

**COMPOSICION Y ESTRUCTURA DE LAS ASOCIACIONES
DE DIATOMEAS BENTONICAS DEL ESTERO DE PUNTA BANDA
EN OTOÑO DE 1983 Y 1986**

**COMPOSITION AND STRUCTURE OF BENTHIC DIATOM
ASSOCIATIONS IN PUNTA BANDA ESTUARY
IN AUTUMN 1983 AND 1986**

David Alfaro Siqueiros-Beltrones¹
Silvia Emilia Ibarra-Obando²
Miriam Poumián-Tapia²

¹ Departamento de Biología Marina
Universidad Autónoma de Baja California Sur
Apartado Postal 19-B
La Paz, B.C.S., México

² Departamento de Ecología
Centro de Investigación Científica y
de Educación Superior de Ensenada
Apartado Postal 2732
Ensenada, Baja California, México

Ciencias Marinas (1991), Vol. 17, No. 1, pp. 119-138.

RESUMEN

Se analizó la estructura de las asociaciones de diatomeas bentónicas de los sedimentos en cinco localidades de la marisma baja del Estero de Punta Banda, B.C., para otoño de 1983 y 1986. Se determinó un total de 253 taxa, siendo los más importantes *Nitzschia punctata*, *N. frustulum* v. *perminuta*, *N. granulata*, *Denticula subtilis* y *Amphora* sp. 1. La diversidad medida con varios índices (H' , $1-\lambda$, J' y $REDI$) fue alta, indicando un ambiente estable. La riqueza y diversidad fueron mayores en 1986. La similitud ($SIMI$) entre muestras mostró una marcada distribución en parches. Este índice no indicó cambios en la estructura de las asociaciones de diatomeas bentónicas entre 1983 y 1986. Debido a las características físicas de cada estación de colecta, las asociaciones de diatomeas deben ser consideradas en forma independiente.

ABSTRACT

The association structure of benthic diatoms in the low marsh sediments of Punta Banda Estuary was analyzed at five stations during autumn 1983 and 1986. A total of 253 taxa were determined being the most important *Nitzschia punctata*, *N. frustulum* v. *perminuta*, *N. granulata*, *Denticula subtilis* and *Amphora* sp. 1. The diversity measured with several indices (H' , $1-\lambda$, J' and $REDI$) was high, indicating a stable environment. Species richness and diversity were higher in 1986. Similarity ($SIMI$) between samples showed a marked patchy distribution. This index did not indicate differences in benthic diatom associations between 1983 and 1986. Due to the distinct physical characteristics of each sampling station, diatom associations should be considered independently.

INTRODUCCION

En los últimos años ha habido un creciente interés de la comunidad científica radicada en el estado de Baja California por documentar la importancia ecológica de las lagunas costeras que se encuentran en esta parte del país. Este surgió como contraparte del interés de industriales y empresarios por utilizar estos cuerpos de agua como áreas de desarrollo económico.

Cuando en 1983 la industria petrolera expuso un proyecto para transformar el extremo suroeste del Estero de Punta Banda en patio industrial para ensamblar plataformas petroleras, se hizo evidente la escasa información científica disponible sobre este ecosistema, la cual permitiera emitir un juicio sobre el impacto ecológico que implicaban las instalaciones y funcionamiento de la actividad ensambladora.

A partir de este momento, surgieron en el Departamento de Ecología del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), una serie de proyectos destinados a documentar la estructura y funcionamiento de este ecosistema, incluyendo un proyecto enfocado a registrar los cambios bióticos que tendrían lugar en el Estero de Punta Banda, como consecuencia de la instalación del proyecto petrolero.

Ibarra-Obando y Escofet (1987) evaluaron el daño ecológico potencial del proyecto industrial sobre la totalidad del estero basándose en los efectos producidos por la primera etapa del proyecto. Las autoras pronosticaron que, en caso de realizarse la segunda etapa, se provocaría una pérdida de hábitat que afectaría a las poblaciones de peces y aves. Asimismo, Ibarra-Obando y Poumián-Tapia (en prensa) detallaron los cambios presentados en la vegetación de marismas como consecuencia de la supresión del régimen de mareas en el área industrial (0.33 km²). El incremento en la salinidad del sedimento en esa área provocó cambios en la composición de las especies y una reducción de la diversidad biótica.

Una de las características principales de las lagunas costeras es la elevada tasa de producción de materia orgánica. En el caso de Punta Banda, la productividad primaria se ve favorecida por la influencia de las surgencias costeras, lo que determina una productividad fitoplanctónica elevada, comparable a las productividades máximas de aguas de surgen-

INTRODUCTION

In the past few years, the scientific community in the state of Baja California has become increasingly interested in documenting the ecological importance of the coastal lagoons found in this part of Mexico. This concern arose in response to the interest shown by industrialists to use these bodies of water as areas of economic development.

In 1983, the oil industry presented a project to transform the southwestern end of Punta Banda Estuary into an industrial yard to assemble oil platforms. It soon became obvious that there was little scientific information regarding this ecosystem, on which to base an opinion on the ecological impact that these installations and the assembly work would have.

Several projects were started at the Department of Ecology of the Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) in order to document the structure and function of this ecosystem, including a project to record the biotic changes that would occur in Punta Banda Estuary as a result of the oil project.

Ibarra-Obando and Escofet (1987) evaluated the potential ecological damage of the industrial project on all the estuary based on the effects produced by the first stage of the project. The authors predicted that, in the event that the second stage were put into effect, there would be a loss of habitat that would affect fish and bird populations. Likewise, Ibarra-Obando and Poumián-Tapia (in press) described the changes that occurred in the salt marsh vegetation as a result of the suppression of the tidal regime in the industrial area (0.33 km²). The increase in the salinity of the sediment in this area caused changes in species composition and a reduction in the biotic diversity.

One of the main characteristics of coastal lagoons is the high rate of production of organic matter. In the case of Punta Banda, primary productivity is favoured by the influence of coastal upwellings. This causes high phytoplanktonic productivity which is comparable to the maximum productivity in coastal upwelling waters of other regions (Millán-Núñez *et al.*, 1981). Together with this productivity, there is the productivity associated with salt marshes, that of sea grasses, macroalgae and microphytobenthos.

cias costeras en otras regiones del mundo (Millán-Núñez *et al.*, 1981). Aunada a esta productividad se encuentra la asociada con las marismas, la de pastos marinos y macroalgas y microfitorobentos. Asimismo, la función ecológica del Estero de Punta Banda, como criadero de peces y área de anidación de aves, ha sido documentada por Navarro-Mendoza (1985), Beltrán-Félix *et al.* (1986), Castro-Longoria y Grijalva-Chon (1988) y Escofet *et al.* (1988).

Por otra parte, se ha observado que el microfitorobentos y en particular las diatomeas bentónicas, tienen una contribución importante dentro de la productividad primaria fitoplanctónica (ticoplancton) del Estero de Punta Banda (Abraján-Villaseñor, 1986). No obstante, no existe ninguna información sobre la composición específica ni de la estructura de las asociaciones de diatomeas bentónicas para este lugar, a pesar de que los únicos estudios en el país sobre estas microalgas se han llevado a cabo en la península de Baja California (Hernández-Becerril y Alvarez-Borrego, 1983; Siqueiros-Beltrones e Ibarra-Obando, 1985; Siqueiros-Beltrones *et al.*, 1985; Siqueiros-Beltrones, 1988, 1990a).

En este estudio se presenta un primer listado de las diatomeas bentónicas del estero, así como un análisis de la estructura de sus asociaciones para el periodo de otoño de 1983 y 1986. Este representa una contribución al conocimiento fundamental del Estero de Punta Banda, en la zona de marisma, como parte de un esfuerzo por enfatizar su importancia ecológica y así continuar pugnando por su conservación.

AREA DE ESTUDIO

El Estero de Punta Banda se localiza entre los 31°40'-31°48' N; 116°34'-116°40' W, a 123 km al sur de la frontera México-Norteamericana. Abarca un área de 21 km², de la cual 3.3 km² están cubiertos por marismas (Fig. 1). La descripción detallada de sus características físicas y biológicas ha sido resumida por Ibarra-Obando y Escofet (1987).

El nivel inferior de la marisma, conocido como marisma baja, se caracteriza por la dominancia de *Spartina foliosa*. En la marisma media se encuentra una mezcla de especies vegetales que incluyen formas perennes, de vida corta y anuales (Ibarra-Obando y Poumián-Tapia, en prensa).

