

CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA BAHIA DE TODOS SANTOS, BAJA CALIFORNIA.

ORGANIC MATTER CONTENT IN THE SUPERFICIAL SEDIMENTS OF TODOS SANTOS BAY, BAJA CALIFORNIA

Por/by

Manuel Salvador Galindo Bect

José Antonio Segovia Zavala

Ignacio Rivera Duarte

Instituto de Investigaciones Oceanológicas

Universidad Autónoma de Baja California

Apartado Postal 453

Ensenada, Baja California

GALINDO BECT, M.S. J.A. Segovia Zavala e Ignacio Rivera Duarte. 1984. Contenido de materia orgánica en sedimentos superficiales de la Bahía de Todos Santos, Baja California. Organic matter contents in the superficial sediments of Todos Santos Bay, Baja California. *Ciencias Marinas*, 10 (3): 93-102 (10)

RESUMEN

Se colectaron 49 muestras de sedimentos superficiales en la Bahía de Todos Santos, B.C. Los análisis corresponden a la primera capa de 10 centímetros. Se determinó un porcentaje de materia orgánica, amoníaco y demanda bioquímica de oxígeno. Los resultados obtenidos se compararon con trabajos previos en la región, encontrándose que son muy similares (Emery *et al.*, 1957; Secretaría de Marina, 1974). Se observaron diferencias hacia la zona costera y en especial la dársena del puerto, donde se hace evidente un considerable aumento de materia orgánica. Se encontraron cuatro grupos bien diferenciados por los niveles de materia orgánica.

ABSTRACT

Forty nine samples of surface sediments in Todos Santos, Bay, B. C. were collected. Percent organic matter, ammonia and biochemical oxygen demand were determined. The results were compared with those of previous works and they are very similar (Emery *et al.*, 1957; Secretaría de Marina, 1974) Some differences appear in the coastal zone and specially inside the port where a considerable increase of organic matter is evident. We found four groups well differentiated by the organic matter levels.

INTRODUCCION

La materia orgánica forma una pequeña parte del sedimento costero, es el componente que aporta niveles significativos de nutrientes a la columna de agua (Seitzenger *et al.*, 1980; Klump y Martens, 1981). La concentración de materia orgánica varía dependiendo del lugar; sin embargo, en términos generales se ha encontrado que existe una estrecha relación con el tamaño de grano del sedimento: a menor tamaño mayor concentración de materia orgánica y viceversa (Trask, 1939). Griggs y Johnson (1978), encontraron que la entrada de materia orgánica antropogénica en las regiones costeras, puede perturbar este patrón de distribución normal.

INTRODUCTION

Organic matter constitutes a small part of the coastal sediment. It is the component that contributes most to significant nutrient levels in the water column (Seitzenger *et al.*, 1980; Klump and Martens, 1981). Although the organic matter concentration varies with the locality, it has been found that there is a close relationship with the size of the sediment grain: the smaller the grain size the greater the organic matter concentration and viceversa (Trask, 1939). Griggs and Johnson (1978) found that anthropogenic contributions of organic matter can change the natural distribution pattern.

Estudios básicos de contaminación orgánica efectuados en la Bahía de Todos Santos, B.C., por el Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California (Rivera Duarte *et al.*, 1979 y 1982; Segovia Zavala *et al.*, 1981, 1982), han determinado las fuentes, tipos y volúmenes de materia orgánica vertidas a la bahía, así como su distribución espacial y temporal en la columna de agua.

El depósito de material orgánico en zonas costeras depende de varios factores, entre los principales: oleaje, corrientes, densidad, concentración, etc. De esta manera, si las condiciones son favorables para su depósito, los sedimentos costeros incrementarán sus niveles naturales de materia orgánica, contribuyendo al aumento de nutrientes en los flujos biogeoquímicos de la columna de agua (Klump y Martens, 1981; Boesch, 1982). La razón y producto final de descomposición de la materia orgánica dependerán de las condiciones físicas, químicas y biológicas del medio (Zobell, 1983). En condiciones extremas (anoxia) puede ocurrir liberación de amoníaco, ácido sulfhídrico, bióxido de carbono y metano (Dugan, 1972), limitando la vida marina, especialmente los organismos sésiles y de poco movimiento.

Los antecedentes con relación a la materia orgánica en los sedimentos superficiales de la Bahía de Todos Santos, B.C. son escasos. Entre los realizados se citan a Emery *et al.* (1957) y Secretaría de Marina (1974), presentando, en general, condiciones naturales en los mismos. También se han efectuado estudios sobre comunidades bentónicas en los sedimentos, observándose cambios en la abundancia relativa a diversidad de especies debido al contenido de material orgánico (Lizárraga Partida, 1974; Crew y Gaughan, 1980; Donath Hernández, 1980; Gaughan, 1981).

