

IMPACTO DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES Y DOMESTICAS SOBRE LAS COMUNIDADES BENTONICAS DE LA BAHIA DE TODOS SANTOS, BAJA CALIFORNIA, MEXICO

IMPACT OF INDUSTRIAL AND DOMESTIC WASTE WATERS ON THE BENTHIC COMMUNITIES OF TODOS SANTOS BAY, BAJA CALIFORNIA, MEXICO

Rubí R. Encalada Fleites
Eduardo Millán Núñez

Estación de Investigación Oceanográfica de Ensenada
Secretaría de Marina
Vicente Guerrero 133, Altos
Frac. Bahía
Ensenada, Baja California, México

Encalada Fleites, R.R. y Millán Núñez, E. (1990). Impacto de las aguas residuales industriales y domésticas sobre las comunidades bentónicas de la Bahía de Todos Santos, Baja California, México. Impact of industrial and domestic waste waters on the benthic communities of Todos Santos Bay, Baja California, Mexico. *Ciencias Marinas*, 16(4): 121-139.

RESUMEN

Se tomaron muestras de organismos bentónicos de 14 estaciones en la Bahía de Todos Santos, en tres épocas del año, octubre 1980, marzo 1981 y septiembre del mismo año, en la isobata de 10 m excepto en la zona de la rada del puerto. Se les determinó la biomasa, índice trófico de la infauna y diversidad, obteniéndose un total de 152 especies en dos zonas bien diferenciadas (rada portuaria y zona costera); en la primera se encontraron especies indicadoras de contaminación, *Capitella capitata* y *Armandia bioculata*, y la segunda con una gran diversidad de especies, característico de zonas no afectadas por la contaminación orgánica. Sin embargo, este estudio no mostró diferencias significativas a través del tiempo para los diferentes parámetros aquí reportados.

ABSTRACT

Samples of benthic organisms were collected at 14 stations in Todos Santos Bay, from the 10 m isobath except in the harbour, in October 1980, March 1981 and September 1981. The biomass, infaunal trophic index and diversity were determined. A total of 152 species were obtained in two well-defined zones: harbour and coastal zone. Species indicators of contamination, *Capitella capitata* and *Armandia bioculata*, were found in the former, and a large diversity of species, characteristic of areas unaffected by organic contamination, in the latter. However, this study did not show significant variations in time for the different parameters reported herein.

INTRODUCCION

Las aguas residuales industriales y domésticas con un alto contenido de material orgánico, causan reducción de oxígeno disuelto

INTRODUCTION

Industrial and domestic waste waters with a high content of organic matter cause a reduction of dissolved oxygen in the water

en el agua (Foyn, 1971) y una formación de mantos lodosos con producción de metano y ácido sulfhídrico. Asimismo, la acumulación orgánica provoca cambios estructurales en la vida bentónica, reflejándose principalmente en la abundancia relativa y diversidad de especies (Golubic y Kiwala, 1970; Pearce, 1970). La conservación de la calidad del medio ambiente marino es necesario, ya que su perturbación puede poner en peligro la existencia de especies que juegan un papel importante en los diferentes niveles tróficos.

En el presente trabajo se aplica el índice trófico de la infauna, ya que provee una buena caracterización de la comunidad bentónica, respondiendo delicadamente a los cambios en la composición de las especies.

MATERIALES Y METODOS

Se realizaron tres muestreos en la Bahía de Todos Santos, cubriendo un total de 14 estaciones (Fig. 1) por etapa. El primero se realizó en octubre de 1980, el segundo en marzo de 1981 y el tercero en septiembre del mismo año. La finalidad por la cual se realizaron muestreos espacio-temporales, fue para determinar los posibles cambios en las comunidades bentónicas del área de estudio. Los muestreos se realizaron en la isobata de 10 m.

En la toma de muestras del sedimento, se utilizó la draga Van-Veen modificada, la cual colecta una superficie de 0.10 m². En cada estación se realizaron tres lances, para determinar la diversidad y abundancia de los organismos presentes. En cada lance, se tomó la penetración de la draga en el sedimento, tomando como medida mínima 5 cm de penetración en un sedimento grueso y 10 cm en sedimento fino (Word, 1979), procediendo a tamizar las muestras a través de una malla de 1.0 mm de abertura de luz. Posteriormente, se almacenaron en bolsas de plástico, fijándose con una solución amortiguadora de formalina-borax diluida al 10% con agua de mar. Los organismos se limpiaron de las diferentes partículas que se retuvieron en el tamiz, utilizando un microscopio 10x marca Bausch & Lomb Stereozoom 5, y sorteados en cinco grupos taxonómicos: moluscos, crustáceos, anélidos, equinodermos y misceláneos. Los organismos se contaron e identificaron hasta

(Foyn, 1971) and the formation of muddy beds with production of methane and sulfhy-dric acid. Likewise, organic accumulation provokes structural changes in benthic life, mainly reflected in the relative abundance and species diversity (Golubic and Kiwala, 1970; Pearce, 1970). Conservation of the quality of the marine environment is necessary, since disturbances can endanger the existence of species that play an important role in the different trophic levels.

In the present work, the infaunal trophic index is applied as it provides a good characterization of the benthic community and is sensitive to changes in species composition.

MATERIALS AND METHODS

Three samplings were conducted in Todos Santos Bay, covering a total of 14 stations (Fig. 1) per period. The first was carried out in October 1980, the second in March 1981 and the third in September 1981. Spatio-temporal samplings were undertaken in order to determine possible changes in the benthic communities of the study area. Samples were collected from the 10 m isobath.