Likewise, the ecological function of Punta Banda Estuary, as a fish hatchery and nesting area for birds, has been documented by Navarro-Mendoza (1985), Beltrán-Félix *et al.* (1986), Castro-Longoria and Grijalva-Chon (1988) and Escofet *et al.* (1988).

On the other hand, it has been observed that the microphytobenthos and, in particular, the benthic diatoms, play an important role in the phytoplanktonic primary production (ticoplankton) of Punta Banda Estuary (Abraján-Villaseñor, 1986). However, there is no information on the specific composition or on the structure of the benthic diatom associations of this site, despite the fact that in Mexico, the only studies on these microalgae have been conducted in the peninsula of Baja California (Hernández-Becerril and Alvarez-Borrego, 1983; Siqueiros-Beltrones and Ibarra-Obando, 1985; Siqueiros-Beltrones *et al.*, 1985; Siqueiros-Beltrones, 1988, 1990a).

In this study, a first list of the benthic diatoms of the estuary as well as an analysis of their association structure for autumn 1983 and 1986 are presented. This study contributes to the knowledge of the salt marsh area in Punta Banda Estuary, as part of an effort to emphasize its ecological importance and the need to conserve it.

STUDY AREA

Punta Banda Estuary is located between 31°40'-31°48' N, 116°34'-116°40' W, 123 km south of the Mexico-USA border. It covers an area of 21 km², of which 3.3 km² are covered by salt marshes (Fig. 1). A detailed description of its physical and biological characteristics has been given by Ibarra-Obando and Escofet (1987).

The lower level of the salt marsh, known as low marsh, is dominated by *Spartina foliosa*. In the middle marsh, several plant species are found, that include perennial, of short life and annual forms (Ibarra-Obando and Poumián-Tapia, in press).

MATERIALS AND METHODS

During October-December 1983, eleven samples were collected at five stations in which the types of sediments, time of exposure

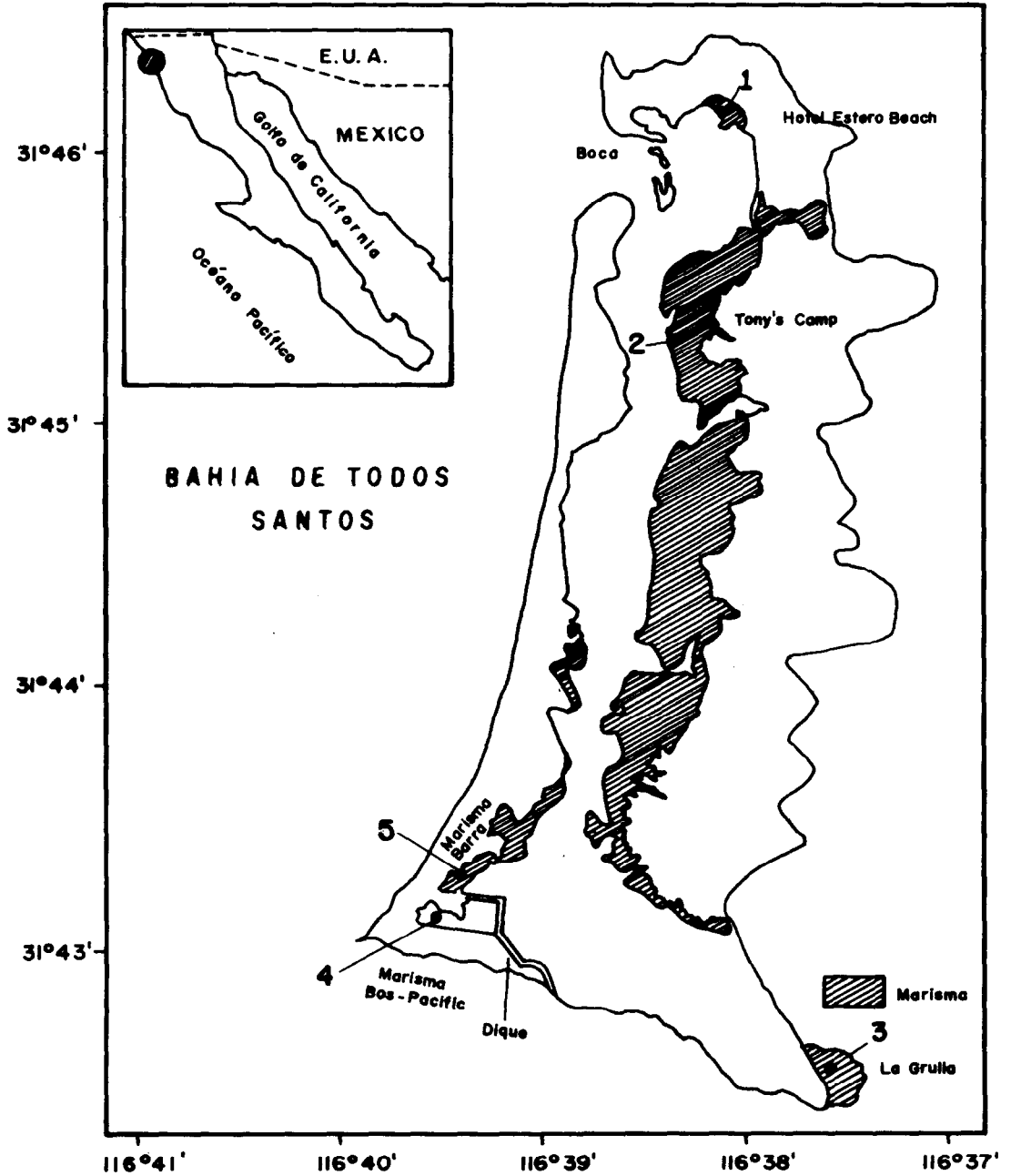


Figura 1. Localización del área de estudio y estaciones de muestreo.
Figure 1. Location of the study area and sampling stations.

MATERIALES Y METODOS

En 1983 se colectaron once muestras en el periodo octubre-diciembre, en cinco estaciones en las que los tipos de sedimentos, tiempo de exposición al aire (deseccación) y resuspensión por la marea varían de acuerdo con la distancia a la boca (Fig. 1): 1. Hotel Estero Beach, 2. Tony's Camp, 3. La Grulla, 4. Bos-Pacific, 5. barra de arena. Las estaciones 3, 4 y 5 corresponden a la parte interna del estero, conocida como "cabeza" y sus sedimentos son de tipo arcilloso; la estación 2 corresponde a la parte media (sustrato arenoso) y la 1 al área de la boca (arenoso). En 1986 se colectaron siete muestras los meses de octubre y noviembre. La estación 4 se eliminó porque ya había sido modificada por los dragados necesarios para el proyecto industrial.

Todas las colectas se realizaron por triplicado en el nivel de marisma baja. Se utilizaron tubos de acrílico transparente de 1.5 cm de diámetro interno por 7 cm de largo, con tapones de plástico en ambos extremos. Una vez tomada la muestra, los tubos se mantuvieron verticales para evitar la mezcla de las diferentes capas de sedimento. Las muestras se transportaron al laboratorio y se congelaron para su posterior procesamiento. En cada salida se determinó la salinidad del sedimento con un refractómetro marca Goldberg, con una escala de 0 a 160‰/oo, y obteniéndose valores promedio (1983, n = 2; 1986, n = 10).

Trabajo de laboratorio

Sólo se procesó el primer centímetro de la porción superior del núcleo, considerando la poca capacidad migratoria de las diatomeas bentónicas (Harper, 1977). Las muestras fueron tratadas con ácido nítrico y calor para limpiar las frústulas (Patrick y Reimer, 1966). Se elaboraron tres preparaciones permanentes de diatomeas por muestra, utilizando Cumar R-9 como medio de montaje (Holmes *et al.*, 1981).

Análisis taxonómico

Para el análisis de las preparaciones se usó un microscopio Zeiss modelo K17112 con contraste de fases. Se hicieron observaciones adicionales con un microscopio Zeiss Standard

to air (desiccation) and resuspension by the tide vary according to the distance to the mouth (Fig. 1): 1. Estero Beach Hotel, 2. Tony's Camp, 3. La Grulla, 4. Bos-Pacific and 5. sand bar. Stations 3, 4 and 5 correspond to the inner part of the estuary, known as "head", and have clayey sediments; station 2 corresponds to the middle part (sandy substrate) and station 1 to the area of the mouth (sandy). In 1986, seven samples were collected in October and November. Station 4 was not considered because it had already been modified by the dredging necessary for the industrial project.