En este trabajo se determinaron las concentraciones de porcentaje de materia orgánica, amoníaco (NH₃) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en los sedimentos superficiales de la Bahía de Todos Santos, B.C., con el objeto de comparar los niveles actuales del contenido orgánico, con los efectuados con anterioridad por Emery

Sources, types and volumes of organic matter and its spatial and temporal distribution in the water column in Todos Santos Bay, B.C., have been determined by basic organic matter pollution studies conducted by the Instituto de Investigaciones Oceanológicas of the Universidad Autónoma de Baja California (Rivera-Duarte *et al.*, 1979 and 1982; Segovia-Zavala *et al.*, 1981, 1982).

The settlement of organic matter in coastal zones depends on several factors, including wave action, currents, density and concentration. If conditions are favorable for the settlement of organic matter, coastal sediments will increase their natural levels of organic matter contributing to an increase of nutrients in the biogeochemical flux of the water column (Klump and Martens, 1981; Boesch, 1982). The rate and end product of the organic matter decomposition will depend on the physical, chemical and biological conditions of the medium (Zobell, 1938). During extreme conditions (anoxia) a release of ammonia hydrogen sulfide, carbon dioxide, and methane can happen (Dugan, 1972), limiting specially marine life with little or no movement.

There are very few prior studies of organic matter in the surface sediments of Todos Santos Bay, B.C. Among them, Emery *et al.*, (1975) and Secretaría de Marina (1974) generally present natural conditions. There have also been studies of benthic communities in the sediments, showing changes in the relative abundance and diversity of species due to the organic material content (Lizárraga-Partida, 1974; Crew and Gaughan, 1980; Donath-Hernández, 1980; Gaughan, 1981).

In this study the percent organic matter, ammonia (NH₃), and biochemical oxygen demand (BOD) concentrations in the superficial sediments of Todos Santos Bay, B.C., were determined. The objective was to compare the present levels of the organic content with the ones obtained by Emery *et al.*, (1975) and Secretaría de Marina (1974) when there were no considerable contributions of domestic and industrial waste water in the bay. The sites of organic

et al. (1975) y la Secretaría de Marina (1974), cuando no existían aportes considerables de agua residual de origen doméstico e industrial a la Bahía. Se localizaron los lugares de acumulación de materia orgánica para conocer la influencia que ha tenido la actividad humana de la región costera en los sedimentos, ya que la materia orgánica puede provocar cambios en abundancia y diversidad de especies en las comunidades bentónicas.

LOCALIZACION DEL AREA Y ESTACIONES DE MUESTREO

La Bahía de Todos Santos, B.C., se encuentra localizada entre las latitudes 31°40'N y 31°56'N; entre las longitudes 116°36'W y 116°50'W (Fig. 1a). Es una bahía amplia y abierta al océano, con un área aproximada de 330 kilómetros cuadrados y profundidad promedio de 50 metros. Ha sido ampliamente descrita por Walton (1955), Emery *et al.*, (1957), Benson (1959) y Secretaría de Marina (1974).

MATERIALES Y METODOS

Se colectaron un total de 49 muestras de sedimentos superficiales en los primeros 10 cm, (Fig. 1b). La localización de algunas estaciones se hizo en base al estudio realizado por Emery *et al.* (1957). El muestreo se realizó durante el mes de mayo y se dividió en dos etapas: la primera se realizó a bordo del barco oceanográfico *Mariano Matamoros* y la segunda a bordo de una embarcación tipo "paceña", de 22 pies de eslora.

Para la colecta de muestras se utilizaron dos tipos de draga: en la región cercana a la rompiente se usó una Dietz-Lafond, y en las estaciones de mayor profundidad una Van-Veen. Las muestras se guardaron en bolsas de plástico etiquetadas exteriormente, para su congelación inmediata y análisis posterior en los laboratorios del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la UABC.

Se determinaron los siguientes parámetros: demanda bioquímica de oxígeno (DBO mg/gr), porcentaje de materia orgánica (o/o mo) en base a la metodología descrita por Shafer (World and Mearns, 1979);

matter accumulation were located to find out the influence human activity in the coastal zone has had on the sediments, for the organic matter can bring about changes in the abundance and diversity of species in the benthic communities.

STUDY AREA AND SAMPLING STATIONS

Todos Santos Bay, B.C., is located between 31°40'–31°56' N and 116°36'–116°50' W (Fig. 1a). It is a wide bay open to the ocean with an approximate area of 330 km² and an average depth of 50 m. It has been widely described by Walton (1955), Emery *et al.*, (1957), Benson (1959) and Secretaría de Marina (1974).

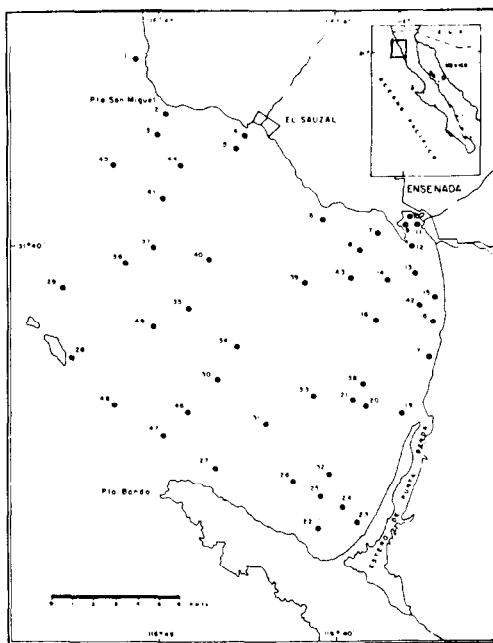


FIGURA 1. Localización geográfica y estaciones de muestreo en la Bahía de Todos Santos, B.C.

