

## **IMPACTO DE LA CONSTRUCCION DE UN DIQUE ARENOSO EN LA ECOLOGIA BENTONICA DE UN ESTUARIO EN EL PACIFICO NORTE DE MEXICO**

### **IMPACT OF THE CONSTRUCTION OF A SAND DAM ON THE BENTHIC ECOLOGY OF AN ESTUARY IN THE MEXICAN NORTH PACIFIC**

Guillermo Villarreal Chávez

Facultad de Ciencias Marinas  
Universidad Autónoma de Baja California  
Apartado Postal 453  
Ensenada, Baja California, México

*Ciencias Marinas* (1991), Vol. 17, No. 4, pp. 105-119.

#### **RESUMEN**

Se presentan los resultados de la medición del impacto de un dique arenoso construido en el Estero de Punta Banda, Baja California. Este forma parte de las instalaciones de una fábrica de partes para pozos petroleros que no fue terminada. El objetivo de este estudio es evaluar el cambio de la comunidad bentónica del área adyacente al dique comparándola con áreas cercanas que se asume son parecidas a las condiciones originales. La metodología usada es la propuesta por Green (1979), en lo que llama diseño subóptimo con variaciones en el espacio. La magnitud del cambio fue medida por los métodos de ordenación de comunidades, mediante la técnica de los componentes principales y por el índice de valor biológico de las especies. Los análisis de comparación por ANOVA y de ordenación de comunidades muestran una clara distinción entre las áreas del dique y las de comparación. Los índices descriptivos muestran que las condiciones de la biota del dique son intermedias a las de los controles con marisma adyacente y controles con influencia de actividad humana. Se concluye la existencia de un impacto, consistente en el cambio del tipo de sedimento y en su contenido de materia orgánica. Esto a su vez cambia las condiciones de alimentación de los animales bentónicos y facilita la depredación por aves. Las características del cambio en la zona de estudio parecen significar que el sistema es sensible a alteraciones provocadas por construcciones humanas.

#### **ABSTRACT**

The measure of the environmental impact of a sand dam in the Estero de Punta Banda is presented. The dam is part of the installations of an oil well jackets factory that was never finished. The purpose of the study is to evaluate the change in the benthic community in the dam area. The methodology proposed by Green (1979) in the suboptimal design was followed. Magnitude of change was searched by community ordination, with principal components technique and index of biological value. ANOVA test and the community ordination show a clear distinction between the dam area and the comparison areas. Descriptive indexes show that the dam biota is intermediate, between the control areas with influence of marsh and human activities. An ecological impact is assumed, consisting in the change of the sediment, with effects in food availability and risk of bird predation. The impact indicates that the system is frail to human encroachment.

## INTRODUCCION

En el año de 1982 la compañía constructora de productos de perforación petrolera Bos Pacific, anunció su interés por construir en el Estero de Punta Banda parte de las instalaciones, que se planeaba fueran, para la fabricación de partes para el funcionamiento de pozos petroleros. Desde que se hizo pública esa intención la comunidad científica de la ciudad de Ensenada mostró preocupación por los efectos que podría causar tal instalación en la ecología del Estero y en el medio ambiente general (Nishikawa, 1983).

La compañía accedió a un intercambio de opiniones con la comunidad científica y grupos ecologistas para discutir cambios en el diseño original que protegiesen el ambiente, e inició el proyecto con modificaciones que cumplían, en parte, con lo acordado en las reuniones. Posteriormente las actividades se suspendieron y las construcciones inconclusas quedaron abandonadas.

Parte de las obras realizadas antes de la suspensión son un dique con bordos de arena y una explanada, construida de arena, que serían el núcleo de la fábrica; ambos invaden parte de la extensión original del Estero de Punta Banda y forman una intrusión arenosa en el sedimento limo-arcilloso característico de esa zona.

Este cambio ambiental produjo alteraciones llegándose a atribuir la muerte de una parcela de *Zostera marina* en las cercanías (Cabello, 1984) y cambios en la comunidad de marisma (Ibarra y Escofet, 1987).

Varios autores han registrado cambios en las comunidades bentónicas causados por alteraciones en la composición granulométrica del sedimento (v.gr. Gray, 1974; Harry, 1975). Este tipo de alteraciones ambientales es muy frecuente en las acciones humanas y es interesante conocer el tipo y la magnitud de éstas para poder realizar un diseño más racional de las obras que alteren el medio ambiente.

Debido a estas razones este estudio tiene como objetivo evaluar el cambio de la comunidad bentónica del área adyacente al dique en el Estero de Punta Banda, utilizando la hipótesis de trabajo de que la construcción del dique ha transformado la comunidad bentónica de los fondos limo-arenosos debido a la intrusión de arena.

## INTRODUCTION

In 1982, the construction company of products for oil well drilling Bos Pacific announced its interest to build part of their installations in the Estero de Punta Banda. Since this intention was made public, the scientific community of Ensenada showed concern about the effects that such installation could have on the ecology of the Estero and on the general environment (Nishikawa, 1983).

The company consented to an interchange of opinions with the scientific community and ecologist groups to discuss changes in the original design to thus protect the environment, and the project was started with modifications that fulfilled, partially, that which had been agreed upon in the meetings. Afterwards, the activities were suspended and the unfinished constructions were abandoned.

Part of the works made before the suspension are a dam with sand sides and a sand esplanade which would be the central point of the plant. Both invade part of the original extension of the Estero de Punta Banda and form a sandy intrusion in the silt-clay sediment characteristic of this zone.

This environmental change produced alterations, being attributed with the death of a patch of *Zostera marina* in the proximities (Cabello, 1984) and changes in the marsh community (Ibarra and Escofet, 1987).

Several authors have reported changes in the benthic communities caused by alterations in the granulometric composition of the sediment (v.gr. Gray, 1974; Harry, 1975). This type of environmental alterations is very frequent in human actions, and it is interesting to recognize their type and magnitude to carry out more rational designs of constructions that could alter the environment.

For these reasons, this work has as objective to assess the change in the benthic community of the area adjacent to the dam in the Estero de Punta Banda, through the hypothesis that the construction of the dam has transformed the benthic community of the silt-sand bottoms due to the intrusion of sand.