All the collections were made in triplicate in the low marsh level. Transparent acrylic tubes of 1.5 cm internal diameter by 7 cm in length, with plastic stoppers at both ends, were used. Once the samples were collected, the tubes were kept in a vertical position to prevent the mixture of the different layers of sediment. The samples were transported to the laboratory and frozen for their subsequent processing. On each visit, the salinity of the sediment was determined with a Goldberg refractometer, with a scale of 0 to 160‰/oo, and average values were obtained (1983, n = 2; 1986, n = 10).

Laboratory work

Only the first centimetre of the upper portion of the nucleus was processed, considering the little migratory ability of the benthic diatoms (Harper, 1977). The samples were treated with nitric acid and heat to clean the frustules (Patrick and Reimer, 1966). Three permanent diatom preparations per sample were made, using Cumar R-9 as mounting medium (Holmes *et al.*, 1981).

Taxonomic analysis

For the analysis of the preparations, a Zeiss K17112 microscope with phase contrast was used. Additional observations were made with a Zeiss Standard 18 microscope with 63/1.4 and 100/1.2 planapo immersion objectives. The taxonomic determination was made based on the works of Peragallo (1891), Van Heurck (1896), Peragallo and Peragallo (1908), Hustedt (1930, 1955, 1959), Hendeby (1964), Cleve-Euler (1968), McIntire and Reimer (1974) and Simonsen (1987). This taxonomic phase was made independently

18 con objetivos de inmersión planapo 63/1.4 y 100/1.2. La determinación taxonómica se hizo con base en los trabajos de Peragallo (1891), Van Heurck (1896), Peragallo y Peragallo (1908), Hustedt (1930, 1955, 1959), Hendey (1964), Cleve-Euler (1968), McIntire y Reimer (1974) y Simonsen (1987). Esta fase taxonómica se hizo de manera independiente (revisando nuevamente las preparaciones) al análisis cuantitativo, con el fin de hacer más completo el inventario de especies.

Análisis cuantitativo

La primera parte consistió en la determinación de un tamaño de muestra adecuado. Para ello se hicieron dos conteos por cada muestra, uno de 500 individuos y otro de 700, aproximadamente; estas cantidades se fijaron con base en los trabajos de McIntire y Overton (1971), Amspoker (1977) y Whiting (1983). Estos autores han observado que 500 individuos es un tamaño de muestra adecuado para ambientes productivos, aunque el número adecuado puede ser mayor (Siqueiros-Beltrones *et al.*, 1985). En ambientes extremos el tamaño de muestra necesario es menor (Siqueiros-Beltrones, 1988, 1990a). Para cada par de conteos realizados se calcularon valores del índice de diversidad Shannon-Wiener (H') y se les aplicó un análisis de Kruskal-Wallis (no paramétrico), así como un análisis de varianza paramétrico. Dado que no hubo diferencias significativas ($p < 0.05$), se consideró que 500 individuos era un tamaño de muestra adecuado.

De acuerdo a su abundancia por preparación, las diatomeas se clasificaron como raras (< 5 individuos), poco comunes (5-15), comunes (16-50) y abundantes (> 50).

La estructura de las asociaciones de diatomeas bentónicas se determinó con base en la estimación de los siguientes parámetros: riqueza de especies (S), diversidad de especies y dominancia. Para ello se calcularon varios índices: índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), índice de diversidad de Simpson ($1-\lambda$), índice de equitabilidad de Pielou (J') y el índice de redundancia ($REDI$) (Brower y Zar, 1974), de acuerdo a lo planteado por Siqueiros-Beltrones (1990b). Las muestras fueron comparadas entre sí mediante el índice de similitud de Stander (1970) para la observación de variaciones espaciales o temporales.

(analysing the preparations anew) of the quantitative analysis so that the list of species would be more complete.

Quantitative analysis

The first part consisted in determining a suitable sample size. Two counts were made for each sample, one of 500 individuals and another of 700, approximately. These quantities were set based on the works of McIntire and Overton (1971), Amspoker (1977) and Whiting (1983). These authors noted that 500 individuals is a suitable sample size for productive environments, even though the suitable number may be greater (Siqueiros-Beltrones *et al.*, 1985). In extreme environments the sample size needed is smaller (Siqueiros-Beltrones, 1988, 1990a). For each pair of counts, values of Shannon-Wiener's diversity index (H') were calculated, and a Kruskal-Wallis (nonparametric) analysis as well as a parametric variance analysis were applied. Since there were no significant differences ($p < 0.05$), 500 individuals was considered to be a suitable sample size.

According to their abundance per preparation, the diatoms were classified as rare (< 5 individuals), uncommon (5-15), common (16-50) and abundant (> 50).

The structure of the benthic diatom associations was determined based on the estimation of the following parameters: species richness (S), species diversity and dominance. Several indices were calculated: Shannon-Wiener's diversity index (H'), Simpson's diversity index ($1-\lambda$), Pielou's equitability index (J') and a redundancy index ($REDI$) (Brower and Zar, 1974), according to Siqueiros-Beltrones (1990b). The samples were compared using Stander's (1970) similarity index in order to determine spatial or temporal variations.

RESULTS

Salinity

The salinity measured in the low marsh sediments of Punta Banda Estuary varied between 30 and 39‰ (Table 1). These values do not show any pattern: some are low and in October 1986 they can be considered high, for a salt marsh.

Tabla 1. Salinidades promedio (‰) (n = 2, 1983; n = 10, 1986) medidas en los sedimentos de la marisma baja del Estero de Punta Banda, B.C., durante el otoño de 1983 y 1986.**Table 1.** Average salinities (‰) (n = 2, 1983; n = 10, 1986) measured in the low marsh sediments of Punta Banda Estuary, B.C., in autumn 1983 and 1986.

Estaciones	1983			1986	
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Octubre	Noviembre
1	33	36	34	38	35
2	30	34	34	37	35
3	30	34	34	39	37
4	33	38	35	-	-
5	34	39	36	38	35
\bar{X}	32	36.2	34.6	38	35.5

(- = no se midió)

RESULTADOS

Salinidad

La salinidad medida en los sedimentos de la marisma baja del Estero de Punta Banda varió entre 30 y 39‰ (Tabla 1). Estos valores no muestran ningún patrón: algunos son bajos y en octubre de 1986 pueden considerarse elevados, tratándose de una marisma.

Análisis taxonómico

Se determinó un total de 253 taxa entre especies y variedades (Apéndice). En las once muestras de otoño de 1983 se cuantificaron 150 taxa y 181 en las siete muestras de 1986. El número de especies por muestra fue muy variado, con un máximo de 90 taxa en la estación 2 de noviembre de 1986 y un mínimo de 41 en la estación 4 de diciembre de 1983 (Tabla 2).

Las muestras presentaron, en general, baja cantidad de individuos. En algunas muestras se registraron especies dominantes (abundantes) y, aunque pudieron ocasionar una baja en el número de taxa, no se observó un patrón claro. A nivel de género (49 en total), *Nitzschia* presentó 51 especies, *Navicula* 46 y *Amphora* 21.

Las especies más abundantes fueron *Nitzschia punctata*, *N. frustulum* v. *perminuta*, *N. granulata*, *Denticula subtilis* y *Amphora*

Taxonomic analysis

A total of 253 taxa, including species and varieties, were determined (Appendix). In the eleven samples of autumn 1983, 150 taxa were quantified, and 181 were quantified in the seven samples of 1986. The number of species per sample varied considerably, with a maximum of 90 taxa at station 2 in November 1986 and a minimum of 41 at station 4 in December 1983 (Table 2).

In general, the samples showed a small number of individuals. Dominant (abundant) species were recorded in some samples and, even though they may have caused a decrease in the number of taxa, a clear pattern was not observed. At genus level (49 in total), *Nitzschia* presented 51 species, *Navicula* 46 and *Amphora* 21.

The most abundant species were *Nitzschia punctata*, *N. frustulum* v. *perminuta*, *N. granulata*, *Denticula subtilis* and *Amphora* sp. 1. The first was abundant in 1983 and 1986, whereas the others were only abundant in 1983. Other species only proliferated in 1983, such as *Navicula* sp. 5 and *Navicula diserta*.

Many rare species were observed during the taxonomic phase. It was not possible to identify some of them with the available keys, for example, *Anaulus* sp. 1, *A.* sp. 2, *Mastogloia* sp. 1 and several species of *Navicula*, *Nitzschia* and *Stauroneis*.