FIGURE 1. Location of Todos Santos Bay, B.C. and sampling stations.

METHODS

A total of 49 samples of surface sediments (10 cm deep) were collected (Fig. 1b). Some stations were located following the work by Emery *et al.*, (1957).

amoníaco ($\text{NH}_3 \text{ Mol/m}^3$) por Thomas and Booth (1973); contenido de carbón orgánico oxidable (% MOOX) por el método de Waldey-Black (1947) modificado por Jackson (1958).

RESULTADOS

La Tabla I muestra los valores promedio de los parámetros estudiados observándose que la desviación estandar fue alta. La distribución superficial se presenta en las figuras 2,3,4 y 5, con las menores concentraciones hacia la región sureste de la bahía (frente a la barra del Estero de Punta Banda) y las mayores con un gradiente bien definido hacia el cañón submarino localizado entre las Islas Todos Santos y Punta Banda, así como en el interior de la dársena del puerto; se hace evidente también, que existe una región de posible depósito de materia orgánica hacia la región central de la bahía, que estudios precedentes no habían detectado.

La Tabla II muestra el coeficiente de correlación entre los parámetros estudiados, observándose correlación significativa entre DBO, y % MOOX.

TABLA I. Calidad físicoquímica promedio de sedimentos en la Bahía de Todos Santos, B.C. en 1983.

TABLE I. Average physical-chemical quality of sediments in Todos Santos Bay, B.C., in 1983.

Parámetro	Media	Desviación estándar	Rango	Número de datos
DBO	2.0	1.9	0.21 - 10.0	49
% M O	1.7	1.4	0.37 - 5.18	49
% MOOX	1.0	1.6	0.0 - 6.0	49
NH ₃	19.9	37.5	0.1 - 18.0	49

TABLA II. Crossed linear correlation coefficients (correlation matrix) by parameters in sediments of Todos Santos Bay, B.C. in 1983.

TABLA II. Coeficientes de correlación lineal cruzados (matriz de correlación) por parámetros en sedimentos de la Bahía de Todos Santos, B.C., en 1983.

Parámetro	DBO	% M O	NH ₃	% MOOX
DBO	1	0.615	0.361	0.716
% M O		1	0.259	0.870
NH ₃			1	0.209
% MOOX				1

We sampled during May in two stages. The first was carried out on board the oceanographic vessel *Mariano Matamoros* and the second one on board a small boat 22 feet long.

For the collection of the samples we used two types of dredges: a Dietz-Langond dredge near the area of wave action and in the deeper parts we used a Van-Veen dredge. The samples were placed in plastic bags, were immediately frozen and analyzed later in the laboratory of the Instituto de Investigaciones Oceanológicas of the UABC.

The following parameters were determined: biochemical oxygen demand (BOD mg/gr), percent of organic matter (% OM) following the methodology described by Shafer (World and Mearns, 1979), ammonia ($\text{NH}_3 \text{ Mol/m}^3$) by the method of Thomas and Booth (1973), and oxidable organic carbon content (% MOOX) by the method of Waldey-Black (1947) modified by Jackson (1958).

RESULTS

Table I shows the average values of the parameters studied. We can see that the standard deviations were high. The superficial distribution is seen in figures 2, 3, 4, and 5, with the lowest concentrations towards the southeast of the bay (in front of the sand bar of the Estero de Punta Banda) and the highest with a well defined gradient increasing towards the submarine canyon between Todos Santos Islands and Punta Banda, and also inside the port. It is evident that there is a region of possible settlement of organic matter toward the central part of the bay that older studies had not detected.

Table II shows the correlation coefficient between the parameters studied. We find a significant correlation between BOD and % MOOX.

Figure 6 shows the results of the similarity analysis that divides the bay in 4 groups by their characteristics. The Kruskal-Wallis, statistical test was used, with a confidence level of $\alpha = 0.05$. There are

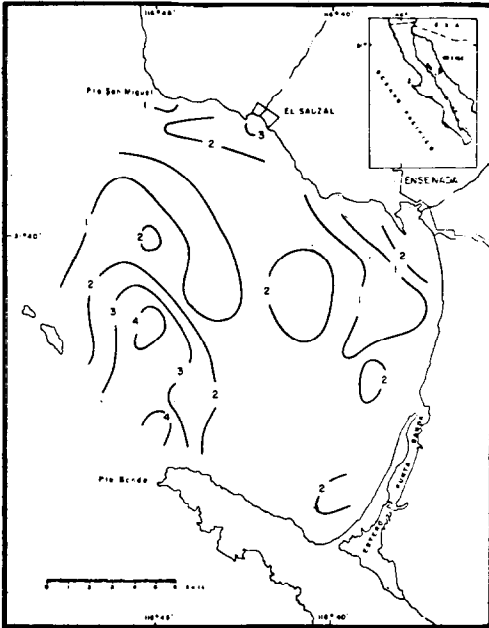


FIGURA 2. Distribución de demanda bioquímica de oxígeno en sedimentos superficiales de la Bahía de Todos Santos, B. C. (1983). DBO (mg/g).