A modified Van-Veen dredge, which collects a surface of 0.10 m², was used to collect sediment samples. At each station, hauls were made to determine the diversity and abundance of the organisms present. During each haul, the penetration of the dredge in the sediment was recorded, with a minimum penetration of 5 cm in coarse sediment and 10 cm in fine sediment (Word, 1979). The samples were sieved through a 1.0 mm-mesh screen. They were then stored in plastic bags and fixed with a buffer solution of formalin-borax diluted (10%) with sea water. The samples were cleaned of the different particles retained in the sieve, using a 10x microscope (Bausch & Lomb Stereozoom 5), and sorted into five taxonomic groups: molluscs, crustaceans, echinoderms, annelids and miscellaneous. The organisms were counted and identified to species whenever possible, and the biomass, infaunal trophic index and diversity (H') were then determined.

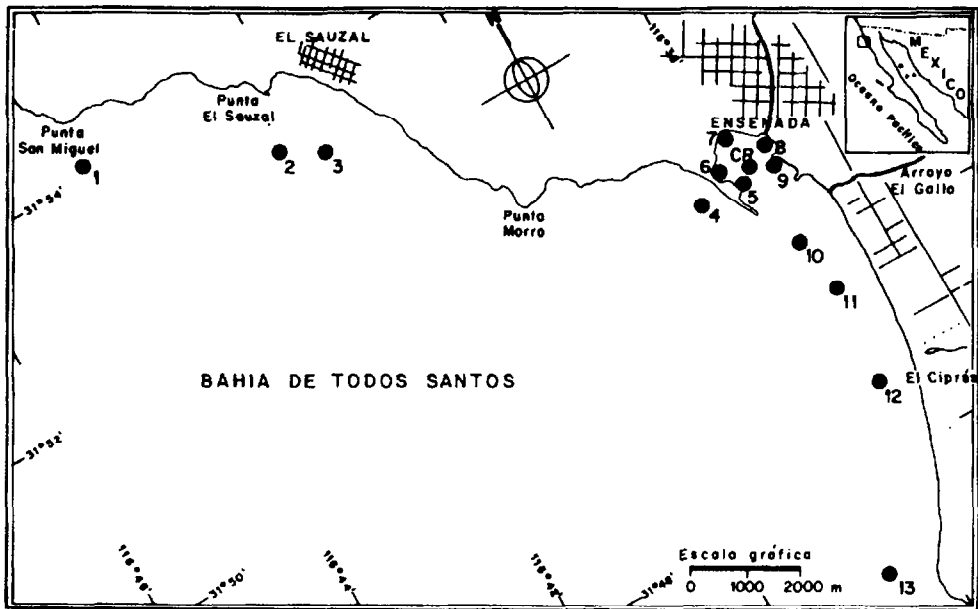


Figura 1. Area de estudio y estaciones de muestreo.
Figure 1. Study area and sampling stations.

nivel de especie cuando lo fue posible; una vez logrado esto, se determinó la biomasa, índice trófico de la infauna y diversidad (H').

La biomasa de los organismos por estación, se obtuvo mediante el peso húmedo de cada categoría taxonómica, utilizando una balanza Metter 130 con precisión de 0.01 mg.

El índice trófico de la infauna (ITI), es una descripción numérica del comportamiento de los cuatro diferentes grupos, dependiendo de sus hábitos alimenticios. La fórmula que se utilizó fue la descrita por Word (1979):

$$ITI = 100 - \left[33 - 0.333 \left(\frac{0N1 + 1N2 + 2N3 + 3N4}{N1 + N2 + N3 + N4} \right) \right]$$

donde $N1$ es el número de individuos en el grupo 1. Los coeficientes en el numerador (0, 1, 2, 3) son simplemente factores escalares, que sirven para generar intervalos de valores graduales del índice e igualmente cambios en las estrategias alimenticias. La dominancia de

The biomass of the organisms per station was obtained from the wet weight of each taxonomic category, using a Metter 130 scale with a precision of 0.01 mg.

The infaunal trophic index (ITI) is a numerical description of the behaviour of four different groups, depending on their feeding habits. The formula used was that described by Word (1979):

where $N1$ is the number of individuals in group 1. The coefficients in the numerator (0, 1, 2, 3) are simply scale factors, that serve to generate ranges of gradual index values and changes in feeding strategies. The dominance of each group is given by ITI values ranging

cada grupo alimenticio es indicado por un intervalo de valores del índice de 0 a 100. El grupo 1 domina cuando los valores son de 78-100, el grupo 2 cuando son de 58-77, el grupo 3 cuando van de 25-57 y el grupo 4 cuando los valores van de 0-25.

El grupo 1 se encuentra dominado por organismos que obtienen un mejor sustento alimenticio, mediante la captura de partículas de detritus orgánico suspendido en la columna de agua.

El grupo 2 son aquellos organismos que pueden alimentarse de material suspendido o detritus depositado en la superficie del sedimento.

El grupo 3 se restringe a aquellos organismos que se alimentan estrictamente de depósito superficial. Generalmente se encuentran alimentándose en los 2 cm superiores de la superficie del sedimento.

El grupo 4 contiene especies denominadas indicadoras de contaminación marina. La mayoría son pequeños poliquetos, los cuales se alimentan de depósito sub-superficial, por debajo de los 2 cm superiores.

Para la selección de los organismos, se aplicó el concepto de la especie indicadora propuesto por Word y Mearns (1979). No se consideraron para fines del ITI aquellas especies que únicamente fueron observadas en una o dos estaciones o que solamente representaron menos de 5% de la infauna.

La diversidad (H') de los organismos en las estaciones muestreadas a nivel de especie fue calculada con la ecuación de Shannon-Weaver (1949).

RESULTADOS

En un total de 14 estaciones y tres muestreos se obtuvieron 152 especies (Tabla I), de las cuales 89 especies y 25 familias (58.5%) fueron poliquetos, 25 especies y 14 familias (16.0%) crustáceos, 27 especies y 12 familias (17.7%) moluscos, 12 especies y 4 familias (7.8%) misceláneos. En el criterio de selección del índice trófico de la infauna, se

from 0 to 100. Group 1 dominates when the values range from 78-100, group 2 from 58-77, group 3 from 25-57 and group 4 from 0-25.