Tabla 2. Diversidad de especies de diatomeas del sedimento en la marisma media del Estero de Punta Banda, B.C., para otoño de 1983 y 1986. *Est* = estación; *S* = riqueza de especies; *N* = número de individuos; *H'* = diversidad (Shannon-Wiener)¹; *REDI* = redundancia (dominancia)²; $1-\lambda$ = diversidad (Simpson)³; *J'* = equitabilidad de Pielou⁴.

Table 2. Species diversity of diatoms in the middle marsh sediments of Punta Banda Estuary, B.C., for autumn 1983 and 1986. *Est* = station; *S* = species richness; *N* = number of individuals; *H'* = diversity (Shannon-Wiener)¹; *REDI* = redundancy (dominance)²; $1-\lambda$ = diversity (Simpson)³; *J'* = Pielou's equitability⁴.

1983											
<i>Mes</i>	<i>Est</i>	<i>S</i>	<i>N</i>	<i>H'</i>	$\overline{H'}$	<i>REDI</i>	\overline{REDI}	$1-\lambda$	$\overline{1-\lambda}$	<i>J'</i>	$\overline{J'}$
Octubre	1	48	525	4.36		.263		.919		.781	
	3	61	499	4.48		.309		.917		.755	
	4	58	521	4.58		.271		.935		.782	
	5	62	512	4.82	4.56	.240	.270	.945	.929	.810	.782
Noviembre	1	45	278	4.85		.160		.953		.883	
	3	46	542	3.96		.335		.849		.717	
	4	49	504	4.59		.222		.942		.818	
	5	61	532	4.87	4.57	.223	.235	.945	.922	.821	.810
Diciembre	3	71	510	5.08		.225		.954		.826	
	4	41	497	3.95		.311		.890		.737	
	5	61	505	4.95	4.66	.208	.248	.951	.932	.835	.799
Total = 150				\overline{X}	4.59		.251		.928		.797

Tabla 2 (Cont.)

1986											
Mes	Est	S	N	H'	$\overline{H'}$	REDI	\overline{REDI}	1 - λ	$\overline{1 - \lambda}$	J'	$\overline{J'}$
Octubre	1	55	500	4.79		.214		.945		.829	
	3	66	515	4.57		.311		.904		.756	
	5	56	505	4.91	4.76	.192	.239	.954	.934	.845	.810
Noviembre	1	82	506	5.49		.185		.967		.863	
	2	90	482	5.76		.159		.974		.888	
	3	69	507	4.76		.285		.932		.779	
	5	65	507	4.99	5.25	.219	.212	.954	.957	.829	.840
Total = 181				\overline{X}	5.04		.225		.945		.825

1. $\overline{H'}$ = diversidad (Shannon-Wiener) promedio por mes.
2. \overline{REDI} = redundancia promedio por mes.
3. $\overline{1 - \lambda}$ = diversidad (Simpson) promedio por mes.
4. $\overline{J'}$ = equitabilidad promedio por mes.
 \overline{X} = valores promedio por año.

sp. 1. La primera fue abundante en 1983 y 1986, mientras que las restantes fueron abundantes sólo en 1983. Otras especies sólo proliferaron en 1983, como *Navicula* sp. 5 y *Navicula diserta*.

Se observaron muchas especies raras durante la fase taxonómica, algunas de las cuales no se pudieron identificar con las claves disponibles, por ejemplo *Anaulus* sp. 1, *A.* sp. 2, *Mastogloia* sp. 1 y varias especies de *Navicula*, *Nitzschia* y *Stauroneis*.

Diversidad

Los valores de diversidad calculados fueron altos y heterogéneos, con promedios de $H' = 4.6$ y 5.0 para 1983 y 1986, respectivamente. La variabilidad en los valores de diversidad entre estaciones de muestreo (H') reflejó la distribución en parches, común de las asociaciones de diatomeas bentónicas y que se constató con las medidas de similitud entre muestras. Sin embargo, los valores promedio de diversidad por mes son más constantes y más cercanos al promedio por año (Tabla 2).

Las muestras de 1986 presentaron un mayor número de especies. Se puede observar que aunque esto se tradujo en un aumento de los valores de H' , no fue la causa principal. Los valores más altos de H' registrados corresponden con la mayor riqueza de especies, pero los valores estimados del índice de Simpson, J' y *REDI* indican que son las especies comunes y las abundantes las que determinan en mayor grado la alta diversidad en base a una mayor uniformidad o equitabilidad.

Análisis entre estaciones

En la mayoría de las ocasiones la similitud fue baja entre las muestras de diatomeas de estaciones distintas (Tabla 3). La mayor semejanza se midió entre las muestras de octubre de 1983 en las estaciones 4 y 5 (0.908), debido básicamente a que comparten las diez especies más abundantes y con un orden de importancia muy parecido. De hecho, los valores más altos de similitud se dieron entre las estaciones 4 y 5. En 1983 las similitudes menores ocurrieron al comparar la estación 1 con el resto. En 1986 también esta estación tuvo valores relativamente bajos de similitud con las demás. En octubre de 1983 la muestra de la estación 1 estuvo caracterizada

Diversity

The diversity values calculated were high and heterogeneous, with averages of $H' = 4.6$ and 5.0 for 1983 and 1986, respectively. The variability in the diversity values between sampling stations (H') indicated a patchy distribution, which is common of benthic diatom associations and which was verified with measurements of similarity between samples. However, the average diversity values per month were more constant and closer to the average per year (Table 2).

The 1986 samples presented a greater number of species. Although this resulted in an increase in the H' values, it was not the main cause. The highest H' values recorded correspond to the highest species richness, but the estimated values of the Simpson index, J' and *REDI* indicate that it is the common and abundant species that for the most part determine the high diversity based on a greater uniformity or equitability.

Analysis between stations

On most occasions, similarity was low between samples of diatoms from different stations (Table 3). The highest similarity was measured between the October 1983 samples from stations 4 and 5 (0.908), mainly due to the fact that they shared the ten most abundant species and with a very similar order of importance. In fact, stations 4 and 5 had the highest similarity values. In 1983, the lower similarities occurred on comparing station 1 with the rest. In 1986 this station also had relatively low similarity values with the others. In October 1983, the sample from station 1 was characterized by species such as *Cymbella* sp. 1 (abundant) and *Achnanthes heideni* (common), which were not observed in other samples, as well as by *Achnanthes hauckiana* (abundant) which only occurred (common) in November. *Navicula* sp. 10 and *Navicula clamans* were also common at this station, however they did not appear in other samples. These two species were common in October 1986 at station 1, but the low similarity was probably influenced more by the fact that the most abundant species was *Amphora saliane*. The low *SIMI* values and the concomitant difference in the species composition between samples also show the patchy distribution of the benthic diatoms.

Siqueiros-Beltrones *et al.*: Diatomeas bentónicas del Estero de Punta Banda

Tabla 3. Valores de similitud (*SIMI*) entre las muestras de diatomeas del sedimento en Punta Banda, para otoño de 1983 y 1986, y entre años (1983 vs. 1986).

Table 3. Values of similarity (*SIMI*) between samples of diatoms of the sediment in Punta Banda, for autumn 1983 and 1986, and between years (1983 vs. 1986).

1983

Mes	Estación										
Oct.	1										
	3	.414									
	4	.227	.709								
	5	.234	.597	.908							
Nov.	1	.614	.514	.486	.478						
	3	.276	.633	.384	.401	.269					
	4	.251	.691	.886	.847	.452	.479				
	5	.175	.460	.830	.864	.398	.330	.741			
Dic.	3	.308	.682	.828	.731	.530	.399	.683	.581		
	4	.190	.412	.545	.608	.415	.194	.580	.393	.659	
	5	.156	.499	.706	.814	.392	.377	.701	.826	.601	.349
		1	3	4	5	1	3	4	5	3	4
		Octubre				Noviembre				Diciembre	

1986

Mes	Estación						
Oct.	1						
	3	.263					
	5	.503	.571				
Nov.	1	.664	.358	.501			
	2	.478	.212	.425	.545		
	3	.345	.889	.714	.524	.270	
	5	.373	.386	.750	.352	.507	.451
		1	3	5	1	2	3
		Octubre			Noviembre		

1983 vs. 1986

Mes	Estación		
Oct.	1	.411	
	2	.847	
	3	.621	
Nov.	1	.627	
	5	.606	

por especies como *Cymbella* sp. 1 (abundante) y *Achnanthes heideni* (común), mismas que no se observaron en otras muestras, además de *Achnanthes hauckiana* (abundante), que sólo se presentó (común) en noviembre. En esta estación fueron comunes también *Navicula* sp. 10 y *Navicula clamans*, mismas que no aparecieron en otras muestras. Estas dos especies fueron comunes en octubre de 1986 en la estación 1, pero quizá influyó más en la baja similitud que la especie más abundante haya sido *Amphora salina*. Los valores bajos de *SIMI* y la concomitante diferencia en la composición de especies entre muestras, reflejan también la distribución en parches de las diatomeas bentónicas.