FIGURE 2. Biochemical oxygen demand distribution in superficial sediments in Todos Santos Bay, B.C. (1983). BOD (mg/g).

La figura 6 muestra el análisis de similitud que diferencia a la bahía en cuatro grupos delimitados por sus características. Se aplicó la prueba estadística de Kruskal-Wallis, con un nivel de confianza $\alpha = 0.05$, resultando que existen diferencias significativas del grupo I al IV en $\% \text{ MO}$, $\% \text{ MOOX}$ y NH_3 .

La figura 7 muestra la distribución de materia orgánica (MOOX) en la bahía en base al estudio de Emery *et al.*, (1957), el cual presenta una gran similitud con la distribución de tamaño de sedimentos descrita por Walton (1955), y Emery *et al.*, (1957), (Fig. 8).

DISCUSIONES

En general, la variación espacial de los parámetros estudiados (DBO, $\% \text{ MO}$, NH_3 y MOOX) en los sedimentos superficiales de la Bahía de Todos Santos Baja California,

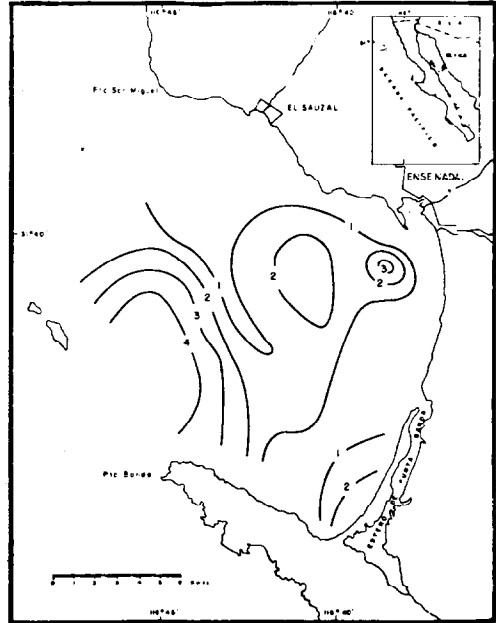


FIGURE 3. Percent organic matter distribution in superficial sediments in Todos Santos Bay, B.C. (1983). Schater's method. Words and Mearns, (1979).

FIGURA 3. Distribución de porcentaje de materia orgánica en sedimentos superficiales de la Bahía de Todos Santos, B.C. (1983). Métodos de Schafer. Words y Mearns, (1979).

significant differences from group I through IV in $\% \text{ OM}$, $\% \text{ MOOX}$ and NH_3 .

Figure 7 shows the organic matter distribution (MOOX) in the bay found by Emery *et al.*, (1957). It shows a great similarity with the distribution of the sediment's grain size described by Walton (1955) and Emery *et al.*, (1957) (Fig. 8).

DISCUSSIONS

Generally, the spatial variation for the parameters (BOD, $\% \text{ OM}$, NH_3 and MOOX) in the surface sediments of Todos Santos Bay, Baja California, shows a close relationship with the behavior reported by Emery *et al.*, (1957) and Secretaría de Marina (1974) for the same locality. The values show a tendency to increase from the surf zone towards the submarine canyon located between the Todos Santos Island and Punta Banda.

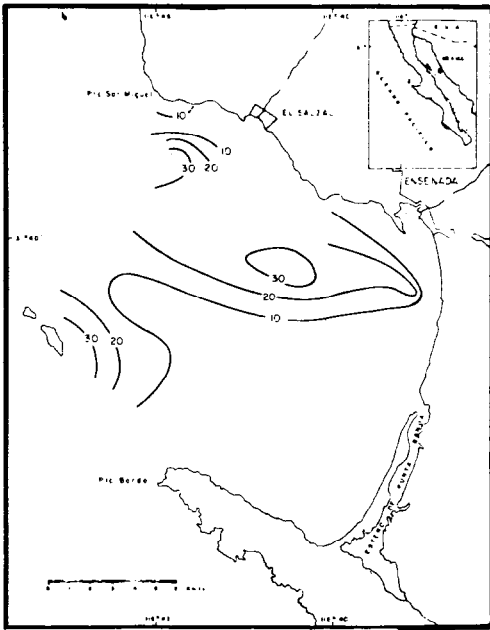


FIGURA 4. Distribución de porcentaje de materia orgánica en sedimentos superficiales de la Bahía de Todos Santos, B.C. (1983). Método Walkey Black (1947), modificado por Jackson (1958).