Group 1 is dominated by organisms that obtain nourishment by capturing particles of suspended organic detritus in the water column.

Group 2 is made up of those organisms that feed on suspended matter or deposited detritus in the surface sediment.

Group 3 is restricted to those organisms that are strictly surface deposit feeders. They are generally found feeding in the upper 2 cm of the surface sediment.

Group 4 contains species denominated indicators of marine contamination. Most are small polychaetes which feed on sub-surface deposit, below the upper 2 cm.

For the selection of organisms, the concept of indicator species proposed by Word *et al.* (1979) was applied. Those species that were only observed at one or two stations or that represented less than 5% of the infauna were not considered for the ITI.

The diversity (H') of the organisms at the stations sampled at species level was calculated with the Shannon-Weaver (1949) equation.

RESULTS

A total of 152 species were obtained at 14 stations during three samplings (Table I). Of these, 89 species and 24 families (58.5%) were polychaetes, 25 species and 14 families (16.0%) crustaceans, 27 species and 12 families (17.7%) molluscs, 12 species and 4 families (7.8%) miscellaneous. In the selection criterion for the infaunal trophic index, 51 species and 31 taxa (Table II) were used; nemerteans, coelenterates, chaetognaths, ectoprocta and amphioxus were not included.

In October, the ITI showed large fluctuations in the study area (Fig. 2a). Stations 1, 2, 4, CR, 9, 10, 11 and 12 presented a range of 58 to 90%, corresponding to species of groups

Tabla I (Cont.)

CLASE POLYCHAETA	Octubre 1980													Marzo 1981													Septiembre 1981													
	1	2	3	4	5	R	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	R	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	R	7	8	9	10	11	12
Fam. HESIONIDAE																																								
<i>Ophiodromus pugettensis</i>																																								
Fam. SILLIDAE																																								
<i>Odontosyllis phospharea</i>																																								
<i>Pionosyllis gigantea</i>																																								
<i>Syllis sp.</i>	x																																							
<i>Typosyllis putabra</i>														x																										
<i>Typosyllis aciculata</i>																											x													
Fam. NEREIDAE																																								
<i>Nereis sp.</i>	x																																							
<i>Nereis latensis</i>																											x													
Fam. GLYCERIDAE																																								
<i>Glycera sp.</i>														x													x													
<i>Glycera americana</i>	x																																							
<i>Glycera convoluta</i>														x													x													
<i>Glycera tessellata</i>																											x													
<i>Hemipodus borealis</i>	x													x																										
Fam. GONIADIDAE																																								
<i>Glycinde arnigera</i>	x																																							
<i>Glycinde polygenatha</i>																											x													
<i>Goniada brunnea</i>																																								
<i>Goniada littorea</i>	x													x													x													
Fam. PECTINARIIDAE																																								
<i>Pectinaria sp.</i>	x													x																										
<i>Pectinaria californiensis</i>																											x													
<i>Pectinaria californiensis neuportensis</i>																											x													
Fam. AMPHARETIDAE																																								
<i>Amage sp.</i>	x																																							
<i>Ampharete antica</i>	x													x													x													
<i>Mellina oculata</i>	x																																							
Fam. TEREBELLIDAE																																								
<i>Amalena occidentalis</i>														x													x													
<i>Pista disjuncta</i>																											x													
<i>Pista fasciata</i>																											x													

Tabla 1 (Cont.)

CLASE POLYCHAETA	Octubre 1980													Marzo 1981													Septiembre 1981														
	1	2	3	4	5	6	R	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	R	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	R	7	8	9	10	11	12
Fam. SABELLIDAE																																									
<i>Chone miruta</i>				x						x	x	x																													
Fam. ORBINIIDAE																																									
<i>Hapluscolaplos</i> sp.				x						x	x	x																													
<i>Hapluscolaplos clogantus</i>										x	x	x		x																											
<i>Hapluscolaplos panamensis</i>	x											x																													
<i>Mainesia dendritica</i>		x	x				x																																		
Fam. PARAONIDAE																																									
<i>Aricidia neosuecica</i>																																									
Fam. SPIONIDAE																																									
<i>Bocardillo hamata</i>						x																																			
<i>Bocardillo</i> sp.																																									
<i>Dispio uncinata</i>	x	x	x																																						
<i>Paraprionospio pinnata</i>	x	x	x	x										x	x	x	x										x	x	x	x											
<i>Polydora</i> sp.																																									
<i>Polydora haicola</i>																																									
<i>Polydora socialis</i>																																									
<i>Prionospio heterobranchia</i> <i>nusp</i>	x																																								
<i>Prionospio malagneni</i>																																									
<i>Prionospio pygmaeus</i>	x	x	x	x	x									x	x	x	x	x									x	x	x	x											
<i>Prionospio</i> sp.																																									
<i>Pseudomelacoceros modulata</i>																																									
<i>Pseudopolydora</i> sp.																																									
<i>Scolecopsis acuta</i>																																									
<i>Scolecopsis squamata</i>	x																																								
<i>Spio filicornis</i>																																									
<i>Spiohanes bombux</i>	x													x													x	x	x	x											
<i>Spiohanes missionensis</i>	x																																								
Fam. NEPHTYDAE																																									
<i>Nephtys caeloides</i>	x	x	x																																						
<i>Nephtys californiensis</i>																																									
<i>Nephtys cornuta</i> <i>franciscana</i>																																									
<i>Aglaopharus dicirris</i>																																									

Tabla I (Cont.)

