

CONTAMINACION FECAL EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA BAHIA DE TODOS SANTOS, BAJA CALIFORNIA

FAECAL CONTAMINATION IN SURFACE SEDIMENTS OF TODOS SANTOS BAY, BAJA CALIFORNIA

Ma. Victoria Orozco Borbón
Francisco Delgadillo Hinojosa

Instituto de Investigaciones Oceanológicas
Universidad Autónoma de Baja California
Apartado Postal 453
Ensenada, Baja California, México

Orozco Borbón, M.V. y Delgadillo Hinojosa, F. Contaminación fecal en sedimentos superficiales de la Bahía de Todos Santos, Baja California. Faecal Contamination in Surface Sediments of Todos Santos Bay, Baja California. *Ciencias Marinas*, 15(1):47-62, 1989.

RESUMEN

En 1983 se investigó la contaminación fecal en sedimentos superficiales de la zona litoral de la Bahía de Todos Santos, Baja California, México. Como indicadores de contaminación se utilizaron a las bacterias coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales. Los sedimentos de las estaciones localizados hasta un kilómetro de distancia de las descargas de desecho doméstico e industrial, mostraron los valores más altos de densidad bacteriana (hasta 54.000 CF/100gr). Los resultados indican que existe una dispersión de la fuente de contaminación hacia el centro y sur de la bahía.

ABSTRACT

The faecal contamination in surface sediments of the littoral zone of Todos Santos Bay, Baja California, Mexico, was studied in 1983. Total coliform bacteria, faecal coliforms and faecal streptococci were used as indicators of contamination. The sediments from the stations located up to a distance of one kilometer from domestic and industrial waste discharges showed the highest values of bacterial density (up to 54,000 FC/100gr). The results indicate that there is a dispersion of the source of contamination towards the centre and south of the bay.

INTRODUCCION

El incremento de descargas de aguas residuales en zonas costeras, trae como consecuencia un deterioro en la calidad del agua para actividades recreativas, así como problemas de salud pública. Las aguas residuales descargadas al mar contienen elevadas cantidades de microorganismos, algunos de los cuales son patógenos (Hopkins *et al.*, 1985) entre ellos las bacterias coliformes, estreptococos, estafilococos, proteus, pseudomonas, salmonella, shigella y virus de la hepatitis y la poliomielitis (Moore *et al.*, 1988).

INTRODUCTION

The increase of wastewater discharges in coastal zones causes a deterioration in the quality of water for recreational activities, as well as being a health hazard. The wastewaters discharged into the sea contain high quantities of microorganisms, some of which are pathogenic (Hopkins *et al.*, 1985), such as the coliform bacteria, streptococcus, staphylococcus, proteus, pseudomonas, salmonella, shigella and hepatitis and poliomyelitis viruses (Moore *et al.*, 1988).

La capacidad de los microorganismos patógenos de sobrevivir en el medio ambiente marino conlleva riesgos de tipo epidemiológico (Arribas, 1988; Moore *et al.*, 1988). La infección en el hombre puede ser directa, al practicar la natación, o indirecta, al ingerir alimentos marinos contaminados. Entre las enfermedades adquiridas por estas vías se encuentran la tifoidea, gastroenteritis, hepatitis y poliomyelitis (Favero, 1985; Rosas *et al.*, 1985; Seyfried *et al.*, 1985a).

Tradicionalmente se ha señalado la presencia de indicadores bacterianos, así como patógenos, en sistemas acuáticos; en la literatura se incluyen reportes de bacterias indicadoras y patógenas en sedimentos (O'Malley *et al.*, 1982; Loutit y Lewis, 1985). Estas investigaciones muestran la existencia de concentraciones mayores de bacterias en sedimentos, que las que existen en las aguas adyacentes, lo que sugiere mayor sobrevivencia después de la sedimentación de los organismos (Gerba *et al.*, 1977; Seyfried *et al.*, 1985b).

En estudios de contaminación fecal en la columna de agua (Instituto de Investigaciones Oceanológicas, 1979; Orozco-Borbón y Gutiérrez-Galindo, 1983), realizados en la Bahía de Todos Santos, Baja California, se han encontrado concentraciones de bacterias coliformes mayores que los límites establecidos por la Legislación Mexicana para usos recreativos, hasta 5km de la costa (Sañudo-Wilhelmy *et al.*, 1984).

El presente estudio tiene como objetivo determinar la concentración de coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales en sedimentos superficiales de la zona litoral de la Bahía de Todos Santos, B.C.

MATERIALES Y METODOS

Las estaciones de muestreo (Fig. 1) se ubicaron de acuerdo con la localización geográfica de las descargas de aguas residuales a la Bahía de Todos Santos, y al patrón de circulación costera de las aguas de la Bahía, propuesto por Chee-Barragán y Pérez-Higuera (1982). Durante los meses de mayo, junio, septiembre y noviembre de 1983, se colectó un total de 60 muestras de sedimentos en 29

The capacity of the pathogenic microorganisms to survive in the marine environment implies risks of an epidemiological type (Arribas, 1988; Moore *et al.*, 1988). The infection in man can be direct, while swimming, or indirect by ingesting contaminated marine food. Among the illnesses caught in this way are typhoid, gastroenteritis, hepatitis and poliomyelitis (Favero, 1985; Rosas *et al.*, 1985; Seyfried *et al.*, 1985a).

Traditionally, the presence of bacterial indicators and pathogens in aquatic systems has been indicated; included in the literature are reports on bacterial indicators and pathogens in sediments (O'Malley *et al.*, 1982; Loutit and Lewis, 1985). These studies show the existence of higher concentrations of bacteria in sediments than those found in adjacent waters, which suggests greater survival after the sedimentation of the organisms (Gerba *et al.*, 1977; Seyfried *et al.*, 1985b).

In studies on faecal contamination in the water column carried out in Todos Santos Bay, Baja California (Instituto de Investigaciones Oceanológicas, 1979; Orozco-Borbón and Gutiérrez-Galindo, 1983), concentrations of coliform bacteria have been found which are higher than the limits set by Mexican legislation for recreational uses, up to 5km from the coast (Sañudo-Wilhelmy *et al.*, 1984).