El valor de *SIMI* para la estación 3 en octubre de 1983 y 1986 (0.847) fue de los más altos registrados; esto muestra que la asociación fue básicamente la misma con variación muy pequeña en el orden de importancia de las especies. En las otras estaciones la disminución de especies importantes y el incremento de otras se reflejó solamente en valores ligeramente más bajos, alcanzando su mínimo en la estación 1 en octubre. Sin embargo, exceptuando este último valor, los otros son mayores que el 75% de las similitudes entre las estaciones en un mismo año.

DISCUSION

La riqueza de especies de diatomeas epipélicas en ambientes productivos como estuarios y lagunas costeras resulta de las más elevadas. Amspoker (1977) registró 390 taxa en el Estuario de Yaquina, Oregon, y Whiting (1983) registró 282 en la Bahía de Netarts, Oregon. En ambos casos se analizaron muestras correspondientes a un ciclo anual, mientras que los 253 taxa determinados en este estudio corresponden solamente al período de otoño. Más que predecir que el número de taxa podría incrementarse de manera importante al revisar muestras de otras épocas del año, habría que determinar cómo varían las especies importantes (comunes y abundantes). Algunas muy probablemente se presentan todo el año (aunque en distintas proporciones). Se podría determinar también qué grupos caracterizan una y otra temporada. Es probable que la estructura sea similar (*S* y *J'*), variando solamente las especies importantes y conservándose la alta diversidad.

The *SIMI* value for station 3 in October 1983 and 1986 (0.847) was one of the highest recorded. This indicates that the association was basically the same with a small variation in the order of importance of the species. At other stations, the decrease of important species and the increase of others was only reflected in slightly lower values, reaching a minimum at station 1 in October. However, except for this last value, the others are higher than 75% of the similarities between stations in one same year.

DISCUSSION

The species richness of epipellic diatoms in productive environments such as estuaries and coastal lagoons is one of the highest. Amspoker (1977) recorded 390 taxa in Yaquina Estuary, Oregon, and Whiting (1983) recorded 282 in Netarts Bay, Oregon. In both cases, samples were analysed corresponding to an annual cycle, whereas the 253 taxa determined in this study only correspond to autumn. Rather than predicting that the number of taxa could increase significantly on reviewing samples of other times of the year, one should determine how the important (common and abundant) species vary. Some are probably present throughout the year (although in different proportions). Which groups characterize one or other season could also be determined. The structure would probably be similar (*S* and *J'*), varying only the important species and maintaining the high diversity.

According to Whiting (1983), some benthic diatoms occur throughout the year, without much variation in the specific composition of the association. Siqueiros-Beltrones (1990a) also observed this in hypersaline environments, although he indicated variations in the specific composition due to the behaviour of other taxa. Species such as *Nitzschia punctata*, *N. frustulum* v. *perminuta*, *Navicula salinicola* and *Denticula subtilis*, among others, were found in Punta Banda and were constant in both years. These diatoms are common in other similar environments (Amspoker, 1977; Whiting, 1983) and under hypersaline conditions (Siqueiros-Beltrones, 1988, 1990a), which denotes their ability to tolerate a wide spectrum of salinity. Some of these species, like *Nitzschia granulata* and *Amphora* sp. 1, were much more abundant in

Según Whiting (1983), algunas diatomeas bentónicas se presentan durante todo el año, sin variar mucho la composición específica de la asociación. Siqueiros-Beltrones (1990a) observó lo mismo en un ambiente hipersalino, aunque señaló variaciones en la composición específica debida al comportamiento de otros taxa. En Punta Banda se presentaron especies como *Nitzschia punctata*, *N. frustulum* v. *perminuta*, *Navicula salinicola* y *Denticula subtilis*, entre otras, que fueron constantes en ambos años. Estas diatomeas son comunes en otros ambientes similares (Amspoker, 1977; Whiting, 1983) y bajo condiciones hipersalinas (Siqueiros-Beltrones, 1988, 1990a), lo que denota su capacidad de tolerar un espectro amplio de salinidad. Algunas de estas especies, como *Nitzschia granulata* y *Amphora* sp. 1, fueron mucho más abundantes en 1983, mientras que *A. salina* lo fue en 1986; sin embargo, estas diferencias podrían obedecer a variaciones ambientales de período corto, ya que las diatomeas de marismas son oportunistas y proliferan sólo en ciertas condiciones (Sullivan, 1977). Dicho oportunismo es más bien generalizado entre las diatomeas (McIntire y Overton, 1971), lo que hace variar las abundancias de las diatomeas en tiempos y espacios cortos.

La escasez de especímenes en la mayoría de las muestras sugiere que los sitios de muestreo no presentaban condiciones favorables para la proliferación de diatomeas. La excepción se pudo observar en algunas formas coloniales como *Navicula* sp. 5, las cuales pueden tolerar ciertas condiciones desfavorables como la desecación, por medio de tubos y masas mucilaginosas dentro de las que están embebidas. También cabe señalar que especies que fueron abundantes y comunes, como *Nitzschia punctata*, *N. granulata*, *A. salina* y *Navicula salinicola*, proliferan en ambientes hipersalinos. En dichos ambientes se presentan valores de H' bajos, aunque sus valores de $1-\lambda$ y J' pueden ser altos y las especies características llegan a ser muy abundantes (Siqueiros-Beltrones, 1990a).

De acuerdo a Pielou (1969) y Margalef (1982), los altos valores de diversidad estimados para las asociaciones de diatomeas bentónicas, ubican a las marismas de Punta Banda como un ambiente estable, tanto para 1983 como para 1986. Sin embargo, algunas características de las asociaciones fueron muy particulares y no son congruentes con lo

1983, whereas *A. salina* was much more abundant in 1986. However, these differences could be due to short-term environmental variations, since marsh diatoms are opportunists and proliferate only under certain conditions (Sullivan, 1977). This opportunism is generalized among diatoms (McIntire and Overton, 1971), which causes the abundances of the diatoms to vary in short times and spaces.

The scarcity of specimens in most of the samples suggests that the sampling sites did not have favourable conditions for the proliferation of diatoms. Some colonial forms like *Navicula* sp. 5 were the exception, since they can tolerate certain unfavourable conditions, such as desiccation, by dwelling in mucilage tubes. It should also be mentioned that species that were abundant and common, such as *Nitzschia punctata*, *N. granulata*, *A. salina* and *Navicula salinicola*, proliferate in hypersaline environments. Low H' values are found in these environments, even though the values of $1-\lambda$ and J' can be high and the characteristic species can be very abundant (Siqueiros-Beltrones, 1990a).

According to Pielou (1969) and Margalef (1982), the high diversity values estimated for the benthic diatom associations in both 1983 and 1986, indicate that the salt marshes of Punta Banda are a stable environment. However, some characteristics of the associations were very particular and incongruent with the above: some of the diversity values are amongst the highest measured in this type of studies. However, the scarcity of specimens in nearly all the samples is a bit contradictory. In these environments the diatoms of the sediment can be abundant and contribute in an important way to the primary production as picoplankton of the estuary (Abraján-Villaseñor, 1986). There could be an important amount of grazing by small molluscs that are abundant in the salt marsh, as has been observed in the rocky intertidal of other regions (Castenholtz, 1961), apart from the resuspension as picoplankton caused by the tide. Thus, in most of the samples the associations had not recovered from the effect of the tide and of the grazing that can be intense.

The high similarities between samples of different dates from the same station are most probably the result of the type of sediment in which they grow. This could explain the

anterior: algunos valores de diversidad son de los más altos medidos en este tipo de estudios. Sin embargo, la escasez de especímenes en casi todas las muestras resulta un tanto contradictorio. En estos ambientes las diatomeas del sedimento suelen ser abundantes y contribuyen de manera importante a la producción primaria como fitoplancton del estero (Abraján-Villaseñor, 1986). Pudiera ser que exista un grado importante de pastoreo por moluscos pequeños, que son abundantes en la marisma, como se ha observado en el intermareal rocoso de otras regiones (Castenholtz, 1961), además de la resuspensión como fitoplancton causada por la marea. Así, en la mayoría de las muestras las asociaciones no se habrían recuperado del efecto de la marea y del pastoreo que puede ser intenso.