	Octubre 1980													Marzo 1981													Septiembre 1981																				
	1	2	3	4	5	6	R	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	R	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	R	7	8	9	10	11	12	13					
CLASE POLYCHAETA																																															
Fam. DORVILLEIDAE																																															
Dorvillea articulata	x																																														
Schistomerings																																															
longicornis																				x	x	x	x	x	x	x																					
Schistomeringo articulata								x	x			x	x																																		
Protodorvillea sp.																																															
Fam. OWENIIDAE																																															
Owenia collaris				x			x		x	x	x								x	x																											
Fam. LUMBRINERIDAE																																															
Lumbrineris sp.							x	x			x								x			x																									
Lumbrineris eruzensis				x																																											
Lumbrineris erecta								x				x																																			
Lumbrineris inflata												x																																			
Lumbrineris limicola																																															
Lumbrineris tetraura				x			x					x																																			
PHYLLUM ARTHROPODA																																															
CLASE PYGMOGONIDA																																															
Fam. CALLEPALLENIDAE																																															
Callepallene																																															
californiensis				x	x	x	x				x	x																																			
CLASE CRUSTACEA																																															
Orden CUMACEA																																															
Anchicolurus occidentalis	x																																														
Diastylopsis tenuis	x										x																																				
Laeptos quadriplicata																																															
Leptoouma forzmani																																															
Orden ISOPODA																																															
Fam. IDOTEIDAE																																															
Idotea sp.																																															
Idotea urotoma																																															
Idotea sublitoralis				x							x	x																																			

Tabla I (Cont.)

	Octubre 1980														Marzo 1981														Septiembre 1981																																																							
	1	2	3	4	5	6	R	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	R	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	R	7	8	9	10	11	12	13																																										
PHYLLUM ECTOPROCTA																																																																																				
Fam. THALAMOPORELLIDAE																																																																																				
Thalamoporella																																																																																				
californica															x																																																																					
PHYLLUM ECHINODERMATA																																																																																				
Orden OPHIUREA																																																																																				
Fam. AMPHIURIDAE																																																																																				
Amphiodia occidentalis															x																																																																					
PHYLLUM NEMERTEA																																																																																				
Carinoma mutabilis	x						x			x	x	x	x	x	x														x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																																								
Lepidopa californica																													x																																																							
Lepidopa sp.	x																																																																						x													
Foxiphalus obtusiden	x																																																																																			
Harenactus attenuata	x																																																																																			
Amphioxus branciostoma	x					x	x								x	x													x																																																							
Acanthoptilum gracile																													x																																																							
Foxiphalus similis																													x x																																																							
Ogyrides alphaerostic																													x																																																							
PHYLLUM MOLLUSCA																																																																																				
CLASE GASTROPODA																																																																																				
Fam. NATANTIA																																																																																				
Polinices lewis																													x																																																							
Polinices reclusianus																													x																																																							
Polinice sp.					x																																																																															
Fam. NASSARIIDAE																																																																																				
Nassarius fossatus																													x																																																							
Nassarius mendicusoperi															x														x																																																							
Fam. OLIVIDAE																																																																																				
Olivella beatica	x	x																																																																																		
Olivella sp.	x									x	x											x	x											x																																																		

utilizaron 51 especies y 31 taxa (Tabla II); no se incluyeron nemertinos, celenterados, quectonatos, ectoprocto y anfioxus.

En octubre, el índice trófico de la infauna mostró grandes fluctuaciones en el área de estudio (Fig. 2a). Las estaciones 1, 2, 4, CR, 9, 10, 11 y 12 presentaron un intervalo de 58 a 90%, correspondiendo al grupo de especies 1 y 2 (Tabla II); las estaciones 5, 7, 8 y 13 presentaron valores menores de 50% representados por especies del grupo 4. En general, el comportamiento de la diversidad fue similar al del ITI, e inverso a la biomasa (Fig. 2b y c). Los valores de biomasa tendieron a ser relativamente mayores en las estaciones situadas en los extremos del área de estudio y menores en la rada portuaria, tal y como lo demuestra la estación CR (Fig. 2c); observándose en la estación 3 una dominancia de la especie *Capitella capitata* de un 92% de la biomasa total, equivalente a 1,999 individuos de esta especie.

El comportamiento de las variables biológicas para el segundo y tercer muestreo (marzo y septiembre de 1981), fueron muy similares entre sí (Figs. 3 y 4); mientras que en las variables del ITI y diversidad se observaron los valores altos en los extremos, los valores bajos se localizaron en la rada portuaria, a excepción de la biomasa que presentó los valores mayores en la estación 6 y CR, con dominancia de la especie *Capitella capitata* hasta en un 53 y 70% respectivamente.

DISCUSION

En el mes de octubre, la estación CR presentó un intervalo mayor de 50 en el índice trófico de la infauna, representado por organismos del grupo 2; estas especies están normalmente presentes en áreas de control, pero en algunos casos, la abundancia de estas especies puede incrementarse cuando aumentan los niveles de DBO₅ en un 30% arriba del nivel normal (Word, 1979). A la vez, se puede decir que estos organismos no se distribuyen uniformemente en el bentos sino por parches, por lo que se puede observar que hubo una mayor diversidad y escasa biomasa de las especies en el mismo punto, mostrando características de una zona contaminada, ya

1 and 2 (Table II); stations 5, 7, 8 and 13 presented values lower than 50% represented by species from group 4. In general, the behaviour of the diversity was similar to that of the ITI and inversely proportional to the biomass (Fig. 2b and c). The biomass values tended to be relatively higher at the stations situated at opposite ends of the study area and lower in the harbour, such as is shown by station CR (Fig. 2c). At station 3, dominance was observed of the species *Capitella capitata* of 92% of the total biomass, equivalent to 1,999 individuals of this species.

The behaviour of the biological variables for the second and third samplings (March and September 1981) was similar (Figs. 3 and 4). ITI and diversity values were high at the opposite ends of the study area and low in the harbour, whereas the highest biomass values occurred at stations 6 and CR, with dominance of the species *Capitella capitata* of up to 53 and 70%, respectively.