FIGURE 4. Percent organic matter distribution in superficial sediments in Todos Santos Bay, B.C. (1983). Walkey-Black's method (1947), modified by Jackson (1958).

muestra una estrecha relación con el comportamiento reportado por Emery *et al.* (1957) y Secretaría de Marina (1974), para la misma localidad. Los valores muestran una tendencia a incrementar de la zona de rompientes hacia el cañón submarino localizado entre las Islas Todos Santos y Punta Banda.

La relativamente alta desviación estandar de los parámetros medidos, se debe a las altas concentraciones de materia orgánica observadas en la dársena del puerto de Ensenada y el cañón ya mencionado.

Resultados obtenidos en base al análisis de similitud diferencian la bahía en cuatro grupos perfectamente bien delimitados por los niveles de materia orgánica presentes en los sedimentos. Los grupos I y II (Fig. 6) presentaron los menores valores del estudio debido principalmente a que se encuentran localizados en la región costera donde los procesos dinámicos (oleaje, marea y corrientes) ejercen una alta energía y ocasionan una

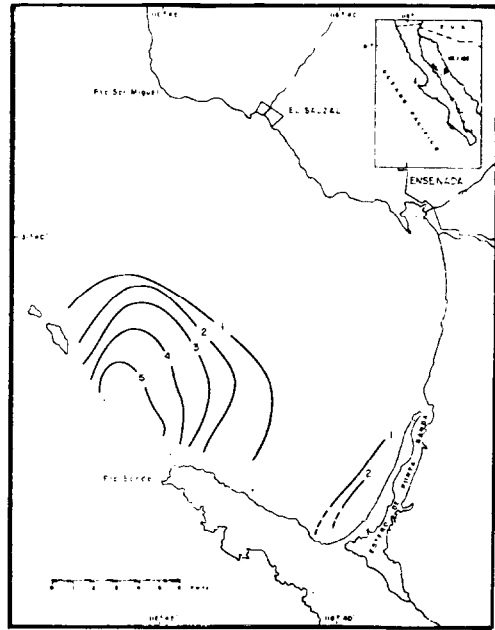


FIGURE 5. Ammonia distribution in superficial sediments in Todos Santos Bay, B.C. (1983). NH_3 (mol/m^3).

FIGURA 5. Distribución de amoníaco en sedimentos superficiales de la Bahía de Todos Santos, B.C. (1983). NH_3 (mol/m^3).

The relatively high standard deviation of the parameters measured is due to the wide range of concentrations of organic matter found in the dock and in the submarine canyon.

The results of the similarity analysis separate the bay in four groups perfectly separate well delineated by the organic matter levels found in the sediments. Groups I and II (Fig. 6) show the lowest values mainly due to their being located in the coastal region where the dynamic processes (waves, tides and currents) cause a great environmental instability; it is also due to the grain size.

It was expected to find high values in the regions close to El Sauzal and El Gallo Creek (group II), considering that Segovia-Zavala (1982) and Segovia-Zavala and Galindo Bect (1984) established that there is a continuous contribution of organic matter in these places through the domestic waste-

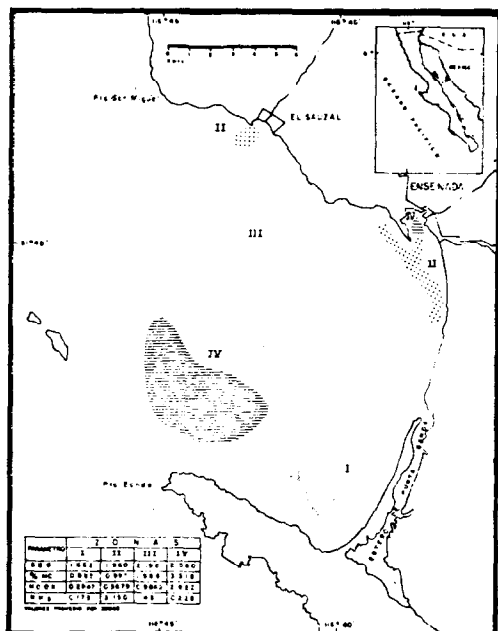


FIGURA 6 Zonas de distribución de calidad de sedimento en la Bahía de Todos Santos, B.C., con base en los cuatro parámetros reportados (DBO, % OM, % OMOX y NH₃).

FIGURE 6. Sediment quality distribution zones in Todos Santos Bay, B.C. based in the four reported parameters (BOD, % OM, % OMOX and NH₃)

inestabilidad ambiental; también se atribuyen al tamaño de grano.

Era de esperar valores altos en las regiones cercanas a El Sauzal y el arroyo El Gallo (grupo II), considerando que Segovia Zavala (1982), Segovia Zavala y Galindo Bect (1984), establecen que existe aporte continuo de materia orgánica por estos lugares, a través de las aguas residuales domésticas de la ciudad de Ensenada, B. C. y la industria del pescado. Sin embargo, debido a la alta energía que prevalece en el lugar, no permite la concentración de los residuos orgánicos en la zona aledaña, pudiendo ser que los aportantes de materia orgánica procedentes de la actividad humana en la región costera, sean transportados hacia el interior de la bahía (zona III) (Figs. 2,3, 4 y 5), donde se observó que los valores de los parámetros estudiados presentaron una tendencia a incrementar en forma de núcleo; no así en el estudio realizado con anterioridad por

water from Ensenada, B.C., and the fish industry. However, the high energy that prevails in those places does not allow the organic residuals to concentrate in those areas. It could be that the contribution of organic matter from human activity in the coastal zone is transported inside the bay (zone III) (Fig. 2, 3, 4, and 5), where it was observed that the values of the studied parameters showed a tendency to increase in a concentric pattern. This is not so in the works by Emery *et al.*, (1957) and Secretaría de Marina (1974) where the normal distribution pattern of the bay is shown when there were no considerable contributions of domestic and industrial wastewater.