Las similitudes altas entre las muestras de fechas distintas en una misma estación muy probablemente se deben al tipo de sedimentos en los que crecen. Así se podrían explicar las similitudes entre las estaciones 4 y 5 cuyos sedimentos son arcillosos, aunado a condiciones semejantes de inundación y desecación, dada la cercanía de estas estaciones.

En una marisma hipersalina, como Punta Banda, la salinidad de los sedimentos disminuye durante las lluvias de invierno (Zedler, 1982; Ibarra-Obando y Poumián-Tapia, en prensa). Aunque la precipitación pluvial disminuyó de 483 mm en 1983 a 145 mm en 1986 (SARH, no publicado), la salinidad de los sedimentos sólo mostró un incremento en octubre de 1986. No obstante, en esta fecha la diversidad de especies fue ligeramente mayor. Ciertamente algunas de las especies comunes y abundantes encontradas en este estudio proliferan en ambientes hipersalinos, aunque más bien son eurihalinas. Aunado a esto, los índices de similitud entre estaciones de distintas fechas son relativamente altos, por lo que se descarta la posibilidad de algún cambio importante en la composición de especies de 1983 a 1986. Por otra parte, el efecto de las precipitaciones fue amortiguado por la influencia de las mareas, por lo que no ocurrió un cambio hacia especies de aguas salobres, como se ha observado en estuarios con mayor aporte de agua dulce (Whiting, 1983).

Las diatomeas bentónicas se distribuyen principalmente de acuerdo al tipo de sedimento y a veces por gradientes de desecación, salinidad y temperatura (Whiting, 1983), por

similarities between stations 4 and 5 where the sediment is clayey and the inundation and desiccation conditions are similar, given the proximity of the stations.

In a hypersaline marsh like Punta Banda, the salinity of the sediments decreases during the winter rains (Zedler, 1982; Ibarra-Obando and Poumián-Tapia, in press). Even though the amount of rainfall dropped from 483 mm in 1983 to 145 mm in 1986 (SARH, unpublished), the salinity of the sediments only showed an increase in October 1986. However, at this time, species diversity was slightly higher. Some of the common and abundant species found in this study proliferate in hypersaline environments, even though they are euryhaline. Also, the similarity indices between stations of different dates are relatively high, and, therefore, the possibility of an important change in species composition from 1983 to 1986 is discarded. On the other hand, the effect of the rainfall was mitigated by the influence of the tide and consequently a change towards salt water species did not occur, as has been observed in estuaries with greater fresh water input (Whiting, 1983).

Benthic diatoms are mainly distributed according to the type of sediment and, at times, to desiccation, salinity and temperature gradients (Whiting, 1983). Therefore, the associations present a patchy mosaic and their composition is determined by local discontinuities of these environmental variables (McIntire and Moore, 1977). The variations in salinity of the sediments would partly explain the dissimilarity between samples from the same station in different years. In general, the structure of the associations was basically considered to be the same between 1983 and 1986.

The ubiquitous and opportunistic nature of the diatoms causes a patchy distribution that is common in benthic diatom associations and was made clear by the low *SIMI* values between stations. This patchy distribution also tends to affect the *H'* values in different taxocoenosis (Heip and Engels, 1974; Siqueiros-Beltrones, 1990b). Based on this, it should be considered whether in this study the calculated values should be regarded separately, or with averages that represent one single association according to various factors. However, in Punta Banda Estuary each sampling station presented well-defined physical

lo que las asociaciones presentan un mosaico de parches cuya composición está determinada por discontinuidades locales de esas variables medioambientales (McIntire y Moore, 1977). Las variaciones en la salinidad de los sedimentos justificaría en parte la disimilitud entre una misma estación en años distintos. En general, se considera que la estructura de las asociaciones fue básicamente la misma entre 1983 y 1986.

La naturaleza ubicua y oportunista de las diatomeas ocasiona la distribución en parches que es común en asociaciones de diatomeas bentónicas y se manifestó en los valores bajos de *SIMI* entre estaciones. Esta distribución en parches tiende a afectar también los valores de *H'* en diversas taxocenosis (Heip y Engels, 1974; Siqueiros-Beltrones, 1990b). Con base en esto se debe ponderar si en este estudio se deben considerar los valores calculados por separado, o con promedios que representen una sola asociación de acuerdo a varios factores. Sin embargo, en el Estero de Punta Banda cada estación de muestreo presenta características físicas bien definidas, por lo que, a pesar de las especies ubicuas, es más conveniente considerar las asociaciones de diatomeas en forma independiente. Aquellos valores bajos entre diferentes estaciones indican principalmente variaciones en el tipo de sedimentos característicos del estero. De hecho, más del 50% de los valores de *SIMI* fueron menores que 0.500.

Este primer estudio de las diatomeas del sedimento en el Estero de Punta Banda contribuye a la elaboración del elenco taxonómico, así como con una primera perspectiva de la estructura y dinámica de dichas asociaciones. No obstante, es imprescindible complementar este trabajo con estudios en otras épocas del año, incluyendo además muestreos de sedimentos del submareal.

Esta información coadyuva a documentar la importante diversidad biológica y muestra la riqueza de especies de diatomeas bentónicas que forman parte de un ecosistema bien definido. Por lo tanto, la relevancia ecológica del Estero de Punta Banda obliga a pugnar por su preservación.

AGRADECIMIENTOS

Rafael Riosmena R. e Ismael Gárate ayudaron en el cálculo de los índices ecológicos. Armando Jaramillo L. y Edwyna Nieto G.

characteristics and, therefore, despite the ubiquitous species, it is more convenient to consider the diatom associations independently. The low values between different stations mainly indicate variations in the type of sediments characteristic of the estuary. In fact, more than 50% of the *SIMI* values were lower than 0.500.

This first study of the diatoms of the sediment in Punta Banda Estuary contributes to the elaboration of the taxonomic guild, and also gives a first perspective of the structure and dynamics of these associations. However, it is necessary to complement this work with studies conducted during other times of the year and which also include samples of sediments from the subtidal.

This information helps to document the important biological diversity and shows the species richness of benthic diatoms that form part of a well-defined ecosystem. In view of the ecological relevance of Punta Banda Estuary, the conservation of this site is important.

ACKNOWLEDGEMENTS

Rafael Riosmena R. and Ismael Gárate helped to calculate the ecological indices. Armando Jaramillo L. and Edwyna Nieto G. processed the manuscript. Gilberto Vázquez drew Figure 1. The up-to-date map of Punta Banda Estuary was obtained thanks to the collaboration of the Grupo Pro-Esteros. Finally, we thank an anonymous referee for the helpful comments on the manuscript.

English translation by Christine Harris.

procesaron el escrito en la computadora. Gilberto Vázquez elaboró la Figura 1. El mapa actualizado del Estero de Punta Banda, se obtuvo gracias a la colaboración del Grupo Pro-Esteros. Finalmente, se agradecen las acertadas correcciones hechas al manuscrito por un revisor anónimo.

LITERATURA CITADA

Abrajan-Villaseñor, I. (1986). Relación, fotosíntesis e irradiancia del fitoplancton total y por fracciones de tamaño en dos estaciones del Estero de Punta Banda, B.C. Tesis de Licenciatura, UABCS, 60 pp.