## STUDY AREA

The Estero de Punta Banda is a coastal lagoon in the Bahía de Todos Santos located

## AREA DE ESTUDIO

El Estero de Punta Banda es una laguna costera dentro de la Bahía de Todos Santos localizada a los 32°41'N y 116°37'O, mide aproximadamente 10 km de largo con una superficie, en marea alta, de 26 km<sup>2</sup> (Pritchard *et al.*, 1978).

Ha sido extensivamente estudiado desde varios puntos de vista; una revisión de sus características generales se puede consultar en el trabajo de Pritchard *et al.* (1978).

El dique se encuentra localizado en el primer tercio de la barra del Estero de Punta Banda (Fig. 1) a unos 7 km de la boca. Colinda con una planicie lodosa que, hacia su extremo norte, forma una marisma en la que dominan *Spartina foliosa* y varias especies de *Salicornia*.

Hacia el sur y sureste el dique colinda con las estribaciones del macizo montañoso que forma la península de Punta Banda, debido a lo cual en esta área la planicie lodosa termina abruptamente.

Hacia el oeste la planicie desciende dando lugar al canal de mareas que en este punto tiene una profundidad, en marea baja, de 1.70 m. En la ribera opuesta al dique se forma una planicie lodosa y una marisma similares a las ya nombradas. La descripción detallada de la vegetación de esta marisma puede consultarse en Aguilar (1980, 1982).

## METODOLOGIA

Para probar la hipótesis de cambio se siguió la metodología propuesta por Green (1979), en lo que llama diseño subóptimo con variaciones en el espacio. Las áreas "testigo" se seleccionaron tomando en cuenta: su proximidad al dique, la similitud máxima posible en condiciones ambientales, estructura comunitaria aparente y la existencia de una seguridad razonable de que no ha sido afectada por la presencia del dique en ningún momento.

De esta forma se escogió a la ribera opuesta más próxima al dique como área testigo general (TG), el área de marisma y planicie lodosa inmediatamente al norte del dique, como testigo de los cambios en la marisma de la barra (TN) y el área colindante al sureste (TS) como testigo en esta zona (Fig. 1).

Para obtener más puntos de comparación se dividió el dique en dos zonas como

at 32°41'N and 116°37'W. It is approximately 10 km long with a surface, in high tide, of 26 km<sup>2</sup> (Pritchard *et al.*, 1978).

It has been extensively studied from several points of view; a review of its general characteristics can be consulted in the work of Pritchard *et al.* (1978).

The dam is located in the first third of the bar of the Estero de Punta Banda (Fig. 1) at about 7 km of the mouth. It adjoins with a mud flat that, towards its north extreme, forms a marsh dominated by *Spartina foliosa* and several species of *Salicornia*.

To the south and southeast the dam adjoins with the spurs of the massif formed by the Punta Banda peninsula, due to which, in this area, the mud flat ends abruptly.

To the west the plain descends, giving place to a tide channel that in this point has a depth, in low tide, of 1.70 m. On the bank opposite to the dam a mud flat and a marsh similar to the mentioned ones are formed. A detailed description of this marsh can be consulted in Aguilar (1980, 1982).

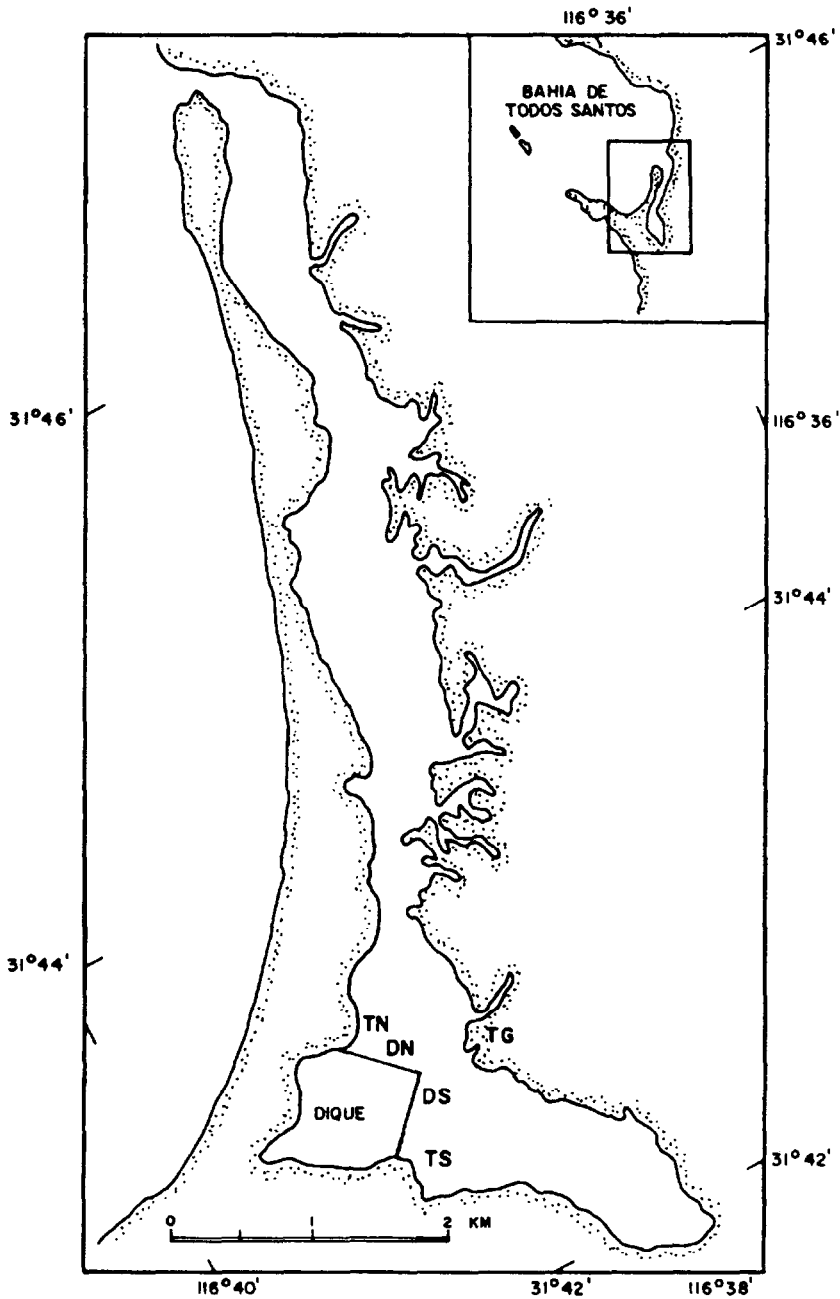
## METHODOLOGY

The change hypothesis was proved by following the methodology proposed by Green (1979), in what is called suboptimal design with variations in space. The "witness" areas were selected considering: their proximity to the dam, the maximum similarity possible in environmental conditions, apparent community structure and a reasonable security that it has not been affected by the presence of the dam at any moment.