The objective of the present study is to determine the concentration of total coliforms, faecal coliforms and faecal streptococci in surface sediments of the littoral zone of Todos Santos Bay, B.C.

MATERIALS AND METHODS

The sampling stations (Fig. 1) were situated according to the geographical location of the effluents which discharge wastes into the Todos Santos Bay and to the coastal circulation pattern of the waters of the bay proposed by Chee-Barragán and Pérez-Higuera (1982). During May, June, September and November 1983, a total of 60 sediment samples were collected from 29 stations. Systematic samplings were only carried out at stations 3-16. The samples were taken using a Van Veen and a Dietz-Lafont dredge. The

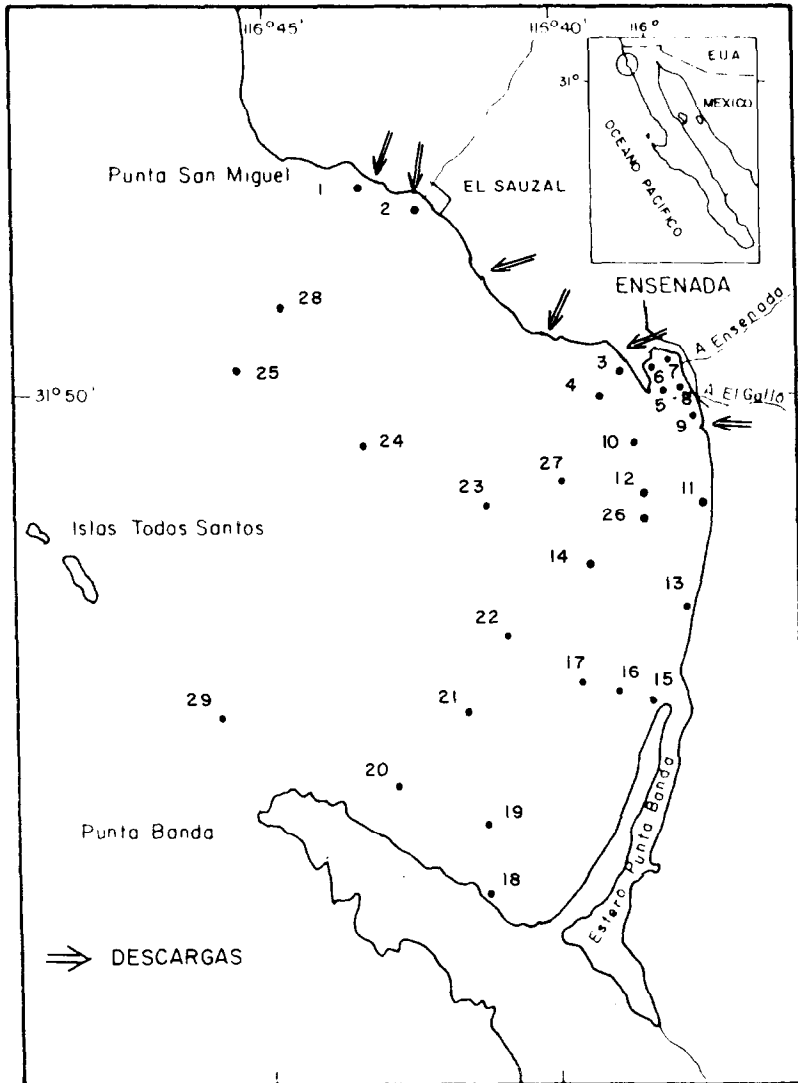


Figura 1. Localización del área de estudio y estaciones de muestreo.
Figure 1. Location of the study area and sampling stations.

estaciones, realizándose muestreos sistemáticos únicamente de las estaciones 3-16. Las muestras se tomaron mediante una draga Van Veen y una Dietz-Lafont. El primer centímetro de la superficie se separó con una espátula y se colocó en frascos estériles conteniendo 50ml de agua amortiguadora de fosfatos y calibrados a 100ml. Las muestras se refrigeraron a 4°C y se transportaron al laboratorio para su análisis inmediato.

first centimeter of the surface was separated with a spatula and placed in sterile flasks containing 50ml of dilution water and calibrated to 100ml. The samples were refrigerated at 4°C and taken to the laboratory for their immediate analysis.

The indicator bacteria (total coliforms, faecal coliforms and faecal streptococci) were determined according to APHA (1970, 1985),

Las bacterias indicadoras (coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales) se determinaron de acuerdo a APHA (1970, 1985), mediante el método del número más probable (NMP) con series de cinco tubos. Con los valores de densidad de bacterias coliformes y estreptococos, se obtuvieron las razones por estación de coliformes totales/coliformes fecales y coliformes fecales/estreptococos fecales. Con el objeto de detectar diferencias significativas en la distribución de bacterias, se realizó un análisis estadístico no paramétrico (U de Mann-Whitney, $P < 0.05$; Sokal y Rohlf, 1980).

RESULTADOS Y DISCUSION

La variación de la densidad de bacterias coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales se muestra en la Tabla I. La concentración de bacterias indicadoras de contaminación fecal, fue mayor en las estaciones cercanas a las descargas de aguas residuales del Arroyo el Gallo e industrias pesqueras aledañas al recinto portuario (E3, E4, E7, E10, E11 y E12) decreciendo en número a mayor distancia de éstas. Secretaría de Marina, 1981, informó una distribución similar de bacterias coliformes en los sedimentos de la Bahía de Todos Santos. En estudios sobre contaminación bacteriana en sedimentos, Zobell, (1960) y Babinchak *et al.* (1977), han señalado que la concentración de bacterias es mayor en muelles y zonas cercanas a descargas que en mar abierto, aunque menciona la posibilidad de encontrar bacterias a una distancia de cinco a diez millas de afluentes. Este fenómeno de disminución de la concentración bacteriana, se debe posiblemente a una serie de factores, tales como dilución, dispersión y efecto bactericida del agua de mar, que actúan sobre las bacterias de origen terrestre (Mitchell, 1968; Gauthier *et al.*, 1975; Barja *et al.*, 1977).

