.



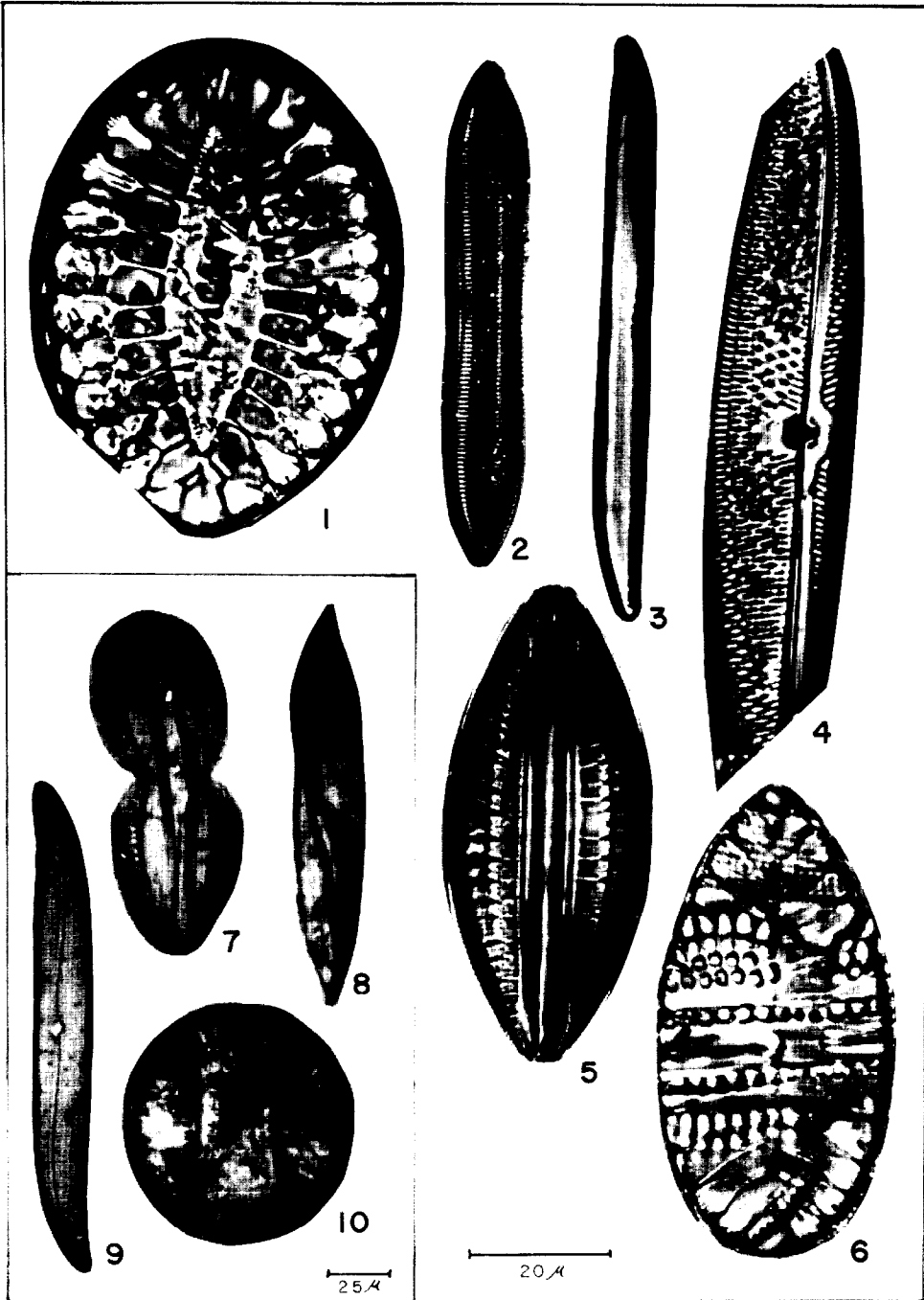
LAMINA IV.

1. *Stauroneis legleri* Hust..
2. *Stauroneis legleri* Hust; enfocado para mostrar septos.
3. *Nitzschia* #1, 4. *Mastogloia* sp..
5. *Mastogloia pusilla* Grun..
6. *Diploneis gruendleri* (A.S.) Cl..
7. *Nitzschia granulata* Grun..
8. *Diploneis decipiens* var. *typica* A.Cl..
9. *Diploneis oblongella* var. *gibbosa* McCall.
10. *Nitzschia punctata* (W.Sm.) Grun.



LAMINA V.