In this way, the opposite bank closest to the dam was chosen as general witness area (TG), the marsh area and mud flat immediately north of the dam as witness of the changes of the marsh of the bar (TN) and the area adjacent to the southeast (TS) as witness for this zone (Fig. 1).

To obtain more comparison points, the dam was divided in two experimental areas: the zone adjacent to the foothills (DS) and the one adjacent to the marsh (DN), and thus separate the effects in each one of the biotopes (Fig. 1).

The design of the sampling is simple random in each comparison area. These areas were determined considering the extension of the mud flat, between the midlittoral zone and the tide channel. Each sample unit consisted



**Figura 1.** Área de estudio (modificado de Ibarra y Escofet, 1987). El área sombreada representa el dique arenoso y TN, DN, DS, TS y TG se explican en el texto.  
**Figure 1.** Studied area (modification of Ibarra and Escofet, 1987). The shadowed area represents the sandy dike and TN, DN, DS, TS and TG are explained in the text.

áreas experimentales, la zona colindante con el talud del pie de monte (DS) y la colindante con la marisma (DN) y así separar los efectos en cada uno de estos biotopos (Fig. 1).

El diseño del muestreo es aleatorio simple dentro de cada área de comparación; cada una de éstas se determinó tomando en cuenta la extensión de la planicie lodosa, entre la zona mesolitoral y el canal de mareas. Cada unidad muestral consistió en un núcleo de sedimento tamizado a través de una malla de 0.75 mm, y la información granulométrica y de contenido de materia orgánica del sedimento obtenidas mediante las técnicas del tubo de Emery y de ignición, respectivamente. La muestra se formó con 75 unidades correspondiendo 15 a cada área de comparación.

El muestreo se llevó a cabo el 24 y 25 de marzo de 1987 aprovechando la marea baja, durante un período de mareas vivas con el objeto de que el área de muestreo ocupara una zona lo más amplia posible.

En la prueba de la hipótesis de cambios en el área se tomó como población estadística a la densidad de organismos en las áreas de muestreo. La prueba utilizada fue el ANOVA de una vía, pues los datos cumplieron con las pruebas de aditividad y de homogeneidad de varianzas al ser transformados a logaritmo. La separación de grupos se realizó por medio de la prueba *a posteriori* de comparación de medias de Tukey.

Se formó la hipótesis de que existirán cambios comunitarios como reflejo de la introducción de hábitats nuevos. La prueba de ésta se realizó con la metodología que se explica a continuación: la separación de áreas se realizó por medio de la ordenación de las comunidades, por el método del análisis de componentes principales, ayudando a la caracterización por el método de la correlación canónica.

Cada comunidad encontrada por este método se describe con los índices de diversidad de Shannon-Wiener, de uniformidad (evenness) de Pielou y de dominancia de Simpson. El cambio en la composición específica dentro de las comunidades se evaluó mediante un índice de valor biológico obtenido sumando la abundancia relativa de cada especie, en cada una de las unidades muestrales, con la frecuencia relativa, también para cada especie, en el conjunto de unidades muestrales en un área.

of a nucleus of sediment which was passed through a 0.75 mm mesh, and of granulometric information and content of organic matter in the sediment, obtained through the Emery tube and ignition techniques, respectively. The sample was composed of 75 units, of which 15 corresponded to each comparison area.

The sampling was carried out on March 24th and 25th, taking advantage of the low tide, during a period of spring tides, with the aim of making the sampled zone occupy the widest area possible.

In the proving of the hypothesis of changes in the area, the density of organisms in the sampling areas was taken as statistical population. The test used was the one way ANOVA, since the data fulfilled the tests of additivity and homogeneity of variances when transformed to logarithms. The division of groups was made through the Tukey *a posteriori* test of comparison of means.

The hypothesis that there would be community changes as consequence of the introduction of new habitats was set, and tested with the following methodology: the division of the areas was made by ordination of the communities through the method of analysis of main components, aiding characterization by the method of canonic correlation.

Each community found through this method is described with the diversity (Shannon-Wiener), evenness (Pielou) and dominance (Simpson) indexes.

The change in the species composition in the communities was assessed through an index of biological value obtained by adding the relative abundance of each species, in each one of the sample units, with relative frequency, also for each species, in the group of sample units in an area.

## RESULTS

Area TS has the characteristic of being adjacent to a zone of very pronounced slopes whose alluvium alters the subaquatic sediment; this alteration is also due to the presence of residences very close to the high tide limit. The sediment in the study zone is classified as silt, mixed with coarse sand and stones from the high zones, the content of organic matter is between  $1.62 \pm .021$  and  $1.79 \pm .037\%$  (Table 1).

**Tabla 1.** Características ambientales de la zona de muestreo.  
**Table 1.** Environmental characteristics of the sampled zone.

	AREAS				
	Impactadas		Testigos		
	DS	DN	TS	TN	TG
Tipo de sedimento	Limo Arena	Limo Arena	Limo	Limo Arena	Limo Arcilla
Clasificación	Pobre a media	Pobre a media	Pobre	Media a buena	Buena
Color	Amarillo a negro	Amarillo a negro	Rojo a negro	Negro	Negro
Intervalo de materia orgánica (%)	0.55 0.83	0.67 1.73	1.62 1.79	1.71 2.18	2.85 4.54
Detritus de <i>Spartina foliosa</i>	--	--	Bajo	Alto	Alto

## RESULTADOS

El área TS, se caracteriza por estar adyacente a una zona de pendientes muy marcadas que aportan derrubios que alteran el sedimento subacuático y por la presencia de habitaciones muy cercanas al límite de las mareas altas. El sedimento en la zona se clasifica como limo, con mezcla de arena gruesa y cantos provenientes de las zonas altas, el contenido de materia orgánica es de entre  $1.62 \pm 0.021$  y  $1.79 \pm 0.037\%$  (Tabla 1).