En general las Figuras 2-7 indican un patrón de dispersión de bacterias, de las fuentes de contaminación al interior de la dársena portuaria y hacia el sur y centro de la Bahía, por efecto de las corrientes. Sañu-

by means of the five-tube most probable number method (MPN). With the density values of coliform bacteria and streptococci, the ratios per station of total coliforms/faecal coliforms and faecal coliforms/faecal streptococci were obtained. In order to detect significant differences in the distribution of the bacteria, a non-parametric statistical analysis was carried out (U of Mann-Whitney, $P < 0.05$; Sokal and Rohlf, 1980).

RESULTS AND DISCUSSION

The variation in density of the total coliform bacteria, faecal coliforms and faecal streptococci is shown in Table I. The concentration of indicator bacteria of faecal contamination was greater in the stations close to the wastewater discharges of the stream called Arroyo El Gallo and small fishery industries adjacent to the area of the harbour (stations 3, 4, 7, 10, 11 and 12), decreasing in number at a greater distance from these. A similar distribution of coliform bacteria in sediments of the Todos Santos Bay was reported by the Secretaría de Marina (1981). In studies regarding bacterial contamination in sediments, Zobell (1960) and Babinchak *et al.* (1977) indicated that the concentration of bacteria is higher in docks and areas close to discharges than in the open sea, though they mention the possibility of finding bacteria at a distance of five to ten miles from tributaries. This decreasing phenomenon of bacterial concentration is possibly due to a series of factors, such as dilution, dispersion and bactericidal effect of sea water, which act on bacteria of terrestrial origin (Mitchell, 1968; Gauthier *et al.*, 1975; Barja *et al.*, 1977).

In general, Figures 2-7 indicate a bacterial dispersion pattern, from polluting sources inside the harbour and towards the south and centre of the bay, due to the currents. Sañudo-Wilhelmy *et al.* (1985) indicate that littoral and surface currents are direct causes of the movement of pollutants in the coastal zone.

Studies carried out by Lizárraga-Arciniéga (1976) and Chee-Barragán and Pérez-Higuera (1982) on transportation along the coast, show the existence of two net

Tabla I. Variación de densidad de bacteria coliformes totales, fecales y estreptococos fecales registrados de mayo a noviembre de 1983 (NMP/100gr).

Table I. Density variation of total coliform bacteria, faecal coliforms and faecal streptococci recorded from May to November 1983 (MPN/100gr).

Estación No.	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	Estreptococos Fecales
1	<2	<2	73
2	567	211	28 000
3	2400 - 9500	300 - 6400	11000 - 110000
4	2487 - 16000	20 - 790	2900 - 25000
5	<2 - 90000	<2 - 5000	7300-200000
6	330 - 24000	<2 - 9000	91 - 460000
7	50 - 1.8x10 ⁶	<2 - 1100	15000 - 110000
8	500 - 920000	200 - 16000	150 - 11000
9	70000 - 160000	24000 - 54000	4355 - 150000
10	950 - 1.8x10 ⁶	460 - 9000	2400 - 21000
11	5000 - 160000	200 - 24000	400 - 150000
12	1400 - 300000	230 - 24000	1500 - 11000
13	<2 - 130000	<2 - 90	73 - 11000
14	212 - 1700	<2 - 1100	<2 - 930
15	<2 - 5400	<2 - 230	150 - 230
16	852 - 9200	120 - 230	110 - 2400
17	400	50	2400
18	114	<2	280
19	<2	<2	24000
20	20	<2	2100
21	54	<2	2400
22	40	<2	1500
23	5400	490	240000
24	110	68	930
25	50	<2	93
26	170 - 5400	170 - 800	2000 - 4600
27	2400	80	240000
28	<2	<2	2100
29	20	<2	190

do-Wilhelmy *et al.* 1985 señalan como causa directa del movimiento de contaminantes en la zona costera a las corrientes litoral y superficial.

Trabajos realizados por Lizárraga-Arciniéga (1976) y Chee-Barragán y Pérez-Higuera (1982), sobre el transporte a lo largo de la costa, muestran la existencia de dos

transport directions: from the northern part (Punta San Miguel) towards the south and in the southern part (estuary sand bar) towards the north, converging in the central part of the bay, over the inner harbour. Because of this and the diffraction effect of waves over the breakwater of the harbour, the contaminating material from the Arroyo El Gallo and from the Peninsular-Galicia fisheries has been