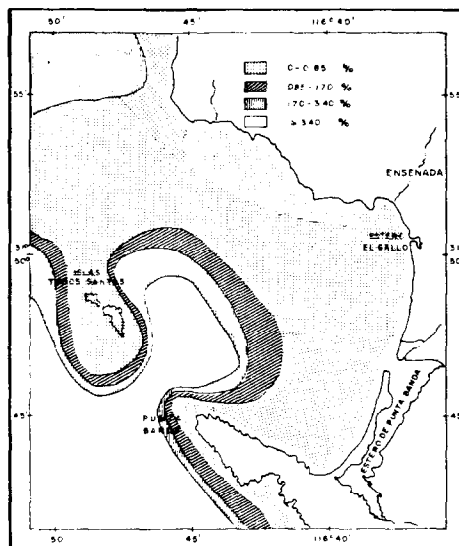


FIGURE 7. Total percent organic matter distribution in sediments in Todos Santos Bay, B. C. Based in the work by Emery *et al.* (1957).

FIGURA 7. Distribución de porcentaje total de materia orgánica en sedimentos de la Bahía de Todos Santos, B. C. Basado en el estudio de Emery *et al.* (1957).

Although we are still analyzing the sediment texture, the distribution of the grain size described by Walton (1955) and Emery *et al.* (1957), and shown in figure 8 indicates a close relationship of the grain size and the organic matter concentration.

CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA EN SEDIMENTOS

Emery *et al.* (1957) y la Secretaría de Marina (1974), donde se muestra el patrón normal de distribución (Fig. 7) de la materia orgánica en la bahía, cuando no existían aportes considerables de agua residual doméstica e industrial.

Aunque se encuentra en proceso de análisis la textura del sedimento, la distribución de tamaño de grano descrita por Walton (1955) y Emery *et al.* (1957) mostrada en la figura 8, indica una estrecha relación con la concentración de materia orgánica. Estudios procedentes en otros lugares muestran la existencia de una relación entre la cantidad de materia orgánica y el tamaño de grano en el sedimento (Griggs and Johnson, 1978; Tissot y Welte, 1978; Berner, 1980; Segar y Davis, 1983).

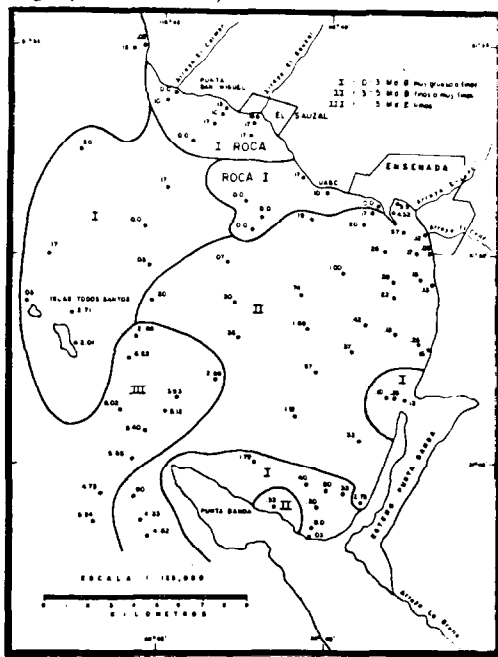


FIGURA 8. Distribución de tamaño de grano en la Bahía de Todos Santos, B.C., basado en el estudio de Walton (1955) y Emery *et al.* (1957). Se muestran valores actuales de %o de materia orgánica.

FIGURE 8. Grain size distribution in Todos Santos Bay, B.C. Based in the works by Walton (1957). The present values of percent organic matter are shown.

El origen de la materia orgánica en el sedimento superficial puede ser autóctono

This is also shown in studies done in other places (Griggs and Johnson, 1978; Tissot and Welte, 1978; Berner, 1980; Segar and Davies, 1983).

The origin of the organic matter in superficial sediments can be autochthonous -formed in the water column over the sediments-, or alochthonous, foreign to the site of sedimentation (Tissot and Welte, 1978 and Berner, 1980). Group IV (Fig. 6) shows the greatest concentration of organic matter and probably the two types of sedimentation described; the organic sediments of the submarine canyon are autochthonous in origin and those of the dock are alochthonous.