Las áreas DS y DN corresponden al dique arenoso cuyo impacto es el tema de este trabajo, el sedimento es arena media a gruesa, que hacia el sublitoral se transforma en limo, formando una frontera abrupta.

El contenido de materia orgánica es bajo en la arena y alto en el sublitoral ( $0.55 \pm 0.12$  y  $0.83 \pm 0.09$ , y  $0.67 \pm 0.8$  y  $1.73 \pm 0.32\%$ , respectivamente). La separación de estas áreas se justifica con base en la influencia que se manifiesta de las áreas adyacentes; entre TS y DS se presenta una zona de acarreo de material grueso que forma una zona intermedia; entre TN y DN se localiza una zona de influencia de una marisma cercana.

Areas DS and DN correspond to the sand dam whose impact is the subject of this work. The sediment is coarse to medium-size sand, that towards the sublittoral turns into silt, forming an abrupt border.

The content of organic matter is low in the sand and high in the sublittoral ( $0.55 \pm 0.12$  and  $0.83 \pm 0.09$ , and  $0.67 \pm 0.8$  and  $1.73 \pm 0.32\%$ , respectively). The separation of these areas is justified by the influence of adjacent areas; between TS and DS there is an intermediate zone, due to the alluvium of coarse material, and a zone of influence from a nearby marsh is located between TN and DN.

Area TN presents a great amount of organic matter in the sediment, which reaches a concentration of  $1.71 \pm 0.26\%$ . The granulometry presents silt and fine sand, with influence of medium-size sand from the bar of the Estero. Outside of the sampling zone there is a marsh of *Spartina foliosa*. It is assumed that the biotope of the zone presently occupied by the dam was similar to it.

Area TG also presents an adjacent marsh of *Spartina foliosa*. The sediment is silty and the content of organic matter found was between  $2.85 \pm 0.67$  and  $4.54 \pm 1.01\%$ . Since this zone is located outside of the bar, it

**Tabla 2.** Densidad por especie en la zona de estudio (n/m<sup>2</sup>).  
**Table 2.** Density per species in the studied zone (n/m<sup>2</sup>).

	TS	DS	DN	TN	TG	Total
<i>Neanthes arenaceodentata</i>	0	574	177	619	1767	3137
Nemertes	88	44	0	928	1149	2209
<i>Lumbrinereis minima</i>	0	0	265	1723	0	1988
<i>Megalona californica</i>	265	353	0	133	574	1325
<i>Cerithidea californica</i>	0	353	530	221	0	1104
<i>Chone mollis</i>	221	133	0	88	619	1061
<i>Nephtys cecoides</i>	0	0	0	486	398	884
<i>Tagelus californiensis</i>	0	0	177	265	398	840
Capitellidae	0	0	0	265	486	751
<i>Cilichnella alba</i>	0	0	353	353	0	706
<i>Haploscoloplos</i> sp.	0	0	0	309	398	707
<i>Boccardia polibranchia</i>	0	0	177	442	0	619
<i>Nassarius</i> sp.	0	0	0	265	353	618
Tipulidae	0	0	0	0	530	530
<i>Chione fructifraga</i>	177	265	0	0	0	442
<i>Scolecopsis cirratulus</i>	0	398	0	0	0	398
<i>Glycera tenuis</i>	0	265	0	0	0	265
<i>Euclimene</i> sp.	0	0	221	0	0	221
<i>Upogebia puggetensis</i>	0	133	0	0	0	133
<i>Callianassa</i> sp.	133	0	0	0	0	133
<i>Eteone balboensis</i>	0	0	44	0	44	88
<i>Ampithoe valida</i>	44	0	0	0	0	44
<i>Uca crenulata</i>	0	0	0	44	0	44
<i>Rocinella laticauda</i>	0	0	0	44	0	44
Capitellidae II	0	0	0	0	44	44

El área TN presenta una gran cantidad de materia orgánica al sedimento, que alcanza una concentración de  $1.71 \pm 0.26\%$ . En la granulometría se presenta limo y arena fina con influencia de arena media de la barra del Estero. Afuera de la zona de muestreo se presenta una marisma de *Spartina foliosa*. Se asume que el biotopo de la zona donde actualmente existe el dique era similar a éste.

El área TG presenta igualmente una marisma, adyacente, de *Spartina foliosa*. El sedimento es limoso y el contenido de materia orgánica se encontró entre  $2.85 \pm 0.67$  y  $4.54 \pm 1.01\%$ . Al localizarse fuera de la barra se asume que no ha cambiado con la construcción del dique, por lo que se toma como control suponiendo que representa condiciones ambientales no modificadas (Tabla 1).

is assumed that it has not changed with the construction of the dam and is thus taken as control zone, supposing that it presents unmodified environmental conditions (Table 1).

During the sampling, a total organism density of 18,335 individuals pertaining to 25 species was found (Table 2). The mean density found is of  $281.812 \pm 180.816$  individuals/m<sup>2</sup>. Area TG presented the highest density of organisms ( $519.486 \pm 86.77$  ind/m<sup>2</sup>), and TS the lowest ( $71.301 \pm 36.93$  ind/m<sup>2</sup>) (Table 3). TN presents the highest number of species (15) and TS presents the lowest (8); likewise, TS presents the lowest diversity and one of the highest evenness indexes. Areas DS and DN were intermediate in these indexes, presenting the highest evenness values. TN and TG presented highest number of organisms

**Tabla 3.** Características de la comunidad de las áreas muestreadas.  
**Table 3.** Characteristics of the community in the sampled areas.

	AREAS				
	Impactadas		Testigos		
	DS	DN	TS	TN	TG
Número de especies	9	8	6	15	12
Densidad media	193.532	149.393	71.301	475.347	519.486
Varianza	18601.411	14624.217	5113.535	49159.916	28236.072
Error estándar	35.215	31.224	18.464	57.248	43.387
Intervalo de confianza	70.430	62.448	36.927	114.496	86.773
Diversidad H'	2.0345	1.9231	1.6399	2.3102	2.1845
Dominancia D	0.129	0.1448	0.1736	0.1284	0.1331
Uniformidad E	0.9259	0.9248	0.9152	0.853	0.8791

En el muestreo se encontró una densidad total de organismos de 18,335 individuos pertenecientes a 25 especies (Tabla 2). La densidad media encontrada es de  $281.812 \pm 180.816$  ind/m<sup>2</sup>. El área TG presentó la mayor densidad de organismos con  $519.486 \pm 86.77$  ind/m<sup>2</sup>, y TS la menor con  $71.301 \pm 36.93$  ind/m<sup>2</sup> (Tabla 3). TN presenta mayor número de especies con 15 mientras que TS presentó el menor con 8, así mismo TS presenta la diversidad más baja y una de los índices de uniformidad (evenness) más altos. Las áreas DS y DN fueron intermedias en estos índices presentando los más altos valores en el de uniformidad. TN y TG presentaron el mayor número de organismos, la mayor diversidad e índices de uniformidad bajos (Tabla 3).