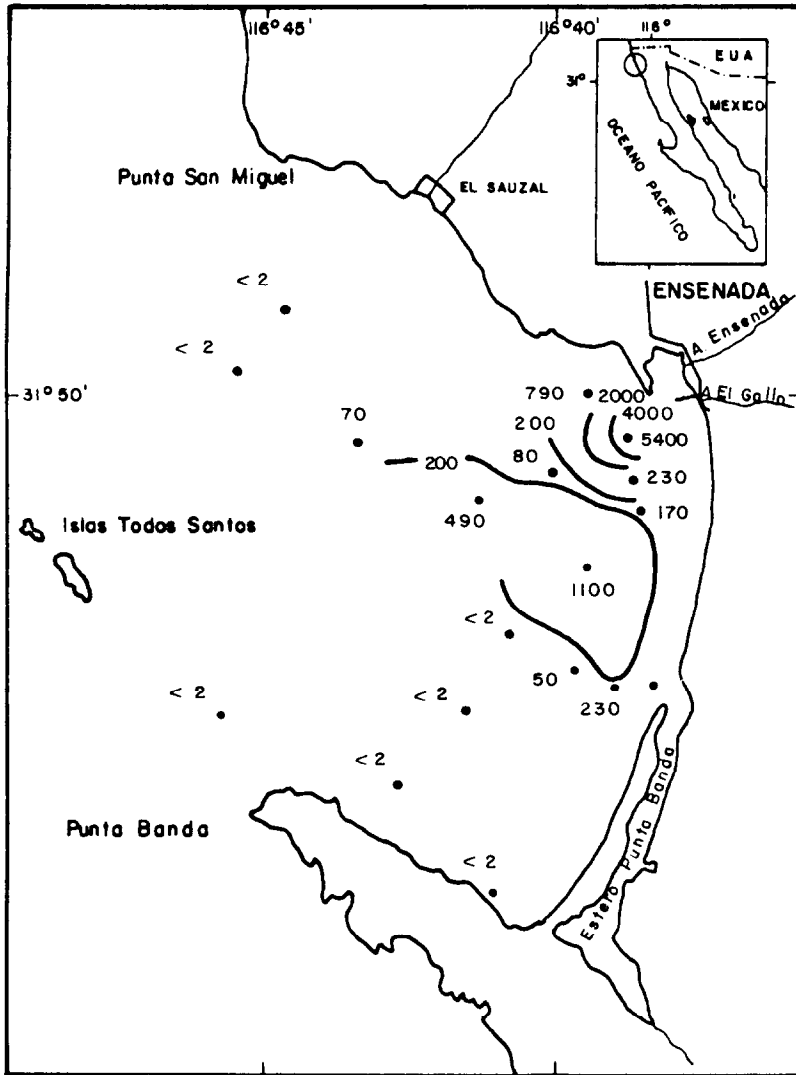


Figura 2. Distribución de coliformes fecales para mayo 1983 en sedimentos superficiales de la Bahía de Todos Santos, B.C. (NMP/100gr).

Figure 2. Distribution of faecal coliforms for May 1983 in surface sediments of Todos Santos Bay, B.C. (MPN/100gr).

direcciones de transporte netos, de la parte norte (Punta San Miguel) hacia el sur y en la parte sur (barra del estero) hacia el norte, convergiendo en la parte central de la Bahía, sobre la dársena portuaria. Debido a esto, y al efecto de difracción del oleaje sobre el rompeolas de la dársena portuaria, se ha

transported to the interior of the inner harbour, making this the most contaminated spot within the Todos Santos Bay because of its reservoir characteristic (Sañudo-Wilhelmy *et al.*, 1985). Thus, the high values of bacteria indicators of faecal contamination obtained in this study.

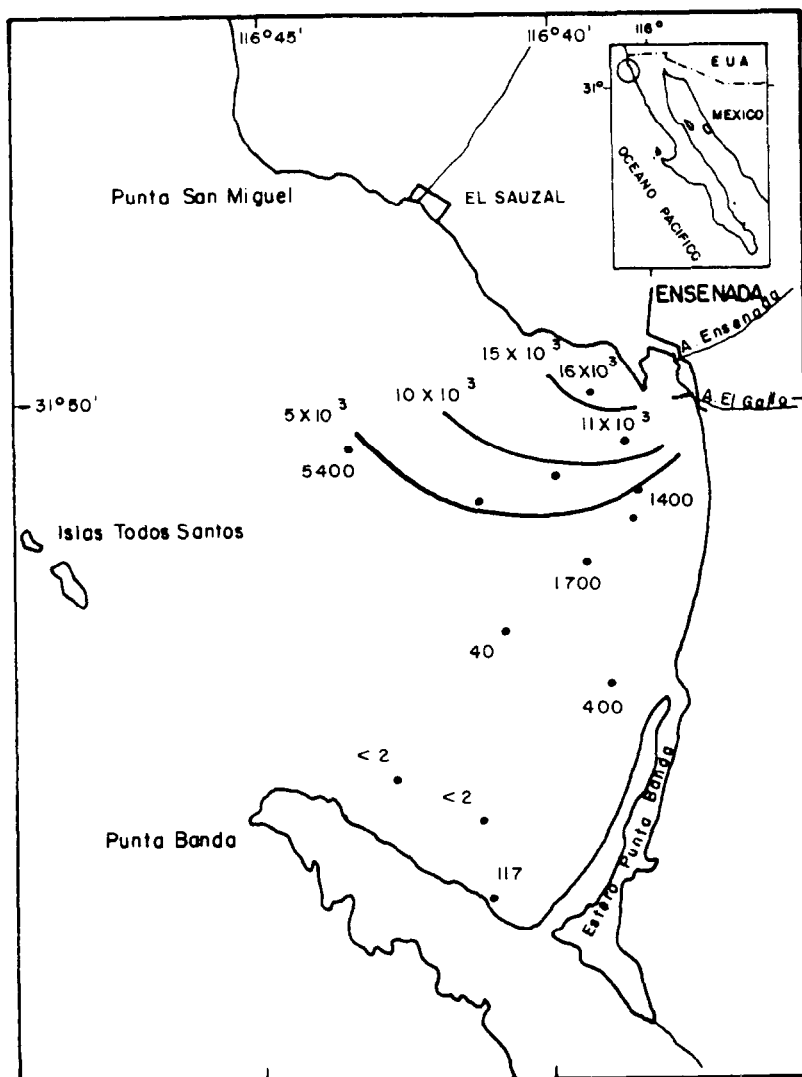


Figura 3. Distribución de coliformestotales para mayo 1983 en sedimentos superficiales de la Bahía de Todos Santos, B.C. (NMP/100gr).

Figure 3. Distribution of total coliforms for May 1983 in surface sediments of Todos Santos Bay, B.C. (MPN/100gr).

ocasionado que el material contaminante del Arroyo el Gallo y de las Pesqueras Peninsular-Galicia sea transportado al interior de la misma, haciendo de ésta el lugar más contaminado dentro de la Bahía de Todos Santos, por su característica de reservorio (Sañudo-Wil-

The results show that domestic wastewaters (sewage treatment plant of the Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada) and industrial wastes (common drainpipe) discharged through Arroyo El Gallo, are the main sources of bacteriological contamination.