- Amspoker, M.C. (1977). The distribution of intertidal diatoms associated with the sediments of Yaquina Bay Estuary, Oregon. Ph.D. Thesis, OSU, 172 pp.
- Beltrán Félix, J.L., Hammann, M.G., Chagoya Guzmán, A. y Alvarez Borrego, S. (1986). Ictiofauna del Estero de Punta Banda, Ensenada, Baja California, México, antes de una operación de dragado. *Ciencias Marinas*, 12(1): 79-92.
- Brower, J.E. and Zar, J.H. (1979). Field and Laboratory Methods for General Ecology. Wm. C. Brown Co. Pub., Dubuque, Iowa, 195 pp.
- Castenholtz, R.W. (1961). The effect of grazing on marine littoral diatom populations. *Ecol.*, 42: 783-794.
- Castro Longoria, R. y Grijalva Chon, J.M. (1988). Ictioplankton del Estero de Punta Banda, B.C., México, durante primavera-verano de 1985. *Ciencias Marinas*, 14(1): 57-79.
- Cleve-Euler, A. (1968). Die diatomen von Schweden und Finland. En: Verlag von Kramer. Bibliotheca Phycologica Band 5. Wheldom and Wesley, NY, USA, primera reimpresión.
- Escofet, A., Loya-Salinas, D. y Arredondo, J.I. (1988). El Estero de Punta Banda (Baja California, México) como habitat de la avifauna. *Ciencias Marinas*, 14(4): 73-100.
- Harper, M.A. (1977). Movement. In: D. Werner (ed.), *The Biology of Diatoms*. Botanical Monographs. Vol. 13. Univ. of California Press, pp. 224-249.
- Heip, C. and Engels, P. (1974). Comparing species diversity and evenness indices. *J. of the Marine Biology Association UK*, 54: 559-563.
- 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 pp.
- Hernández Becerril, D.U. y Alvarez Borrego, S. (1983). Diatomeas bentónicas en Bahía San Quintín, B.C. *Ciencias Marinas*, 9(2): 121-131.
- Holmes, R.W., Wilson, C.J. and Amspoker, M.C. (1981). Techniques of preparing permanent preparations of cleaned and uncleaned diatoms using Cumar R-9, a cumarone-indene resin. *Bacillaria*, 4: 21-27.
- Hustedt, F. (1930). Bacillariophyta. Die Susswasser-Flora Mitteleuropas. Otto Koeltz, Science Pub., W. Germany, 466 pp.
- Hustedt, F. (1955). Marine littoral diatoms of Beaufort, North Carolina. *Duke Univ. Marine Station Bull.*, 6: 1-67.
- Hustedt, F. (1959). Die Kieselalgen Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz. In: L. Rabenhorst, *Kryptogamen-Flora*. Band VII, P. I-II-III. Johnson Rep. Co., NY.
- Ibarra-Obando, S.E. and Escofet, A. (1987). Industrial development effects on the ecology of a Pacific Mexican estuary. *Environmental Conservation*, 14(2): 135-141.
- Ibarra-Obando, S.E. and Poumián-Tapia, M. (en prensa). The effect of tidal exclusion on salt marsh vegetation in Baja California, Mexico. *Wetlands Ecology and Management*.
- Margalef, R. (1982). *Ecología*. Ed. Omega, España, 951 pp.
- McIntire, C.D. and Overton, W.S. (1971). Distributional patterns in assemblages of attached diatoms from Yaquina Estuary, Oregon. *Ecology*, 52(5): 758-777.
- McIntire, C.D. and Reimer, C.W. (1974). Some marine and brackishwater *Achnanthes* from Yaquina Estuary, Oregon. *Bot. Mar.*, (17): 164-175.
- McIntire, C.D. and Moore, W. (1977). Marine littoral diatoms: ecological considerations. In: D. Werner (ed.), *The Biology of Diatoms*. Botanical Monographs. Vol. 13. Univ. of California Press, pp. 333-371.
- Millán Núñez, E., Ortíz Cortéz, F. y Alvarez Borrego, S. (1981). Variabilidad temporal y espacial de nutrientes y fitoplancton en una laguna costera a finales de verano. *Ciencias Marinas*, 7(1): 103-128.
- Navarro-Mendoza, M. (1985). *Ecología trófica de la comunidad íctica en el Estero de Punta Banda, Ensenada, México*. Tesis de Maestría, CICESE, Ensenada, 185 pp.
- 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, No. 13, 688 pp.
- Peragallo, H. (1891). Monographie du genre *Pleurosigma* et des genres allies. Le Diatomiste, 1: 35 pp.
- Peragallo, H. and Peragallo, M. (1908). Diatomees marines de France et des districts maritimes voisins. Ed. M.J. Tempere, Francia, 491 pp.
- Pielou, E.C. (1969). An Introduction to Mathematical Ecology. Wiley Interscience, NY, 268 pp.
- Simonsen, R. (1987). Atlas and catalogue of the diatom types of F. Hustedt I, II, III. J. Kramer, Berlin.
- Siqueiros Beltrones, D.A. (1988). Diatomeas bentónicas de la Laguna Figueroa, Baja California. Ciencias Marinas, 14(2): 85-112.
- Siqueiros Beltrones, D.A. (1990a). Association structure of benthic diatoms from a hypersaline environment. Ciencias Marinas, 16(1): 101-127.
- Siqueiros Beltrones, D.A. (1990b). A view of the indices used to assess species diversity in benthic diatom associations. Ciencias Marinas, 16(1): 91-99.
- Siqueiros Beltrones, D.A. e Ibarra Obando, S.E. (1985). Lista florística de las diatomeas epífitas de *Zostera marina* en Bahía Falsa, San Quintín, B.C. Ciencias Marinas, 11(3): 21-67.
- Siqueiros Beltrones, D.A., Ibarra Obando, S.E. y Loya Salinas, D.H. (1985). Una aproximación a la estructura florística de las diatomeas epífitas de *Zostera marina* y sus variaciones temporales en Bahía Falsa, San Quintín, B.C. Ciencias Marinas, 11(3): 69-88.
- Stander, J.M. (1970). Diversity and similarity of benthic fauna off Oregon. M.Sc. Thesis, OSU, Corvallis, Oregon, 72 pp.
- Sullivan, M.T. (1977). Structural characteristics of a diatom community epiphytic on *Rupia maritima*. Hydrobiology, 53: 81-86.
- Van Heurck, H. (1896). A Treatise on the Diatomaceae. Wheldon and Wesley Hd. and Verlag Kramer, London, 558 pp.
- Whiting, M.C. (1983). Distributional patterns and taxonomic structure of diatom assemblages in Netarts Bay, Oregon. Ph.D. Thesis, OSU, Corvallis, Oregon, 138 pp.
- Zedler, J. (1982). The ecology of southern California coastal salt marshes: A community profile. US Fish and Wildlife Serv., Biol. Serv. Program, FWS/obs-81/54, 110 pp.

APENDICE

Lista de especies de diatomeas bentónicas de la marisma baja en Punta Banda, Ensenada, B.C., para otoño de 1983 y 1986

(La discontinuidad en la numeración de especies no identificadas se debe a que las faltantes fueron posteriormente identificadas.)

- Achnanthes brevipes* v. *intermedia* (Kütz.) Cleve
Achnanthes clevei v. *rostrata* A.Cl.
Achnanthes exigua Grun.
Achnanthes hauckiana Grun.
Achnanthes heideni Schulz
Achnanthes kuwaitensis Hend.
Achnanthes lanceolata (Breb.) Grun.
Achnanthes lanceolata v. *genuina* f. *diminutae* May.
Achnanthes lanceolata v. *ventricosa* Hust.
Achnanthes longipes Ag.
Achnanthes punctigera Hust.
Achnanthes sp. 2
Actynophyichus senarius Ehr.
Amphiprora alata (Ehr.) Kütz.
Amphiprora sp. 1
Amphora sp. 1
Amphora acutiuscula Donk.
Amphora arenaria Kütz.
Amphora coffaeiformis Ag.
Amphora coffaeiformis v. *borealis* (Kütz.) Cl.
Amphora coffaeiformis v. *dusenii* (Brun.) A.Cl.
Amphora coffaeiformis v. *perpusilla* (Grun.) A.Cl.
Amphora exigua Greg.
Amphora holsatica Hust.
Amphora laevis v. *laevisima* (Greg.) Cl.
Amphora libyca Ehr.
Amphora marina v. *minima* A.Cl.
Amphora ostrearia v. *ostrearia* Hend.
Amphora ovalis v. *affinis* f. *minor* V. He.
Amphora ovalis v. *pediculus* Kütz
Amphora proteus Greg.
Amphora proteus v. *oculata* Per.
Amphora sulina W.Sm.
Amphora subangularis Hust.
Amphora subturgida Hust.
Amphora tenerrima All. y Hust.
Amphora sp. 1
Amphora sp. 4
Anaulus sp. 1
Anaulus sp. 2
Anomoneis sp. 1
Anorthoneis hyalina Hust.
Anorthoneis tenuis Hust.
Berkeleya rutilans Grun.
Biddulphia reticulata Rop.
Caloneis liber v. *linearis* (Grun.) Cl.
Caloneis westii Hend.
Cocconeis dirupta Greg.
Cocconeis diruptoides Hust.
Cocconeis disculoides Hust.
Cocconeis disculus (Schu.) Cl.
Cocconeis placentula Ehr.
Cocconeis scutellum Ehr.
Cocconeis scutellum v. *parva* Grun. ex Cl.
Cocconeis stauroneiformis (v. He.) Ok.
Cocconeis sp. 1.
Cocconeis sp. 2.
Coscinodiscus decipiens Grun.
Coscinodiscus eccentricus (Ehr.) Cl.
Cyclotella striata v. *americana* A.Cl.
Cylindroteca gracilis v. *minor* A.Cl.
Cymbella sp. 1.
Denticula elegans Kütz.
Denticula subtilis Grun.
Dimmeregrama marina v. *lanceolata* (Per.) Hust.
Dimmeregrama minor v. *genuina*.
Diploneis didyma Ehr.
Diploneis gruendleri (A.S.) Cl.
Diploneis interrupta v. *heeri* (Pant.) Hust.
Diploneis minuta Pet.
Diploneis pseudovalis Hust.
Diploneis vetula v. *americana* Hust.
Epithemia zebra v. *genuina* Grun.
Eunotia sp. 1
Eunotia sp. 2
Eunotogramma laeve Grun.
Eunotogramma marinum (W.Sm.) Per.
Eunotogramma sp. 1

Apéndice (Cont.)