El ANOVA realizado pone a prueba la hipótesis nula de que no existen diferencias entre la densidad de individuos total en cada una de las áreas, el valor obtenido rechaza esta hipótesis ( $F = 26.51$ ,  $p = 1 \cdot 10^{-6}$ ). El análisis de Tukey muestra que se pueden formar dos grupos, el primero formado por TS, DS y DN y el segundo por TN y TG; representando que la densidad media de organismos en el primer grupo representa el 27.76% de la del primero.

and diversity, and low evenness indexes (Table 3).

The ANOVA tests the null hypothesis that there exists no difference between the total density of organisms in each of the areas. The value obtained rejects this hypothesis ( $F = 26.51$ ,  $p = 1 \cdot 10^{-6}$ ). The analysis of Tukey shows that two groups can be formed: the first composed by TS, DS and DN, and the second by TN and TG, where the mean density of organisms in the first group represents 27.76% of the second one.

The ordination of the communities shows, considering axis 1 and 2 of the main components, that areas DN, TN and TG form a group and TS and DS are separated from it (Fig. 2). In the arrangement of the species by the first axis, three groups can be distinguished: those related with the DN, TN, TG group, such as *Lumbrinereis minima*, *Tagelus californica*, *Nephtis caecoides*; those related with the TS, DS group, such as *Scoletepis intermedia*, *Glycera* sp. and *Euclymene* sp. and those distributed without preference, such as *Neanthes arenaceodentata*, a nemertean and diptera larvae of the Tipulidae family. The canonic correlation between species and sites is of 0.753 for the group of values of axis



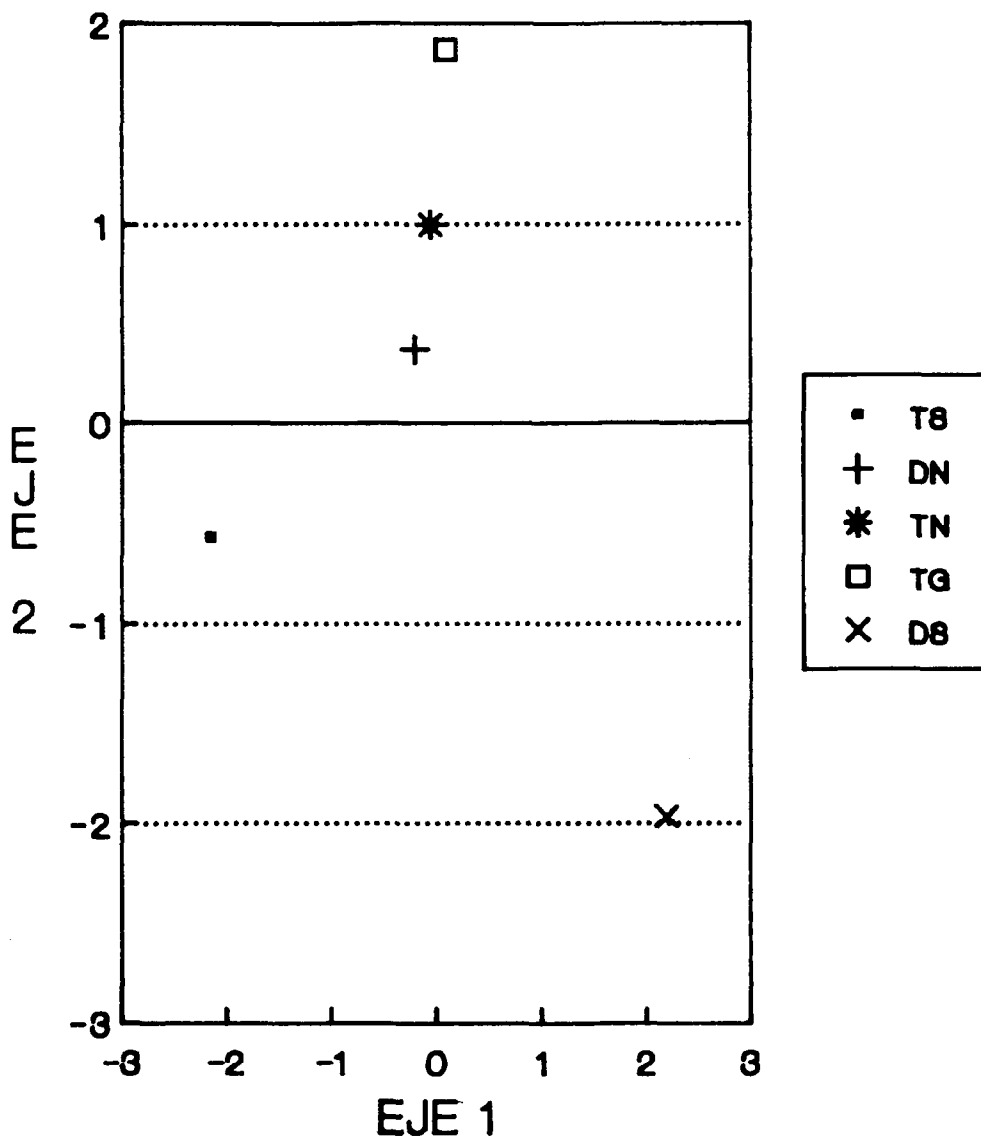


Figura 2. Graficación de los dos primeros ejes de los componentes principales de la relación de especies con sitios.

Figure 2. Graphication of the first two axes of the main components of the species-sites relationship.