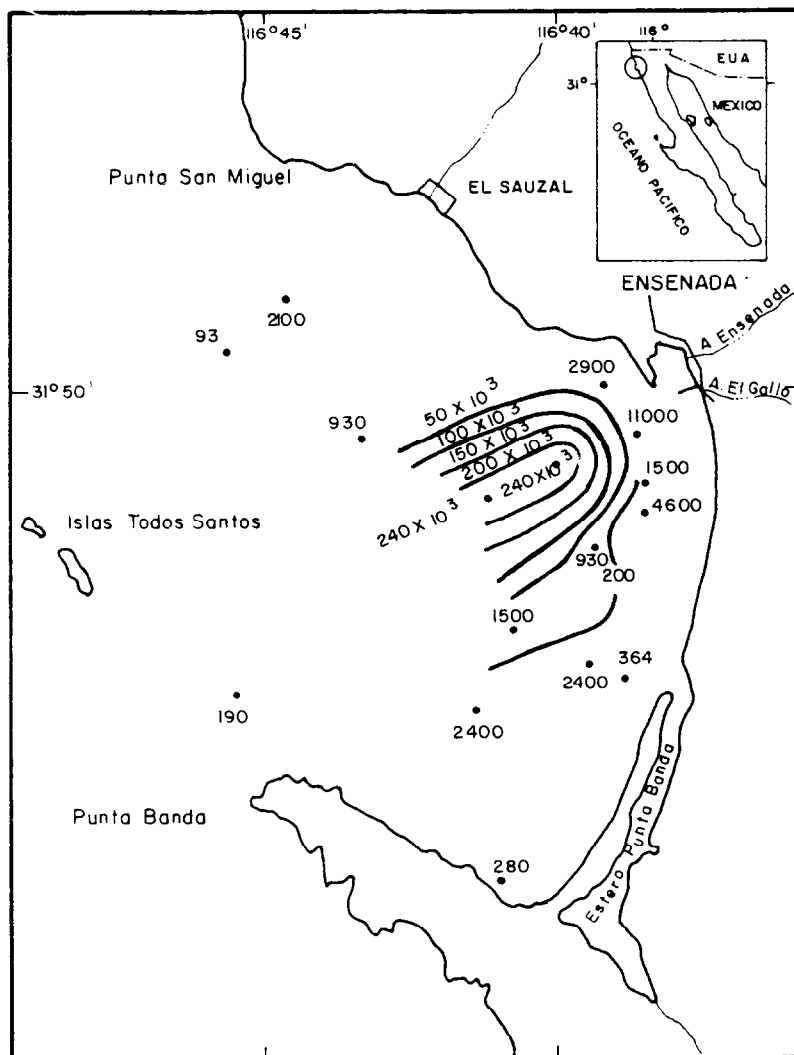


Figura 4. Distribución de estreptococos fecales para mayo 1983 en sedimentos superficiales de la Bahía de Todos Santos, B.C. (NMP/100gr).

Figure 4. Distribution of faecal streptococci for May 1983 in surface sediments of Todos Santos Bay, B.C. (MPN/100gr).

helmy *et al.*, 1985) de ahí los altos valores obtenidos de bacterias indicadoras de contaminación fecal obtenidos en este estudio.

Los resultados muestran, que las aguas residuales domésticas (planta de tratamiento de aguas negras de la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada) e Industriales

Morales-Chávez (1984) mentions that the bacterial load which reaches the treatment plant is not decreased but increased by 45% and that the industrial discharges that converge in the common drainpipe, keep as high concentrations of coliform bacteria as those of the treatment plant. In front of this zone, values were recorded of 54,000 faecal coliforms

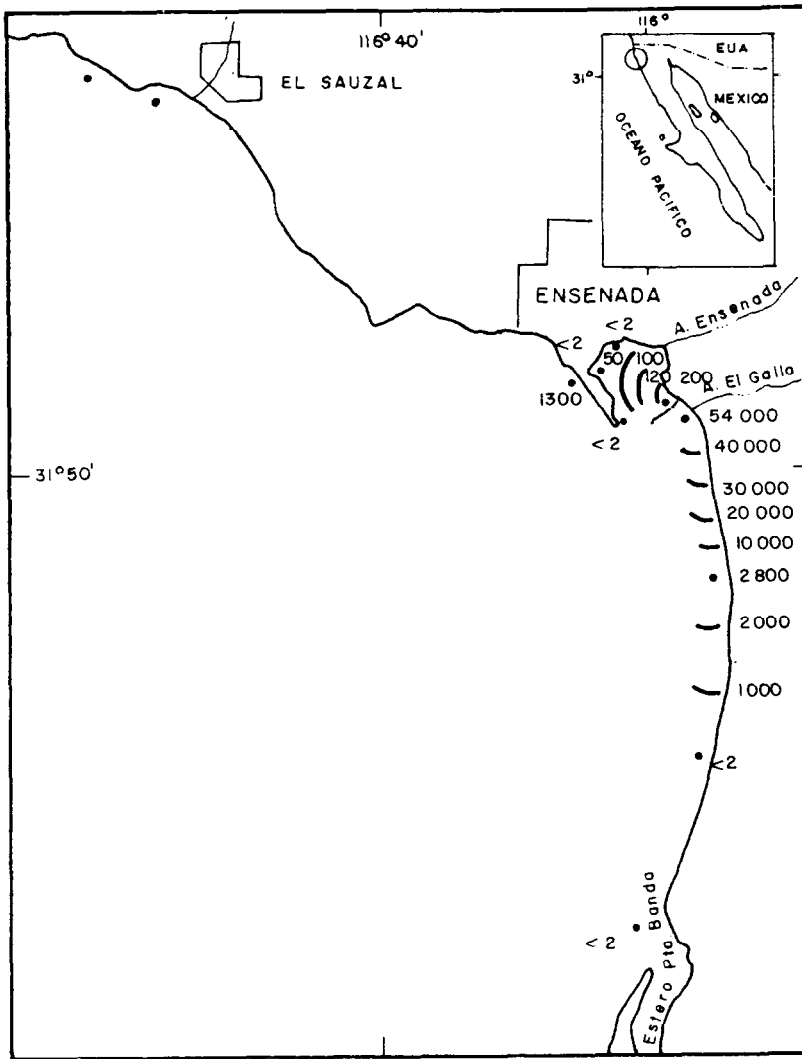


Figura 5. Distribución de coliformes fecales para junio 1983 en sedimentos superficiales de la Bahía de Todos Santos, B.C. (NMP/100gr).

Figure 5. Distribution of faecal coliforms for June 1983 in surface sediments of Todos Santos Bay, B.C. (MPN/100gr).