1. *Surirella fastuosa* var. *cuneata* A.S.
2. *Nitzschia subhybrida* Hust..
3. *Nitzschia obtusa* var. *filiformis* Grun.
4. *Trachyneis clepsydra* (Donk.) Cl.
5. *Rhopalodia musculus* var. *constricta* Kütz.
6. *Surirella stratulla* Turpin.
7. *Amphiprora alata* (Ehr.) Kütz.
8. *Tropidoneis lepidoptera* (Grun.) Cl.
9. *Gyrosigma balticum* (Ehr.) Cl.
10. *Campylodiscus chyleus* Ehr.



LITERATURA CITADA

- Amspoker, M.C. (1977) The Distribution of Intertidal Epispammic Diatoms on Scripps Beach, La Jolla, Ca. USA. *Bot. Mar.* 20:227-232.
- Brower, J.E. and Zar, J.H. (1979) Field and Laboratory Methods for General Ecology. Wm. C. Brown Co. Pub. Dubuque, Iowa. 194pp.
- Brown, S., Margulis, L., Ibarra, S. and Siqueiros, D. (1985) Dessication Resistance and Contamination as Mechanisms of GAIA. *Biosystems*, 17:337-360.
- Castenholz, R.W. (1961) The Effect of Grazing on Marine Littoral Diatom Populations. *Ecol.* 42:783-794.
- Cleve-Euler, A. (1968) Die diatomeen von shweden und finnland, En: Verlag von Kramer. *Bibliotheca Phycologica* Band 5. Wheldon and Wesley NY, USA. Primera reimpression.
- Frostick, L.E. and McCave, I.N. (1979) Seasonal Shifts of Sediment Whitin an Estuary Mediated by Algal Growth. *Estuarine and Coastal Marine Science.* 9:569-576.
- Gaxiola-Castro, G. (1984) Productividad primaria y algunos parámetros de la relación fotosíntesis-luz en el fitoplancton marino. Tesis de Maestría, CICESE. Ensenada, BC 127pp.
- Hendey, N.I. (1964) An Introductory Account of the Smaller Algae of Britttish Coastal Waters. Part V: Bacillariophyceae (Diatoms). Fisheries Investigation Series IV. HMSO. London 317pp.
- Hernández-Becerril, D.U. y Alvarez-Borrego, S. (1983). Diatomeas bentónicas en Bahía San Quintín, *Ciencias Marinas* 9(2):121-131.
- Holmes, R.W., Wilson, C.J. and Amspoker, M.C. (1981) Techniques for Preparing Permanent Preparations of Cleaned and Uncleaned Diatoms Using Cumar R-9, a Cumarone-Indene Resin. *Bacillaria.* (4):21-27.
- Holland, A.F., Zingmerk, R.B. and Dean, J.M. (1974) Quantitative Evidence Concerning the Stabilisation of Sediment by Benthic Diatoms. *Marine Biology* 27:191-196.
- Horodyski, R.J. (1977) *Lyngbia* Mats at Laguna Mormona, Baja California, Mexico: Comparison with Proterozoic Stromatolites, *J. Sediment. Petrol.* 47:1305-1320.
- Horodyski, R.U. and Von der Har, S.J. (1975) Recent Calcareous Stromatolites from Laguna Mormona (Baja California) Mexico. *J. Sediment. Petrol.* 45:894-906.
- Hustedt, F. (1930) Bacillarophyta. En: Pascher, A. *Die Susswasser Flora Mitteleuropas.* Otto Koeltz Science Pub. W. Germany. 466pp.
- Hustedt, F. (1959) Die Kieselalgen Deutschlands, Osterreichs under Schwciz. En: Rabenhorst, L. *Kryptogammen-Flora.* Band VII, P.I-II Johnson Rep. Co. NY. 845pp.
- Jacobs, R. P.W.M. and Noten, T.M.P.A. (1980) The Annual Pattern of the Diatoms in the Epiphyton of Eelgrass (*Zostera marina*) at Roscoff, France. *Aquat. Bot.* 8:355-370.
- Koppen, J.D. and Crow, J.H. (1978) Some Midsummer Diatom Assemblages Along the Saline Gradient of a Small Coastal Stream in Kachemak Bay, Alaska. *Bot. Mar.* 21:199-206.
- Main, S.P. (1973) The Distribution of Epiphytic Diatoms in Yaquina Estuary, Oregon. Ph.D. Thesis Oregon State University. Corvallis, Oregon. 112pp.
- Margulis, L., Barghoorn, E.S., Ashendorf, D., Banerjee, S., Chase, D., Francis, S., Giovannoni, S. and Stolz, J.F. (1980) The Microbial Community at Laguna Figueroa, Baja California, Mexico: Does It Have Precambrian Analogues? *Precambrian Res.* 11:93-123.
- Margulis, L. and Stolz, J. (1983) Microbial Systematics and a GAIAN View of the Sediment. En: *Biom mineralization and Biological Metal Accumulation.* P. Westbroek and E. de Jong (eds.) Reidel, Dordrech. Holland. p. 27-54.