Gómez Morin (1981) mentions that the dock is a sediment trap due to current conditions, contributions from creeks and to the breakwater construction in the port. This also makes us think that the dock is a trap for the organic material of domestic and industrial origin from material spilled through El Gallo Creek and from the waste of the anchovy boats that unload in the port's facilities; this is evident in the high concentration shown by the studied parameters (Figs. 2, 3, 4 and 5). Lizárraga-Partida (1974) points out the harmful effects of these concentrations in the dock and states that although the organic pollution has still not reached alarming levels, the results show changes in the relative abundance and diversity of species.

CONCLUSIONS

The values found by Emery *et al.*, (1957) and Secretaría de Marina (1974) were very similar except in the dock area where a considerable increase of organic matter due to the spill of domestic and industrial wastewater and to the construction of the breakwater is evident.

The intense wave action and the current near the brake zone do not allow the accumulation of the organic residuals close to the unloading areas in the bay due to human activity; however, it is very probable that these are deposited a little to the center of the bay.

-formada en la columna de agua sobre los sedimentos-, alóctono -extraña al lugar de sedimentación- (Tissot y Welte, 1978 y Berner, 1980). El grupo IV (Fig. 6) muestra las mayores concentraciones de materia orgánica y probablemente los dos tipos de sedimentación descritos; siendo los sedimentos orgánicos del cañón submarino de origen autóctono, y los de la dársena del puerto, alóctonos.

Gómez-Morin (1981), considera a la dársena como trampa de sedimentos debido a las condiciones de corrientes, aporte de arroyos y obras de protección existentes, lo que hace suponer que también es una trampa de las descargas del material orgánico de origen doméstico e industrial, vertidas a través del arroyo El Gallo y de los residuos de los barcos anclados que descargan en las instalaciones portuarias, cuyo efecto se hace evidente en las altas concentraciones de los parámetros estudiados (Figs. 2,3,4 y 5). Efectos nocivos en la dársena han sido señalados por Lizárraga Partida (1974), quien establece que aunque la contaminación orgánica aún no alcanza niveles alarmantes, los resultados revelan cambios en la abundancia relativa y diversidad de especies.

CONCLUSIONES

Los valores obtenidos por Emery *et al.* (1957) y la Secretaría de Marina (1974), fueron muy similares, con excepción de la dársena portuaria donde se hace evidente un aumento considerable de materia orgánica debido a las descargas de agua residual industrial y doméstica, así como a la construcción de obras de protección.

El intenso oleaje y corrientes que existen cercanas a la rompiente no permiten la acumulación, alejando a las descargas, de los residuos orgánicos que se vierten a la bahía procedentes de la actividad humana; sin embargo, es muy probable que estos sean depositados un poco más al centro de la bahía.

La distribución de materia orgánica es muy similar a la distribución de grano mostrada en estudios precedentes: a menor tamaño de grano mayor acumulación de mate-

The organic matter distribution is very similar to the grain distribution shown in early studies; the smaller the grain size, the higher the organic matter concentration. With this, we can divide the bay into four very well delineated groups.

ACKNOWLEDGEMENTS

The present study was done at the Instituto de Investigaciones Oceanológicas de the Universidad Autónoma de Baja California under the project No. 82-04-235 with the Secretaría de Educación Pública whom we thank for the economic support. We thank Gilberto Fuentes and Ramon Moreno for the drawings, Rosa Isabel Trujillo Brambila who typed this paper and to Myra Pamplona for translating this paper into English.

ria orgánica, diferenciándose cuatro grupos bien delimitados por las concentraciones de ésta en los sedimentos.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue realizado en el Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California, bajo el convenio No. 82-04-235 con la Secretaría de Educación Pública, a quien se agradece el apoyo económico. Damos gracias a Gilberto Fuentes y Ramón Moreno por elaborar las figuras y a Rosa Isabel Trujillo Brambila por elaborar el escrito a máquina. Agradecemos la ayuda de Myra Pamplona en la traducción al inglés de este artículo.

LITERATURA CITADA

- BENSON, R.H. (1959). Ecology of recent ostracodes of the Todos Santos Bay region, Baja California, México. *Arthropoda*, article 1: 1-80 pp.
- BERNER, R.A. (1980). *Early diagenesis, a theoretical approach*. Princeton University Press: Princeton N.J. 241 pp.
- BOESCH, D.F. (1982). Ecosystem consequences of alterations of benthic community structure and function in the New York Bight region. In: *Ecological stress and the New York Bight*. G.F. Mayer (ed.) 543-567 pp.

CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA EN SEDIMENTOS

- CREW, H. y P. Gaughan (1980). Estudios biológicos y químicos preliminares sobre contaminación en la bahía de Todos Santos. En: Discusiones internas sobre Labores de Investigación y Docencia. Centro de Investigación Cient. y Educación Superior de Ensenada. Espinoza 843, Ensenada, B. C. México, pp. 89-95.
- DONATH Hernández, F.E. (1980). El índice trófico de la infauna y su relación con la contaminación orgánica marina de la Bahía de Todos Santos, B.C. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana.
- DUGAN, P.R. (1972). Biochemical ecology of water pollution. Plenum Press. New York. p. 7-8.
- EMERY, K.O., D.S. Gorsline; E. Uchupi, and R.D. Terry (1957). Sediments of three bays of Baja California: Sebastian Vizcaino, San Cristobal and Todos Santos. *Journal of Sedimentary Petrology*. 27 (2): 95-115 pp.
- GAUGHAN, P. (1981). Estudios biológicos y químicos sobre contaminación marina en la Bahía de Todos Santos, B. C. En: Discusiones Internas sobre Labores de Investigación y Docencia. Centro de Invest. Cient. y Educación Superior de Ensenada. Espinoza 843, Ensenada, B. C. México, pp. 78-86.
- GOMEZ-Morín Fuentes, L. (1981). Análisis hipsométrico de la rada del puerto de Ensenada, B.C. Tesis de licenciatura. Escuela Superior de Ciencias Marinas. Apdo. Postal 453 Ensenada, B. C. México.
- GRIGGS, G.B. and S. Johnson (1978). Bottom sediment contamination in the Bay of Naples, Italy. *Marine Pollution Bulletin* 9 (8): 208-214 pp.
- JACKSON, M.L. (1958). Soil chemical analysis. In: D.H. Loring and R.T.T. Rantala (eds.) *Geochemical analysis of marine sediments and suspended particulate matter*. Fisheries and Marine Service, Technical Report No. 700-1977. 58 pp.
- KLUMP, J. Val. and C.S. Martens. (1981). Biogeochemical cycling in an organic rich coastal marine basin. II. Nutrients sediment-water exchange processes. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 45: 101-121.
- LIZARRAGA Partida, M.L. (1974). Organic Pollution in Ensenada Bay, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 5 (7): 109-112 pp.
- RIVERA DUARTE, I; J.A. Segovia Zavala y M.S. Galindo Bect (1979). Comportamiento de la materia orgánica en las aguas de la Bahía de Todos Santos, B.C. En: Estudios básicos para el Diagnóstico Permanente de la Contaminación de Baja California. Inst. Invest. Oceanológicas, UABC. Apdo. Postal 453 Ensenada, B. C. México.
- RIVERA DUARTE I; M.S. Galindo Bect y J.A. Segovia Zavala (1982). Calidad físico-química de la zona costera de la bahía de Todos Santos, B. C. En: Estudio de Contaminación costera en el Estado de Baja California. Inst. de Invest. Oceanológicas UABC. Apdo. Postal 453 Ensenada, B. C. México.
- SECRETARIA DE MARINA (1974). Estudio Geográfico de la región de Ensenada, B. C. Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marítimo.
- SEGAR, D.A. and P.G. Davis, (1983). Contamination of populated estuaries and adjacent coastal ocean. *Aglobal review*. SEAM Ocean Inc. P.O. Box 1627, Wheaton M.D. 20902 U.S.A.
- SEITZEINGER, S.; S. Nixon; ME. Q. Pilson and S. Burke (1980). Denitrification and N₂O production in near-shore marine sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 44: 1853-1860 pp.
- SEGOVIA ZAVALA, J.A.; M.S. Galindo Bect; I. Rivera Duarte (1982). Fuentes de Contaminación por materia orgánica y sus aportes a la Bahía de Todos Santos, B.C. En: Estudios de Contaminación Costera en el Estado de Baja California. Inst. de Invest. Oceanológicas UABC. Apdo. Postal 453 Ensenada, B. C. México.
- SEGOVIA ZAVALA, J.A. (1982). Estudio de contaminación por materia orgánica en la zona industrial de El Sauzal, Baja California. Tesis profesional. Escuela Superior de Ciencias Marinas. Apdo. Postal 453 Ensenada, B. C. México. 96 pp.
- SEGOVIA ZAVALA, J. A. y M.S. Galindo Bect (1984). Fuentes de contaminación por materia orgánica a la Bahía de Todos Santos Baja California: I. Caracterización y eficiencia de la planta de tratamiento de aguas negras de la ciudad de Ensenada, Baja California. *Ciencias Marinas* 10 (1) pp.
- THOMAS, R.F. and R.L. Booth (1973). Selective electrode measurement of ammonia in water and waste. *Environmental Science & Technology* 7 (6): 523-526 pp.
- TISSOT, B.P. and D.H. Welte (1978). *Petroleum formation and occurrence* Springer-Verlag: Berlin. 91 pp.
- TRASK, P.D. (1939). Organic content of recent marine sediments. In: *Recent Marine Sediments*. Parker D. Trask (ed). Dover Publications, Inc. New York. 736 pp.
- WALTON, W.R. (1955). Ecology of living benthonic foraminifera, Todos Santos Bay, Baja California. *Journal of Paleontology* 29 (6): 952-1018.
- WORD, J.Q. and A.J. Mearns. (1979). 60-Meter control survey of Southern California. Southern California. Southern California Coastal Water Research Project. 1500 East Imperial Highway. El Segundo Calif. 90245 U.S.A. 58 pp.
- ZOBELL, C.E. (1938). Occurrence and activity of bacteria in marine sediments. In: *Recent Marine Sediments*, Parker D. Trask (ed) Dover Publications, Inc. New York. 416-427 pp.