DISCUSSION

In October, station CR presented a range higher than 50 in the infaunal trophic index, represented by organisms from group 2. These species are normally present in control locations but, in some cases, the abundance of these species can increase when the levels of DBO₅ increase 30% above the normal level (Word, 1979). Also, these organisms are distributed in patches rather than uniformly in the benthos and, hence, it is possible to observe that the species presented higher diversity and lower biomass at the same point, indicating characteristics of a contaminated area since the organisms found at this station are small, live in a fine grain substrate (Cruz-Falcón and Mancilla-Peraza, 1987) and high concentrations of organic matter. With regard to El Sauzal, the ITI range was found to decrease to values lower than 50, presenting organisms of groups 2 and 3 which are not common in control locations. However, up to a certain point, the species of group 2 began to decrease whereas those of group 3 continued to increase, causing a decrease in diversity while the biomass increased, mainly due to the species *Capitella capitata* and *Prionospio pygmaeus*.

Tabla II. Especies por grupos utilizados en el índice trófico de la infauna.
Table II. Species per groups used in the infaunal trophic index.

Poliquetos	Crustáceos	Moluscos
Grupo 1		
<i>Amaena occidentalis</i>	<i>Amphelisca</i> sp.	<i>Lepidora californica</i>
<i>Ampharete artica</i>	<i>Blephariopodo occidentalis</i>	
<i>Chone minuta</i>	<i>Emerita analoga</i>	
<i>Diapatra splendidissima</i>	<i>Foxiphalus obtusiden</i>	
<i>Diapatra</i> sp.	<i>Foxiphalus similis</i>	
<i>Diapatra tridentata</i>	<i>Phoxocephalus</i> sp.	
<i>Nothria elegans</i>	<i>Amphipodos</i>	
<i>Onuphis</i> sp.	<i>Anchicolurus occidentalis</i>	
<i>Owenia collaris</i>		
Grupo 2		
<i>Prionospio pygmaeus</i>	<i>Ogurides alphaerostys</i>	<i>Cryptomia californica</i>
<i>Eumida biofoliata</i>		<i>Tellina</i> sp.
<i>Spio filicornis</i>		
<i>Paraprionospio pinnata</i>		
<i>Goniada littorea</i>		
<i>Magelona sacculata</i>		
<i>Taryx</i> sp.		
<i>Lumbrineris</i> sp.		
<i>Polydora linicola</i>		
<i>Lumbrineris erecta</i>		
<i>Nephtys cornuta franciscana</i>		
<i>Pectinaria californiensis</i>		
<i>Sphiophanes bombyx</i>		
<i>Lumbrineris inflata</i>		
<i>Haploscoloplos</i> sp.		
<i>Chaetozona setosa</i>		
<i>Nephtys caecoides</i>		
<i>Prionospia malareni</i>		
<i>Thalanesa espinosa</i>		
<i>Glycinde polygnata</i>		
<i>Nephtys californiensis</i>		
<i>Glyceya convoluta</i>		
<i>Spiophanes missioniensis</i>		
<i>Polydora</i> sp.		
<i>Pectinaria californiensis</i>		
<i>Newportiensis</i>		
Grupo 3		
<i>Nereis procera</i>	<i>Isocheles pilosus</i>	
Grupo 4		
<i>Capitella capitata</i>		
<i>Armanda bioculata</i>		
<i>Schistomeringos longicornis</i>		