- McIntire, C.D. and Moore, W.W.. (1977) Marine Littoral Diatoms: Ecological Considerations, p. 333-371. En: The Biology of Diatoms. Botanical Monographs (D. Werner, ed.) 498pp.
- McIntire, C.D. and Overton, W.S. (1971) Distribution Patterns in Assemblages of Attached Diatoms from Yaquina Estuary, Oregon, Ecol. 52:758-777.
- McIntire, D.C. and Reimer, C.W. (1974) Some Marine and Brackish-Water *Achnanthes* from Yaquina Estuary, Oregon, USA Bot. Mar. 28:164-175.
- Moore, W.W. and McIntire, C.D. (1977) Spatial and Seasonal Distribution of Littoral Diatoms in Yaquina Bay Estuary, Oregon. Bot. Mar. 20:99-109.
- Patrick, R. and Reimer, C.W. (1966) The Diatoms of the United States Exclusive of Alaska and Hawaii, Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. N.13, 688pp.
- Read, L.K., Marquis, L., Stolz, J., Obar, R. and Sawyer, T.K. (1983) A New Strain of *Paratetramitus jugosus* from Laguna Figueroa, Baja California, Mexico. Biol. Bull. 165:241-264.
- Round, F.E. (1971) Benthic Marine Diatoms. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 9:83-139.
- Sand-Jensen, K. (1977) Effects of Epiphytes on Eelgrass Photosynthesis. Aquat. Bot. 3:55-63.
- Sanders, H.L. (1960) Benthic Studies in Buzzards Bay. III. The Structure of Soft-Bottom Community. Limnol. Oceanogr. 5:138-153.
- Santoyo, H.L. and Signoret, M. (1979) Fito-plancton de la Laguna del Mar Muerto en el Sur del Pacífico de México. An. Centro de Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. México. 6(2):71-80.
- Sieburth, J.M. and Thomas, C. (1973) Fouling on Eelgrass (*Zostera marina*) J. Phycol. 9:46-50.
- Siqueiros-Beltrones, D.A. e Ibarra-Obando, S.E. (1985) Lista Florística de las diatomeas epífitas de *Zostera marina* en Bahía Falsa San Quintín, BC. Ciencias Marinas. 11(3): 21-67.
- Siqueiros-Beltrones, D.A., Ibarra-Obando, S.E. y Loya-Salinas, D. (1985) Una aproximación de la estructura florística de las diatomeas epífitas de *Zostera marina* y sus variaciones temporales en Bahía Falsa, San Quintín, BC. Ciencias Marinas 11(3):69-88.
- Sokal, R.R. and Rohlf, F.J. (1980) Biometry. 2ed. W.H. Freeman Co. San Francisco. 859pp.
- Stander, J.M. (1970) Diversity and Similarity of Benthic Fauna off Oregon, M.S. Thesis. O.S.U., Corvallis, Oregon. 72pp.
- Stolz, J.F. (1983). Fine Structure of the Stratified Microbial Community at Laguna Figueroa, Baja California, Mexico. I. Methods of *in situ* Study of Laminated Sediments. Precambrian Res. 20:479-492.
- Stolz, J.F. and Margulis, L. (1984) The Stratified Microbial Community at Laguna Figueroa, Baja California, Mexico: A Possible Model for Pre-Fanerozoic Laminated Microbial Communities Preserved in Cherts. Origins of Life. 14:671-679.
- Takano, H. (1961) Epiphytic Diatoms Upon Japanese Agar Seaweeds. Bull. Tokai. Reg. Fish. Res. Lab. 31:269-274.
- Van Heurck, H. (1896) A Treatise on the Diatomaceae. Wheldon and Westley. Hd. and Verlag Kramer, London. 558pp.
- Whiting, M.C. (1983) Distributional Patterns and Taxonomic Structure of Diatoms Assemblages in Netarts Bay, Oregon. Ph.D. Thesis, O.S.U., Corvallis, Oregon. 138pp.