- Fragilaria construens* v. *meniscus* A.Cl.
Fragilaria densestriata Hust.
Fragilaria investiens (W.Sm.) A.Cl.
Fragilaria hyalina (Kütz.) Grun.
Fragilaria lapponica Grun.
Fragilaria vaucheriae (Kütz.) Boye Pet.
Fragilaria virescens v. *exigua* Grun.
Frustulia hawaiiensis Hust.
Frustulia linkei Hust.
Frustulia sp. 3
Fustulia sp. 4
Gomphonema clevei v. *javanica* Hust.
Gomphonema valentinica K.Kol.
Grammatophora angulosa Ehr.
Grammatophora oceanica v. *intermedia*
 (Grun.) A.Cl.
Gyrosigma balticum (Ehr.) Cl.
Gyrosigma beaufortianum Hust.
Gyrosigma fasciola v. *arcuatum* (Donk.) Cl.
Gyrosigma prolongatum v. *closterioides*
 (Grun.) Hust.
Gyrosigma peisnis Grun.
Gyrosigma tenuissimum v. *genuinum* A.Cl.
Gyrosigma sp. 1
Gyrosigma sp. 2
Gyrosigma sp. 3
Hantzchia amphioxys v. *aequalis* A.Cl.
Hantzchia amphioxys v. *genuina* Grun.
Hantzchia virgata v. *gracilis* Hust.
Hantzchia virgata v. *virgata* Hust.
Hantzchia sp. 1
Licmophora communis (Heib.) Grun.
Mastogloia exigua v. *genuina* A.Cl.
Mastogloia pumilla (Grun.) Cl.
Mastogloia sp. 2
Melosira juergensii Ag.
Melosira moniliformis (O.F.Müll.) Ag.
Melosira rosseana (Rbh.)
Melosira sp. 2
Navicula abunda Hust.
Navicula arata Grunow.
Navicula auriculata Hust.
Navicula baileyana Grun.
Navicula biskanterae Hust.
Navicula brachium Hust.
Navicula breviata Hust.
Navicula clamans Hust.
Navicula complanatooides Hust.
Navicula cruciculoides Brock.
Navicula digitoradiata v. *angustior* Grun.
Navicula diserta Hust.
Navicula diversistriata Hust.
Navicula exinguiformis v. *capitata* Hust.
Navicula florinae Moll.
Navicula gracilis Ehr.
Navicula gregaria v. *genuina* A.Cl.
Navicula grevilleoides Hust.
Navicula longa Greg.
Navicula menisculus Sohum.
Navicula mutica Kütz.
Navicula mutica v. *producta* Grun.
Navicula normalis Hust.
Navicula oculata Breb.
Navicula pavillardii Hust.
Navicula pseudocomoides Hend.
Navicula pupula Kütz.
Navicula rhombicula Hust.
Navicula rutneri Hust.
Navicula salinarum v. *tenuirostris* A.Cl.
Navicula salinicola Hust.
Navicula subinflatooides Hust.
Navicula subrostellata Hust.
Navicula testata Hust.
Navicula sp. 1
Navicula sp. 5
Navicula sp. 8
Navicula sp. 13
Navicula sp. 14
Navicula sp. 15
Navicula sp. 16
Navicula sp. 17
Navicula sp. 18
Navicula sp. 20
Navicula sp. 21
Navicula sp. 25
Nitzschia acuminata (W.Sm.) Grun.
Nitzschia angularis W.Sm.
Nitzschia apiculata (Greg.) Grun.
Nitzschia brittoni Hag.
Nitzschia closterium (Ehr.) W.Sm.
Nitzschia confinis Hust.
Nitzschia constricta (Kütz.) Ral.
Nitzschia diserta Hust.
Nitzschia distantoides Hust.
Nitzschia fasciculata Grun.
Nitzschia filiformis v. *ignorata* (Krass.) A.Cl.
Nitzschia frustulum v. *genuina* May.
Nitzschia frustulum v. *perminuta* Grun.

Apéndice (Cont.)

- Nitzschia fusoides* Ehrl.
Nitzschia granulata Grun.
Nitzschia grossestriata Hust.
Nitzschia hummi Hust.
Nitzschia invisitata Hust.
Nitzschia laevis Hust.
Nitzschia lanceolata v. *minima* Grun.
Nitzschia lanceolata v. *minor* Grun.
Nitzschia lorenziana Grun.
Nitzschia macilenta Grun.
Nitzschia marginulata Grun.
Nitzschia microcephala v. *bicapitellata* A.Cl.
Nitzschia navicularis (Breb.) Grun.
Nitzschia oblongella östr.
Nitzschia obtusa W.Sm.
Nitzschia obtusa v. *scalpelliformis* Grun.
Nitzschia panduriformis v. *abrupta* Per.
Nitzschia paradoxa v. *genuina* Grun.
Nitzschia pseudohibrida Hust.
Nitzschia punctata (W.Sm.) Grun.
Nitzschia rhopalodioides Hust.
Nitzschia sigma v. *genuina* Grun.
Nitzschia sigma v. *rigida* (Kütz) Grun.
Nitzschia sigma v. *rigidula* Grun.
Nitzschia sigmatiformis Hust.
Nitzschia subacicularis Hust.
Nitzschia subcommunis Hust.
Nitzschia tryblionella v. *debilis* (Arn.) May.
Nitzschia tryblionella v. *levidensis* (W.Sm.)
 Grun
Nitzschia tryblionella v. *littoralis* Grun.
Nitzschia tryblionella v. *salinarum* Grun.
Nitzschia sp. 2
Nitzschia sp. 8
Nitzschia sp. 10
Nitzschia sp. 12
Nitzschia sp. 13
Nitzschia sp. 19
Nitzschia sp. 20
Odontella aurita Ag.
Opephora pacifica (Grun.) Pet.
Paralia sulcata v. *biseriata* Grun.
Pinnularia ambigua Cl.
Pinnularia cruciformis v. *brevior* Cl.
Pinnularia divergentissima v. *capitata* Hust.
Pinnularia sp. 2
Plagiogramma pulchellum Grev.
Plagiogramma pygmaea Grev.
Plagiogramma van Heurcki Grun.
Pleurosigma angulatum v. *aestuarii* v. He.
Pleurosigma lanceolatum v. *cuspidatum* Cl.
Raphoneis amphicerus v. *rhombica* Grun.
Raphoneis surirella (Ehr.) Grun. ex v. He.
Raphoneis surirella v. *australis* Pet.
Rhoicosphenia stauroneiformis Sal.
Rhopalodia gibba (Ehr.) O. Müll.
Rhopalodia gibberula v. *constricta* (W.Sm.)
 A.Cl.
Rhopalodia gibberula v. *musculus* (Kütz.)
 A.Cl.
Rhopalodia sp. 1.
Scoliopleura latestriata (Breb.) Grun.
Scoliopleura tumida (Breb. ex Kütz.) Rbh.
Stauroneis decipiens Hust.
Stauroneis tackei (Hust.) Kra. y La.-Bert.
Stauroneis thienemanni f. *simplex* Hust.
Stauroneis wislouchii Por. y Anis.
Stauroneis sp. 1.
Stauroneis sp. 2.
Stauroneis sp. 3.
Stauroneis sp. 6.
Surirella atomus Hust.
Surirella gemma Ehr.
Surirella littoralis W.Sm.
Synedra investiens W.Sm.
Synedra tabulata v. *affinis* (Kütz.) A.Cl.
Synedra tabulata v. *obtusa* Pant.
Synedra tabulata v. *parva* (Kütz.) Grun.
Synedra sp. 1
Synedra sp. 2
Terpsinoe americana (Bail.) Ral.
Trachyneis clepsydra (Donk.) Cl.
Tropidoneis pusilla (Greg.) Cl.