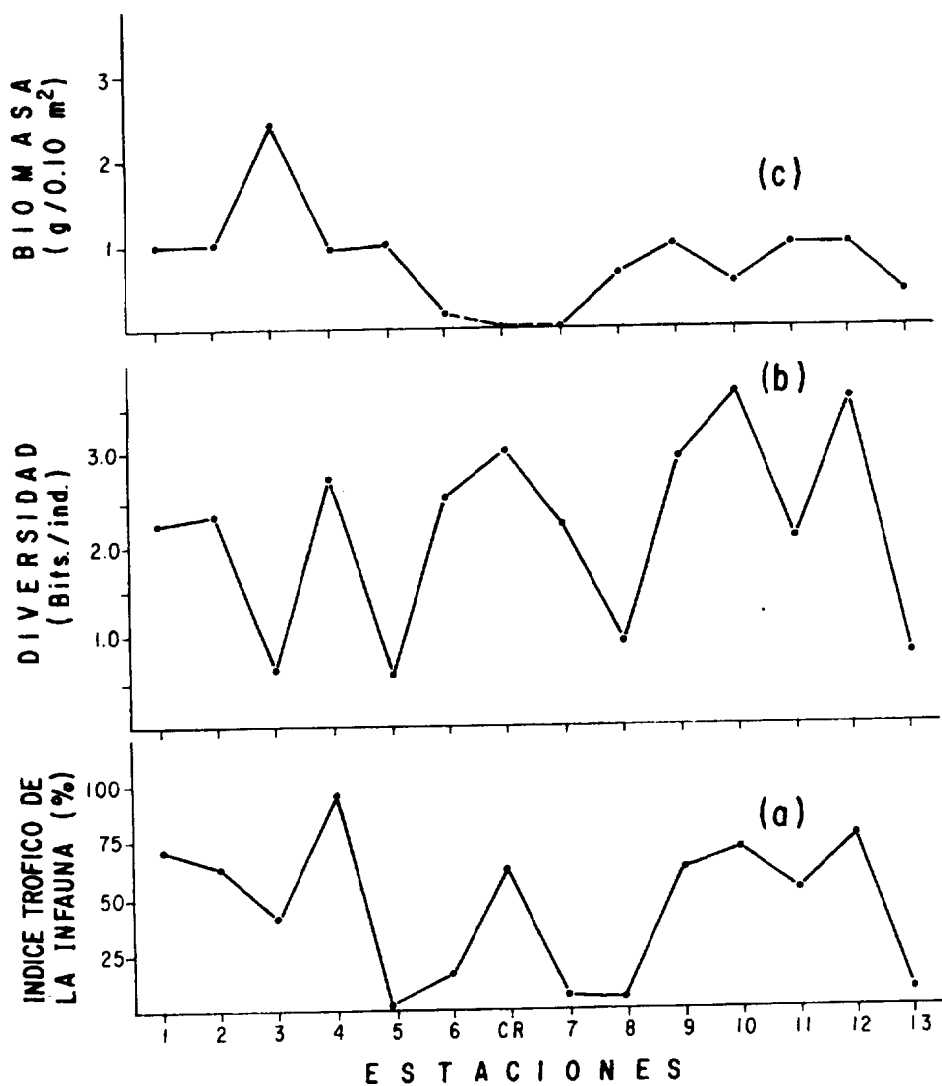


Figura 2. Distribución espacial de las variables ecológicas, registradas en octubre de 1980: (a) índice trófico de la infauna, (b) diversidad, (c) biomasa.

Figure 2. Spatial distribution of the ecological variables, recorded in October 1980: (a) infaunal trophic index, (b) diversity, (c) biomass.

que los organismos que se encuentran en esta estación poseen tamaño pequeño, viven en un sustrato de grano fino (Cruz-Falcón y Mancilla-Peraza, 1987) y alta concentración de materia orgánica. En lo que respecta a El Sauzal, se observó una disminución del intervalo del ITI a valores menores de 50, presentando organismos del grupo 2 y 3, los cuales no son muy comunes en áreas de control; sin embargo, hasta cierto punto las especies del grupo 2 comenzaron a disminuir, mientras que las del grupo 3 continuaron incrementándose, ocasionando una disminución en la diversidad mientras que la biomasa se incrementó, debido principalmente a las especies *Capitella capitata* y *Prionospio pygmaeus*.

En los meses de marzo y septiembre, la rada portuaria se caracterizó por tener valores bajos, tanto de ITI como de diversidad; mientras que los valores de biomasa presentaron una correlación negativa no significativa (Tabla III) con relación a las variables anteriores, y un promedio total de 70% de *Capitella capitata*, especie indicadora de lugares contaminados. Mientras que en las estaciones que se localizan fuera de la dársena portuaria, se observaron valores altos del ITI y diversidad, así como una correlación positiva significativa entre las dos variables (Tabla III); esto posiblemente se debió a que las estaciones que se localizan en la región costera, tienen mayores procesos dinámicos (oleaje, mareas y corrientes), ejerciendo a su vez una alta energía e inestabilidad ambiental.

Las diferencias significativas entre las estaciones de la rada portuaria y las localizadas a lo largo de la costa (octubre: $F = 5.05$, $P \leq 0.05$; marzo: $F = 9.28$, $P \leq 0.05$; septiembre: $F = 78.08$, $P \leq 0.05$), nos confirman la ubicación de dos zonas bien diferenciadas: la zona I equivalente a la rada portuaria, incluyendo la estación de El Sauzal, y la zona II que incluye el resto de las estaciones costeras. En las estaciones 6, 7, 8, 9 y CR (zona 1) predominaron las especies de *Capitella capitata*, *Armandia bioculata* y *Schistomeringos longicornis*, organismos característicos de zonas contaminadas; coincidiendo las mismas estaciones con las reportadas por Lizárraga-Partida (1974) y Donath-Hernández y Loya-Salinas (1989).

In March and September, low ITI and diversity values were found in the harbour. The biomass values presented a non-significant negative correlation (Table III) relative to the previous variables, and a total average of 70% of *Capitella capitata*, species indicator of contaminated areas. At the stations located outside of the inner harbour, high ITI and diversity values as well as a significant positive correlation between the two variables (Table III) were observed. This was possibly due to the fact that the stations located in the coastal region are subjected to greater dynamic processes (waves, tides and currents) which in turn exert high energy and environmental instability.

The significant differences between the stations located in the harbour and those located along the coast (October: $F = 5.05$, $P \leq 0.05$; March: $F = 9.28$, $P \leq 0.05$; September: $F = 78.08$, $P \leq 0.05$), confirm the existence of two well-differentiated zones: zone I equivalent to the harbour, including the El Sauzal station, and zone II which includes the other coastal stations. At stations 6, 7, 8, 9 and CR (zone I), the predominant species were *Capitella capitata*, *Armandia bioculata* and *Schistomeringos longicornis*, organisms characteristic of contaminated areas; these stations coincided with those reported by Lizárraga-Partida (1974) and Donath-Hernández and Loya-Salinas (1989). In zone II, the predominant species were *Prionospio pygmaeus* and nemerteans, characteristic of clean areas. Furthermore, no significant differences were found between the different biological variables in time: infaunal trophic index ($F = 0.54$, $P \leq 0.05$), biomass ($F = 0.004$, $P \leq 0.05$) and diversity ($F = 1.48$, $P \leq 0.005$).

In general, it is concluded that the zones determined by the biological variables (infaunal trophic index, diversity and biomass) were consistent. That is, they presented two well-defined zones in which species with similar feeding habits were found. Species indicators of contamination, *Capitella capitata* and *Armandia bioculata*, were detected in one zone, whereas the other contained a large diversity of species, characteristic of areas unaffected by organic contamination. It seems that these zones are also differentiated by the

Tabla III. Matriz de correlación lineal, utilizando valores promedios entre las variables estudiadas (n.s. = no significativo; ** = significativo al 95% de confiabilidad). (a) Octubre, n = 13; (b) marzo, n = 14; (c) septiembre, n = 13.

Table III. Linear correlation matrix, using average values of the variables studied (n.s. = not significant; ** = significant at 95% confidence level). (a) October, n = 13; (b) March, n = 14; (c) September, n = 13.