**Tabla 4.** Índice de valor biológico.  
**Table 4.** Index of biological value.

	TS	DS	DN	TN	TG
<i>Neanthes arenaceodentata</i>		30.63	11.69	31.67	46.58
Nemertes	10.32	4.72		37.50	31.94
<i>Lumbrineris minima</i>			24.68	43.93	
<i>Megalona californica</i>	36.51	26.25		11.07	23.64
<i>Cerithidea californica</i>		18.56	24.35	8.45	
<i>Chone mollis</i>	28.57	14.17		7.38	34.64
<i>Nephtys cecoides</i>				17.26	22.98
<i>Tagelus californiensis</i>			15.26	15.48	22.98
Capitellidae				18.81	30.31
<i>Cilichnella alba</i>			26.95	12.86	
<i>Haploscoloplos</i> sp.				19.17	26.31
<i>Boccardia polibranchia</i>			18.83	16.90	
<i>Nassarius</i> sp.				15.48	19.32
Tipulidae					20.64
<i>Chione fructifraga</i>	31.75	24.49			
<i>Scoletepis cirratulus</i>		23.28			
<i>Glycera tenuis</i>		16.80			
<i>Euclimene</i> sp.			16.40		
<i>Upogebia puggetensis</i>		14.17			
<i>Callianassa</i> sp.	23.81				
<i>Eteone balboensis</i>			4.71		3.66
<i>Ampithoe valida</i>	7.94				
<i>Uca crenulata</i>				3.69	
<i>Rocinella laticauda</i>				3.69	
Capitellidae II					3.66

La ordenación de las comunidades nos muestra, tomando en cuenta los ejes 1 y 2 de los componentes principales, que las áreas DN, TN, y TG forman un grupo y TS y DS se separan de éste (Fig. 2). En el arreglo de las especies según se acomodan por el primer eje se distinguen tres grupos de especies: las relacionadas con el conjunto DN, TN, TG como *Lumbrineris minima*, *Tagelus californica*, *Nephtis caecoides*; aquellas relacionadas con el conjunto TS, DS como *Scoletepis intermedia*, *Glycera* sp. y *Euclimene* sp.; y las distribuidas sin preferencia como *Neanthes arenaceodentata*, un nemertino y larvas de díptero de la familia Tipulidae. La correlación canónica entre especies y sitios es de 0.753 para el conjunto de valores del eje 1 y de 0.606 para el del eje 2, ambas estimaciones se consideran altas.

1 and of 0.606 for the one of axis 2; both estimations are considered high.

The index of biological values shows a group of species with high values in most of the sampling areas, such as *Neanthes arenaceodentata*, a nemertean, *Megalona californica* and *Chone mollis*. Another group, where species such as *Chione fructifraga*, *Scoletepis cirratulus*, insect larvae from the Tipulidae family, etc. are found, is important only in some places. The third group are species of little value in any area, so they are classified as accidental in the sampling (Table 4).

## DISCUSSION

The statistical tests carried out coincide in showing the presence of an ecological impact in the area, since a community change

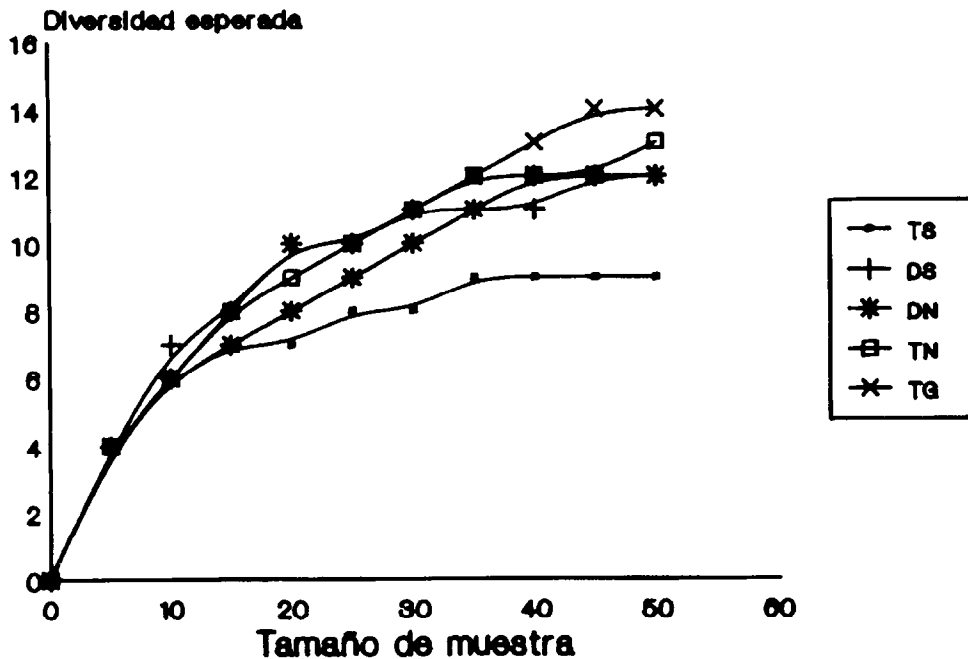


Figura 3. Curvas de rarefacción para los diferentes sitios estudiados.  
 Figure 3. Rarefaction curves for the different studied sites.

El índice de valor biológico muestra un grupo de especies con valores altos en la mayoría de las áreas de muestreo como *Neanthes arenaceodentata*, un nemertino, *Megalona californica* y *Chone mollis*. Otro grupo es importante sólo en algunos sitios, dentro de éste se encuentran especies como *Chione fructifraga*, *Scoelepis cirratulus*, las larvas de insecto de la familia Tipulidae, etc., y un tercer grupo con especies de poco valor en cualquier área por lo que se clasifican como accidentales en el muestreo (Tabla 4).

#### DISCUSION

Las pruebas estadísticas realizadas coinciden en mostrar la presencia de un impacto ecológico en el área, pues se observa un cambio comunitario consistente en la agrupación de las áreas en las que las zonas testigos presentan una comunidad característica con mayor número de organismos, mayor cantidad de materia orgánica en el sedimento que en la de la zona del dique. Si asumimos

consisting in the grouping of the areas in which witness areas present a characteristic with a higher number of organisms, greater amount of organic matter in the sediment than in the zone of the dam. If we assume that before the construction of the dam these areas were similar, it is evident that there has been a change.

The most noticeable change in the environmental conditions on construction of the dam is in the characteristics of the sediment since sandy ones have more porosity and frequently more available oxygen (Gray, 1974). Likewise, they present a decrease in organic matter (Hargrave, 1980).