(cárcamo común) descargados vía Arroyo el Gallo, son las principales fuentes de contaminación bacteriológica. Morales-Chávez (1984) menciona que la carga bacteriana que llega a la planta de tratamiento no es disminuida, sino aumentada en un 45% y que las descargas industriales que convergen en el cárcamo común, mantienen concentraciones de bacterias coliformes tan grandes como las de la planta

(station 9), while in station 11, 24,000 were detected (Table I). This is due to the existence of littoral transport from the Arroyo El Gallo zone towards the south (Lizárraga-Arciniéga, 1976; Chee-Barragán and Pérez-Higuera, 1982).

Higher values of bacteria were expected in the stations closest to wastewater dis-

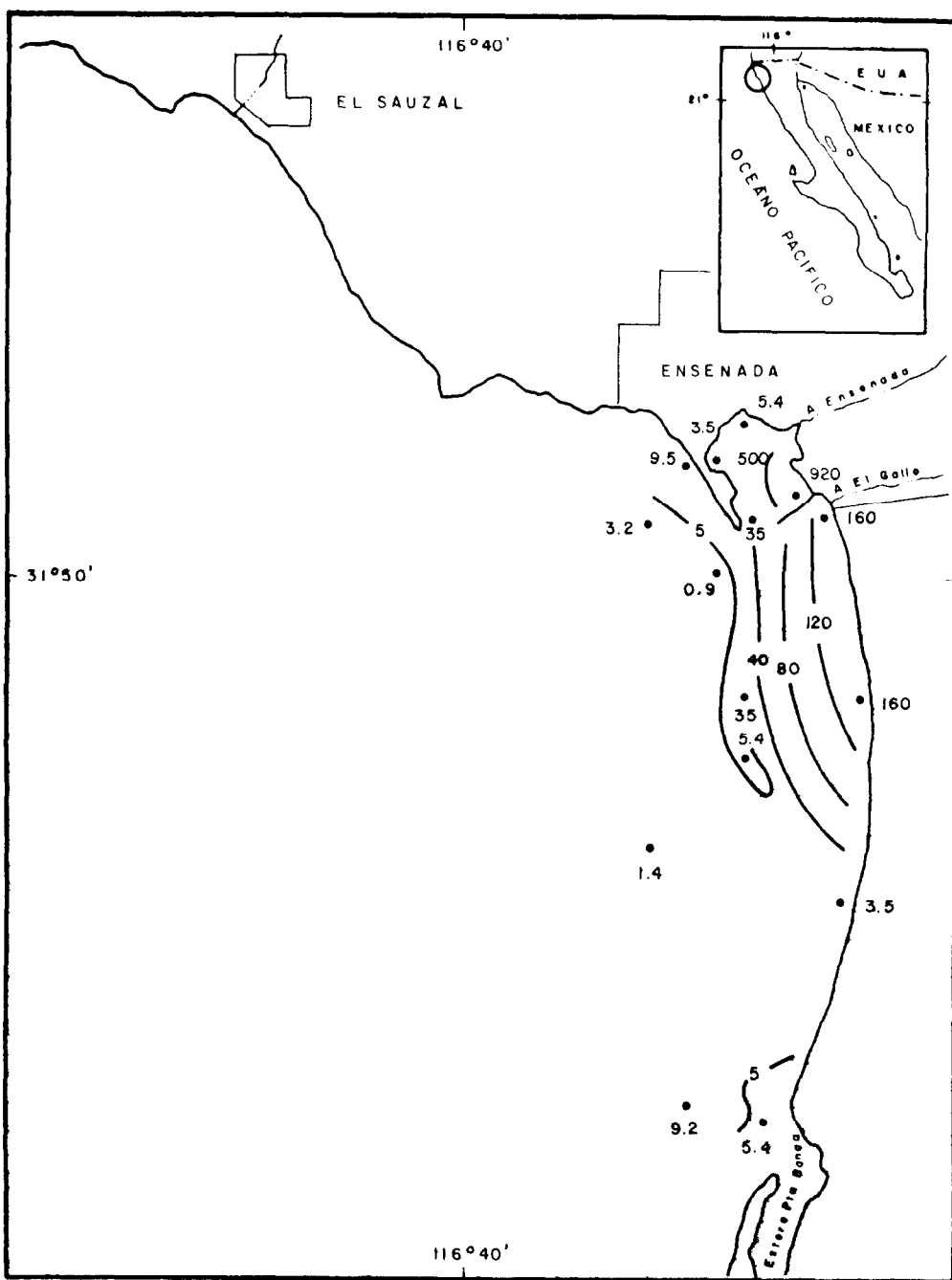


Figura 6. Distribución de coliformes totales para septiembre de 1983 en sedimentos superficiales de la Bahía de Todos Santos, B.C. (NMP x 10³/100gr).

Figure 6. Distribution of total coliforms for September 1983 in surface sediments of Todos Santos Bay, B.C. (MPN x 10³/100gr).