(a) n = 13		(ITI)	(H')
	(H')	0.785 **	
	(B)	0.047 n.s.	(-) 0.338 n.s.
(b) n = 14		ITI	(H')
	(H')	0.808 **	
	(B)	(-) 0.047 n.s.	(-) 0.271 n.s.
(c) n = 13		(ITI)	(H')
	(H')	0.739 **	
	(B)	(-) 0.425 n.s.	(-) 0.478 n.s.

Mientras que en la zona II dominaron las especies de *Prionospio pygmaeus* y nemertinos, característicos de zonas limpias. Asimismo, se demostró que no hubo diferencias significativas entre las diferentes variables biológicas a través del tiempo: índice trófico de la infauna ($F = 0.54$, $P \leq 0.05$), biomasa ($F = 0.004$, $P \leq 0.05$) y diversidad ($F = 1.48$, $P \leq 0.005$).

hydrodynamics of the system: calm zone (harbour) and great energy zone (coastal region).

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank the Instituto de Investigaciones Oceanológicas of the Universidad Autónoma de Baja California for their support

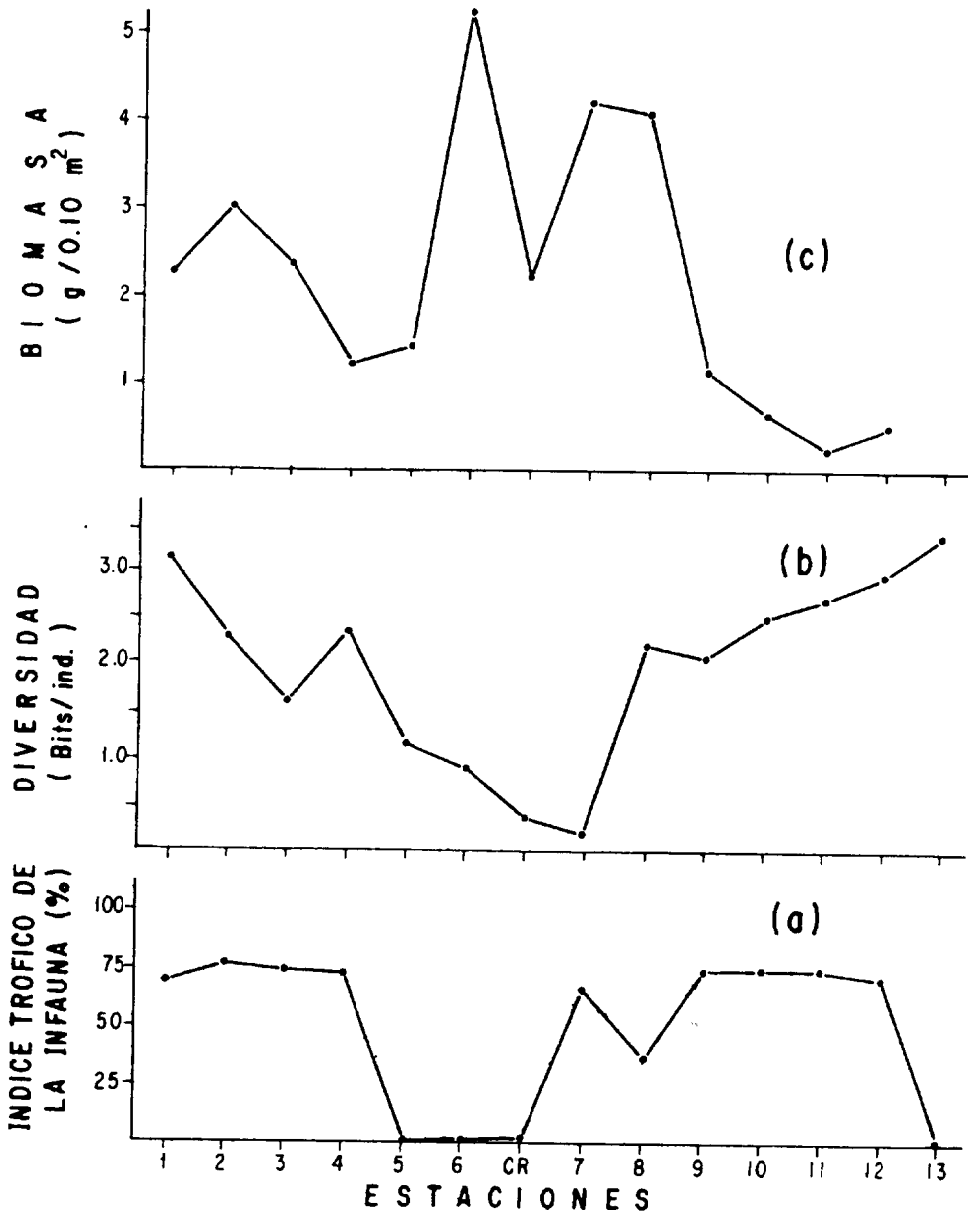


Figura 3. Distribución espacial de las variables ecológicas, registradas en marzo de 1981: (a) índice trófico de la infauna, (b) diversidad, (c) biomasa.

Figure 3. Spatial distribution of the ecological variables, recorded in March 1981: (a) infaunal trophic index, (b) diversity, (c) biomass.