The capacity of the sediment to accumulate organic matter has been marked as one of the main factors that allow higher abundances and diversity. Several authors (e.g. Govaere *et al.*, 1980; Shin, 1982; Poiner and Kennedy, 1984) have pointed this factor out as the most important in the determination of the abundance and diversity of the benthic communities of deposit feeders.

que antes de la construcción del dique eran similares, es evidente que ha habido un cambio.

El cambio más notable en las condiciones ambientales al construirse el dique es en las características del sedimento ya que los sedimentos arenosos tienen más porosidad y frecuentemente más oxígeno disponible (Gray, 1974). Asimismo, presentan una disminución en la materia orgánica (Hargrave, 1980).

La capacidad del sedimento de acumular materia orgánica ha sido marcada como uno de los factores principales que permiten mayores abundancias y diversidades. Más específicamente diversos autores (e.g. Govaere *et al.*, 1980; Shin, 1982; Poiner y Kennedy, 1984) han señalado a este factor como el de importancia principal en la determinación de la abundancia y diversidad de las comunidades bentónicas de alimentadores de depósito.

Dado que en la zona de estudio la mayor parte de los organismos tienen este tipo de alimentación, es muy posible que las diferencias observadas en abundancia y diversidad se deban a las diferencias en la capacidad de generar y atrapar materia orgánica detrítica de los sedimentos.

La dominancia y uniformidad indican una estructuración más madura en las áreas con marisma adyacente. Witlatch (1981) opina que al ser el sedimento una mezcla de partículas comestibles y no comestibles la abundancia de comida puede regular no sólo la abundancia de organismos sino también la organización de sus comunidades.

En el caso de estudio se considera que el impacto de la construcción del dique se refleja en una disminución de la abundancia y variedad de las partículas comestibles al suspenderse los aportes de la marisma, lo que provoca stress en las comunidades que observamos como disminución de la madurez de la comunidad.

Otro de los factores que se han considerado como fundamentales en la estructuración de las comunidades bentónicas de fondos blandos es el impacto de la depredación. Quammen (1984) reportó que diferentes características del sedimento, como granulometría y penetrabilidad, pueden cambiar la accesibilidad de las presas, disminuyendo la presión de los depredadores, de lo que desprende la hipótesis de que estos ejercen un impacto mayor en lugares lodosos y menor en arenosos.

Since in the studied area most of the organisms have this kind of feeding, it is very possible that the differences observed in abundance and diversity are due to the differences in the capacity to generate and trap detritic organic matter from the sediments.

The dominance and evenness indicate a more mature structuration in the areas with adjacent marsh. According to Witlatch (1981), since the sediment is a mixture of edible and nonedible particles, the abundance of food can regulate not only the abundance of organisms but also the arrangement of their communities.

In the studied case, it is considered that the impact of the construction of the dam is reflected in a decrease in the abundance and variety of the edible particles, when the marsh contributions are suspended. This causes stress in the communities, which is observed as decrease in their maturity.

Another one of the factors that have been considered as fundamental in the structuration of the benthic communities of soft bottoms is the impact of depredation. Quammen (1984) reported that different characteristics of the sediment, such as granulometry and penetrability, can change the accessibility to prey, decreasing the pressure of the predators. From this derives the hypothesis that predators exert a greater impact in muddy places than in sandy ones.

In the Estero de Punta Banda, Palacios *et al.* (1991) report that the studied area is used intensely by 13 bird species that exert strong pressure over the populations of benthic organisms. Experiments with exclusion cages seem to show that benthic biomasses in the Estero de Punta Banda increase when protected from predators (Escofet, personal communication). This allows us to set the hypothesis that the changes detected in the zone of the dam are modulated by the difference in the pressure exerted by the predators before and after its construction.

Even though, as is shown by the index of biological value, the main group of species present in the study area are capable of prospering in any of the analyzed habitats, and reach high values in the index, an important group tends to choose its substrate, as is shown by the high canonic correlation and low biological index values.

En el Estero de Punta Banda, Palacios *et al.* (1991) reportan que el área de estudio es usada intensivamente por 13 especies de aves que ejercen una fuerte presión en las poblaciones de los organismos bentónicos. Experimentos con jaulas de exclusión parecen mostrar que las biomásas bentónicas en el Estero de Punta Banda aumentan al protegerse de los depredadores (Escofet, comunicación personal). Lo que nos permite hacer la hipótesis de que los cambios que detectamos en la zona del dique están modulados por la presión diferente de los depredadores antes y después de la construcción del dique.

Aunque, como nos indica el índice de valor biológico, el grupo principal de especies presentes en la zona de estudio son capaces de prosperar en cualquiera de los hábitats que se analizan, y alcanzar valores altos en el índice, un importante conjunto tiende a elegir su sustrato, por lo que concentran su población en un solo habitat como lo demuestran los valores altos de la correlación canónica y bajos en el índice de valor biológico.

Willems *et al.* (1982) opinaron que esta selectividad de sustrato por especies minoritarias es uno de los mecanismos principales productores de cambios comunitarios en la zona costera y en el caso del Estero de Punta Banda parece suceder lo mismo, debido a que los cambios en el ambiente preservan un conjunto de especies resistentes al que se le agregan diferentes especies en cada uno de los hábitats.

En el caso estudiado esto se interpreta como que los cambios comunitarios observados posiblemente se deben a cambios en la distribución de especies selectivas y generalmente poco abundantes, mientras que las especies generalistas no se afectan en forma marcada.

Este punto de vista se puede explicar considerando que la distribución de nichos es afectada por disturbios eventuales que pueden reducir la dominancia y aumentar la riqueza de especies, según el modelo que propone Abele (1979). En nuestro caso este efecto se manifiesta por la apertura de nuevos ambientes que son ocupados por especies con posibilidades de ampliar su nicho y dejan en ambientes restringidos la posibilidad de invasión por especies con bajo índice de valor biológico.

Sin embargo, en el Estero de Punta Banda estos nuevos ambientes carecen del potencial productivo de la marisma que influye aportando detritus por lo que la diversi-

According to Willems *et al.* (1982), this selection of substrate by minority species is one of the main mechanisms which produces community changes in the coastal zone. The same seems to occur in the case of the Estero de Punta Banda, since the environmental changes preserve a group of resistant species to which different ones are added in each habitat.