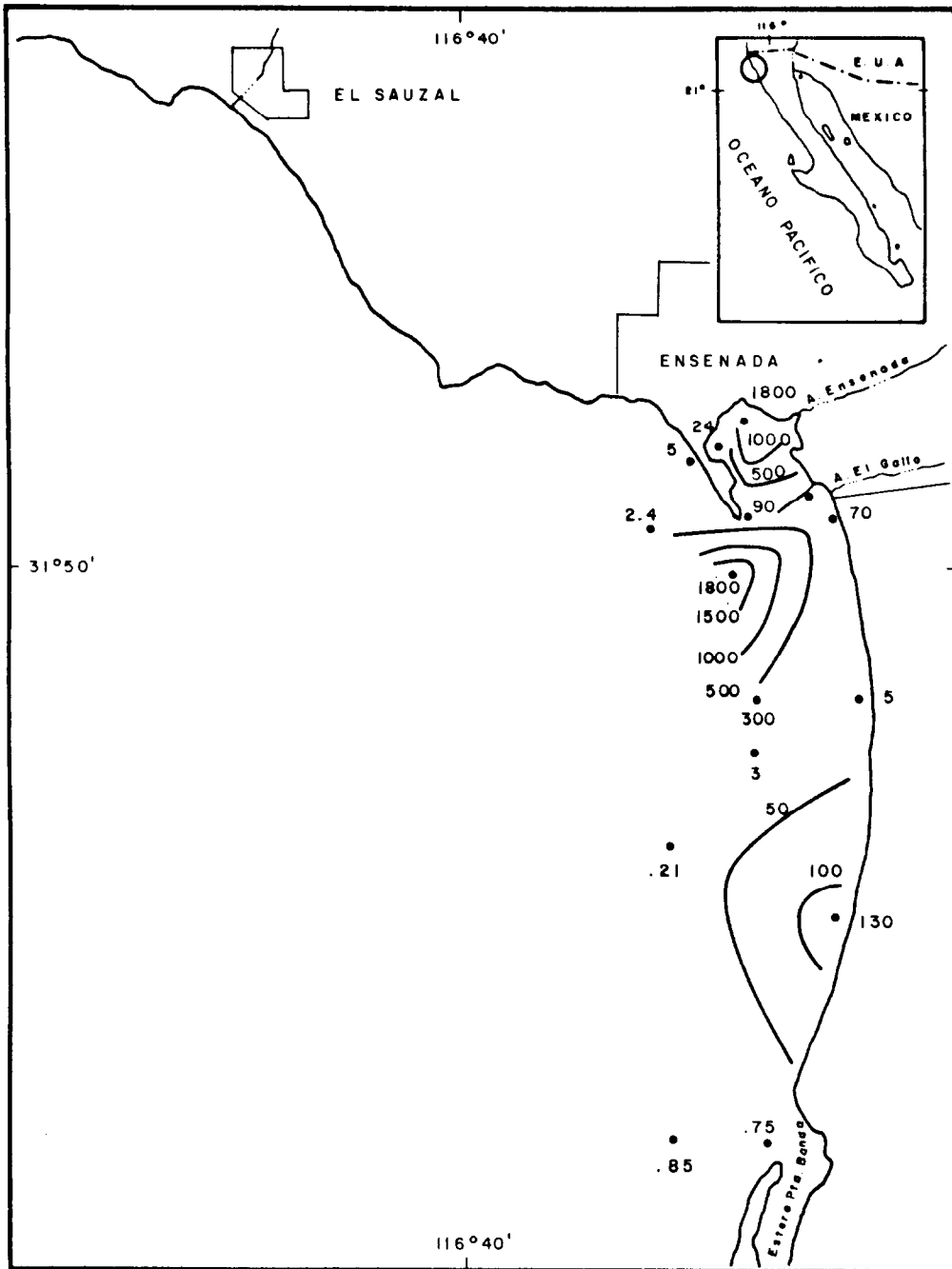


Figura 7. Distribución de coliformes totales para noviembre de 1983 en sedimentos superficiales de la Bahía Todos Santos, B.C. (NMP x 10³/100gr).

Figure 7. Distribution of total coliforms for November 1983 in surface sediments of Todos Santos Bay, B.C. (MPN x 10³/100gr).

de tratamiento. Frente a esta zona se registraron valores de 54,000 coliformes fecales (E9), mientras que en la estación 11, se detectaron 24,000 (Tabla I), esto se debe a la existencia de transporte litoral desde la zona del Arroyo el Gallo hacia el sur (Lizárraga-Arciniéga, 1976 y Chee-Barragán y Pérez-Higuera, 1982).

En las estaciones más cercanas a descargas de aguas residuales (E3, E4 y E9) se esperaban valores más elevados de bacterias, sin embargo, la alta energía en dicha zona, no permite la acumulación transportándose el material orgánico hacia el centro de la Bahía, encontrándose un núcleo de acumulación de bacterias, con mayor capacidad de sobrevivencia (Fig. 4). En esta zona se registraron los valores más altos de estreptococos fecales (240,000/100grs) los cuales disminuyen hacia el norte y hacia el sur por efecto de la corriente superficial Argote-Espinoza *et al.*, 1975, menciona que en los meses de mayo, junio y julio, cuando los vientos locales tienen dirección oeste a suroeste, una corriente desde el centro de la Bahía, fluye al exterior, en dirección de Punta San Miguel al Norte y Punta Banda en el sur.

De acuerdo con Geldreich y Kenner (1969) la razón coliformes fecales/estreptococos fecales es mayor de uno (1) en aguas residuales domésticas. La Tabla II muestra que la razón coliformes fecales/estreptococos fecales en sedimentos de la Bahía de Todos Santos es menor de uno (1). Esta variación puede atribuirse a que los estreptococos fecales son más resistentes que los coliformes fecales en el medio marino (Scarpino, 1971).

La razón coliformes totales/coliformes fecales, se utiliza para determinar el grado de contaminación fecal. Las estaciones cercanas a la descarga (E3 y E9) presentan valores cercanos a uno (1) (Tabla II), lo cual indica un mayor grado de contaminación fecal. Al aplicar la prueba no paramétrica (U de Mann-Whitney) a los resultados de las bacterias indicadoras, las concentraciones de coliformes totales y coliformes fecales durante el mes de septiembre y noviembre fueron significativamente mayores (0.05) que las medidas en junio.

charges (stations 3, 4 and 9). However, the high energy of this zone does not allow accumulation and the organic material is transported towards the centre of the bay where a nucleus of accumulation of bacteria is found with a greater capacity for survival (Fig. 4). In this zone, the highest values of faecal streptococci were found (240,000/100gr), which decreased towards the north and towards the south due to the surface current. Argote-Espinoza *et al.* (1975) mention that in May, June and July, when the local winds have a west-southwesterly direction, a current from the centre of the bay flows towards the exterior, in the direction of Punta San Miguel in the north and Punta Banda in the south.

According to Geldreich and Kenner (1969), the faecal coliform/faecal streptococci ratio is greater than one (1) in domestic wastewater. Table II shows that the faecal coliform/faecal streptococci ratio in sediments of the Todos Santos Bay is lower than one (1). This variation can be due to the fact that the faecal streptococci are more resistant than the faecal coliforms in the marine environment (Scarpino, 1971).

The total coliform/faecal coliform ratio is used to determine the degree of faecal contamination. The stations close to the discharges (stations 3 and 9) present values close to one (1) (Table II), which indicates a greater degree of faecal contamination. On applying the non-parametric test (U of Mann-Whitney) to the results of the indicator bacteria, the concentrations of total coliforms and faecal coliforms during September and November were significantly higher (0.05) than those measured in June.