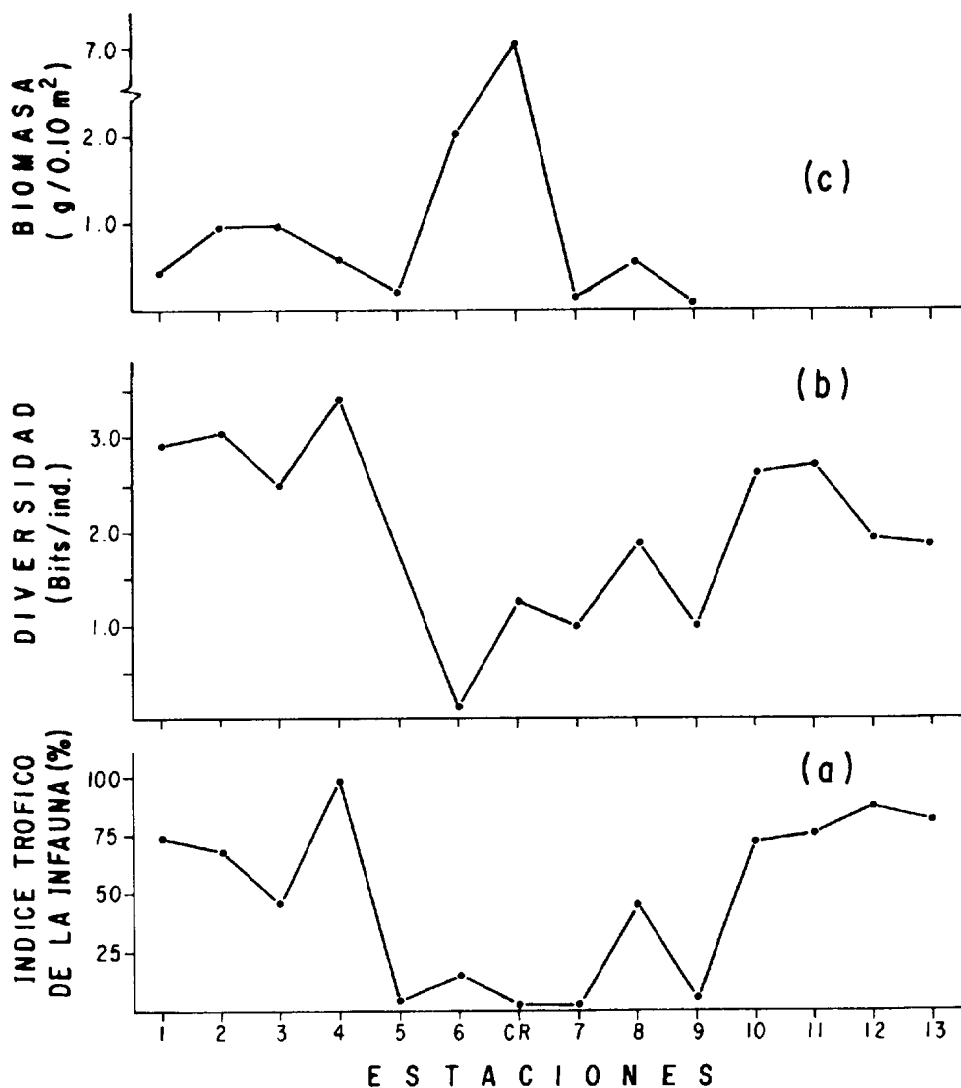


Figura 4. Distribución espacial de las variables ecológicas, registradas en septiembre de 1981: (a) índice trófico de la infauna, (b) diversidad, (c) biomasa.

Figure 4. Spatial distribution of the ecological variables, recorded in September 1981: (a) infaunal trophic index, (b) diversity, (c) biomass.

En general se concluye que las zonas determinadas por las variables biológicas, como índice trófico de la infauna, diversidad y biomasa, fueron consistentes, es decir presentaron dos zonas bien definidas en las que se encontraron especies con hábitos alimenticios semejantes, detectando una zona con especies indicadoras de contaminación, *Capitella capitata* y *Armandia bioculata*, y otra con una gran diversidad de especies, características de zonas no afectadas por la contaminación orgánica. Al parecer, estas zonas también se encuentran diferenciadas por la hidrodinámica del sistema: zona de calma (rada portuaria) y zona de gran energía (región costera).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración brindada para la realización de este trabajo al Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la UABC, en el proyecto "Diagnóstico permanente de la contaminación en la Bahía de Todos Santos, B.C.". Asimismo, al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), por haber proporcionado las embarcaciones *Sirus I* y *Andrómeda* para la toma muestras.

LITERATURA CITADA

Cruz Falcón, A. y Mancilla Peraza, M. (1987). Variación estacional de perfiles de playa al sur del puerto de Ensenada, B.C. VII Congreso Nacional de Oceanografía, INP, p. 330.

Donath Hernández, F.D. y Loya Salinas, D.H. (1989). Contribución al estudio de la contaminación orgánica marina de la Bahía de Todos Santos, B.C. *Ciencias Marinas*, 15(1): 73-88.

of this study, which is part of the project "Diagnóstico permanente de la contaminación en la Bahía de Todos Santos, B.C.". We also thank the Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) for the use of the vessels *Sirus I* and *Andrómeda* for the taking of samples.

English translation by Christine Harris.

Foyn, E. (1971). Municipal wastes. In: D.W. Hood (ed.), *Impingement of Man on the Ocean*. John Wiley & Son, Inc., New York, N.Y., pp. 445-560.

Golubic, S.P.W. and Kiwala, R.S. (1970). Some ecological effects of discharged waste on marine life. *Calif. Fish and Game*, 56(8): 145-155.

Lizárraga Partida, M.L. (1974). Organic pollution in Ensenada Bay, Mexico. *Marine Pollut. Bull.*, Vol. 5, No. 7, July.

Pearce, J.B. (1970). The effects of solid waste disposal on benthic communities in the New York Bight. *Proc. FAO Techn. Cont. on Marine Pollut.*, Rome, Italy.

Shannon, C.E. and Weaver, J.W. (1949). *The Mathematical Theory of Communications*. Univ. Illinois Press, Urbana, Illinois, 177 pp.

Word, J.Q. (1979). The Infaunal Trophic Index. In: Annual Report, 1979, Coastal Water Research Project. El Segundo, Calif., pp. 19-41.

Word, J.Q. and Mearns, A.J. (1979). The 60-meter Control Survey off Southern California. In: Annual Report, 1979, Coastal Water Research Project. El Segundo, Calif., p. 47.