In the studied case, this means that the community changes observed are probably due to changes in the distribution of selective and generally not very abundant species, while the generalist ones are not affected in a marked way.

This point of view can be explained considering that the distribution of niches is affected by eventual disturbances that can reduce dominance and increase the species richness, according to the model proposed by Abele (1979). In our case, this effect is manifested through the opening of new environments that are occupied by species with the possibility of enlarging their niche and leave in restricted environments the possibility of invasion by species with low index of biological value.

However, in the Estero de Punta Banda these new environments lack the productive potential of the marsh that exerts an influence by contributing detritus, so diversity, evenness and dominance are decreased.

Although the existence of an impact has been established, its magnitude has not been assessed. The decrease in total density is strong, since the mean density in the affected areas represents 27.76% of the marsh, along with a decrease in the species diversity and a general impoverishment of the indexes. However, it remains higher than the density in the zone of the talus.

In the indexes it is clear how the zones of the dam, with intermediate characteristics, are placed between the zones with and without marsh. This is apparently showing that the dam has been constituted as a combination zone that shares characteristics with the talus area as well as with the marsh ones.

The characteristics of the change in the study area seem to mean that the system is sensitive to alterations caused by human constructions, given the complex relations manifested with the type of sediment.

However, it seems that the answer of the community to changes in the granulometry is

dad, uniformidad y dominancia están disminuidos.

Aunque ya ha quedado establecido que existe un impacto, la magnitud de éste queda por evaluarse. La disminución de la densidad total es fuerte ya que la densidad media de las áreas afectadas representa el 27.76% de la marisma, acompañada de una disminución en la diversidad específica y un empobrecimiento general en los índices. Sin embargo, se conserva mayor que la densidad en la zona del talud.

En los índices se observa claramente como las zonas del dique se colocan con características intermedias entre las zonas con y sin marisma. Esto aparentemente está mostrando que el dique se ha constituido en una zona de mezcla que comparte características tanto con el área del talud como con las de la marisma.

Las características del cambio en la zona de estudio parecen significar que el sistema es sensible a alteraciones provocadas por construcciones humanas, dadas las complejas relaciones que se manifiestan con el tipo de sedimento.

Sin embargo, parece desprenderse de los resultados que la respuesta de la comunidad a cambios en la granulometría no es catastrófica como propone Cabello (1984), sino simplemente una adecuación de la comunidad a estos cambios.

#### LITERATURA CITADA

- Abele, L.G. (1979). The community structure of coral-associated decapod crustaceans in variable environments. In: R.J. Livingston (ed.), *Ecological Processes in Coastal and Marine Systems*, pp. 265-287.
- Aguilar, R. (1980). Algas bentónicas y fanerógamas del Estero de Punta Banda, Baja California, durante el verano y otoño. Tesis (Licenciatura) Facultad de Ciencias Marinas, UABC, 43 pp.
- Aguilar, R. (1982). Identificación y distribución de las algas marinas del Estero de Punta Banda, Baja California, México. *Ciencias Marinas*, 8(1): 78-87.
- Cabello, A. (1984). Transplantes de *Zostera marina* L. en el Estero de Punta Banda, Baja California, México. Durante el verano de 1983 y su comportamiento a través de otoño e invierno. Tesis (Licenciatura) Facultad de Ciencias Marinas, UABC, 32 pp.
- Gray, J.S. (1974). Animal-sediment relationships. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 12: 223-261.
- Green, R.H. (1979). *Sampling Design and Statistical Methods for Environmental Biologist*. John Wiley N.Y., 257 pp.
- Govaere, J.L.R., Van Damme, D., Heip, C. and De Coninck, L.A.P. (1980). Benthic communities in the southern bight of the North Sea and their use in ecological monitoring. *Helgolander Meeresunters*, 33: 507-521.
- Hargrave, B.T., (1980). Factors influencing the flux of organic matter to sediments in a marine bay. In: K.R. Tenore and B.C. Coull (eds.), *Marine Benthic Dynamics*. Univ. of South Carolina Press, Columbia, pp. 243-264.
- Harry, H.W. (1975). Correlation in benthic mollusca with substrate composition in lower Galveston Bay, Texas. *The Veliger*, 19(2): 135-151.
- Ibarra, S.E. and Escofet, A. (1987). Industrial development effects on the ecology of a Pacific Mexican estuary. *Environ. Cons.*, 14(2): 135-141.
- Nishikawa, K. (1983). Consideraciones sobre el posible impacto ambiental de la instalación de la fábrica de jackets petroleros Bos-Pacific en el Estero de Punta Banda, pp. 10-20. En: Informe preliminar sobre el posible impacto ecológico que la empresa Bos-Pacific, S.A. de C.V. ocasionaría al instalarse en el Estero de Punta Banda, B.C. División de Oceanología, CICESE, México, 60 pp. (mimeo).
- Palacios, E., Loya-Salinas, D.H. y Escofet, A. (1991). El Estero de Punta Banda, B.C., México como eslabón del "Corredor del Pacífico": Abundancia de aves playeras durante octubre de 1988 a abril de 1989. *Ciencias Marinas*, 17(3): 109-131.

- Poiner, I.R. and Kennedy, R. (1984). Complex patterns of change in the macrobenthos of a large sandbank following dredging. 1. Community analysis. *Mar. Biol.*, 78(3): 335-352.
- Pritchard, D.W., de la Paz, R., Cabrera, H., Farreras, S. y Morales, E. (1978). Hidrografía física del Estero de Punta Banda. Parte I: Análisis de datos. *Ciencias Marinas*, 5(2): 1-23.
- Quammen, M.L. (1984). Predation by shorebirds, fish and crabs on invertebrates in intertidal mudflats: An experimental test. *Ecology*, 65(2): 529-537.
- Shin, P.K.S. (1982). Multiple discriminant analysis of macrobenthic infaunal assemblages. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 59(1): 39-50.
- Willems, K.A., Vanosmael, C., Claeys, D., Vincx, M. and Heip, C. (1982). Benthos of a sublittoral sandbank in the southern bight of the Northern Sea: general considerations. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 62(3): 549-557.
- Witlatch, R.B. (1981). Animal-sediment relationships in intertidal marine benthic habitats: some determinants of deposit-feeding species diversity. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 53(1):31-45.