This is explained by the rainfall that was recorded in September and November, which caused bacteria to be carried along the Arroyo Ensenada and Arroyo El Gallo. Higher values of coliform bacteria were expected during June since there is an increase of visitors to the city. However, the values found can be explained because of the effects of solar radiation and temperature, which are factors that control the survival of the coliform bacteria (Shuval, 1978).

Esto se explica por la precipitación pluvial que se registró en septiembre y noviembre, que ocasionó un arrastre de bacterias por los Arroyos Ensenada y el Gallo. Durante junio se esperaban valores más altos de bacterias coliformes debido a que hay un incremento de visitantes a la ciudad. Sin embargo, los valores encontrados pueden explicarse por el efecto que tienen la radiación solar y la temperatura, que son factores que controlan la sobrevivencia de las bacterias coliformes (Shuval, 1978).

LITERATURA CITADA

American Public Health Association (1970) Recommended Procedures for the Examination of Seawater and Shellfish, 4th. ed. APHA, New York, 203pp.

American Public Health Association (1985) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 16th. ed. APHA, New York, 1268pp.

Argote-Espinoza, M.L., Amador Buenrostro, A. y Morales Zúñiga, C. (1975) Distribución de los parámetros salinidad y temperatura y tendencia de la circulación en la Bahía de Todos Santos, B.C. En Memorias de la Primera Reunión de los Centros de Investigación de Baja California y la Institución SCRIPPS de Oceanografía. CICESE (ed.), Ensenada, B.C., 1976, 3-30pp.

Arribas, R.M. (1988) Survey of Viral Pollution in Duero River (Spain). Occurrence of Natural Virucidae Phenomena. Environment International, 14(1): 37-41.

Babinchak, J.A., Graikoski, J.T., Dudley, S. and Nitrowski, M.F. (1977) Distribution of Faecal Coliform in Bottom Sediments from the New York Bight. Mar. Pollut. Bull., 8(7): 150-153.

Barja, L.L., Nieto, T.P. and Barja, J. (1977) Method of Average Birth and Death Rate Evaluation in the Marine Terrestrial Bacteria Interactions. Rev. Inst. Oceanogr. Med., 47: 199-202.

English translation by Christine Harris.

Tabla II. Razón coliformes fecales/estreptococos fecales (CF:EF) y coliformes totales/coliformes fecales (CT:CF).

Table II. Faecal coliform/faecal streptococci (CF:EF) and total coliform/faecal coliform (CT:CF) ratios.

Estación	CF:EF	CT:CF
3	0.05:1	1:0.50
4	0.03:1	1:0.06
5	0.04:1	1:0.07
6	0.01:1	1:0.50
7	0.01:1	1:0.001
8	0.31:1	1:0.17
9	0.55:1	1:0.33
10	0.50:1	1:0.008
11	0.16:1	1:0.14
12	1.33:1	1:0.07
13	0.01:1	1:0.0009
14	1.17:1	1:0.50
15	0.50:1	1:0.03
16	0.20:1	1:0.04
26	0.06:1	1:0.16

Chee-Barragán, A. y Pérez-Higuera, R. (1982) Patrón de circulación a partir de algunas características naturales de los sedimentos en la Bahía de Todos Santos. Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC, Reporte Anual, Ensenada, B.C., México, 48pp.

Favero, M.S. (1985) Microbiologic Indicators of Health Risks Associated with Swimming. American Journal of Public Health, 75(9): 1051-1054.

Gauthier, M.J., Shewan, J.M. and Gibson, D.M. (1975) Taxonomic Position and Seasonal Variations in Marine Nerithic Environment of Some Gram-Negative Antibiotic Producing Bacteria. J. Gen. Microbiol., 87: 211-218.

- Geldreich, E.E. and Kenner, B.A. (1969) Concepts of Faecal Streptococci in Stream Pollution. *J. Wat. Pollut. Control Fed.*, 41(8): 336-352.
- Gerba, C.P., Goyal, S.M., Smith, E.M. and Melnick, J.L. (1977) Distribution of Viral and Bacterial Pathogens in a Coastal Canal Community. *Mar. Pollut. Bull.*, 8(12): 279-281pp.
- Hopkins, R.S., Shillan, P., Gaspard, B., Eisenach, L. and Karlin, R.J. (1985) Waterborne Disease in Colorado: Three Years' Surveillance and 18 Outbreaks. *American Journal of Public Health*, 75(3): 254-257.
- Instituto de Investigaciones Oceanológicas (1979) Estudio bacteriológico del agua de mar de la Bahía de Todos Santos. Proyecto: Estudios básicos para el diagnóstico permanente de la contaminación en Baja California. I.I.O.-U.A.B.C., Reporte Anual. Ensenada, B.C., México, 248pp.
- Lizárraga-Arciniéga, J.R. (1976) Variaciones estacionales de la Playa en la Bahía de Todos Santos, B.C. *Ciencias Marinas*, 3(1): 30-44.
- Loutit, M.W. and Lewis, G. (1985) Faecal Bacteria from Sewage Effluent in Sediment Around an Ocean Outfall. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 19: 179-185.
- Mitchell, J.R. (1968) Factors Affecting the Decline of Non Marine Organisms in Sea Waters. *Water Research*, 2: 635-643.
- Moore, B.E., Camann, D.E., Turk, C.A. and Sorber, C.A. (1988) Microbial Characterization of Municipal Waste Water at a Spray Irrigation Site: The Lubbock Infection Surveillance Study. *Journal Water Pollution Control Federation*, 60(7): 1222-1230.
- Morales-Chávez, R. (1984) Colimetría en descargas de aguas industriales, domésticas y en la zona de rompientes de la Bahía de Todos Santos, B.C. Escuela Superior de Ciencias Marinas, UABC. Tesis Profesional, 42pp.
- O'Malley, M.L., Lear, D.W., Adams, W.N., Gaines, J., Sawyer, T.K. and Lewis, E.J. (1982) Microbial Contamination of Continental Shelf Sediments by Wastewater. *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 54: 1311-1317.
- Orozco-Borbón, M.V. y Gutiérrez-Galindo, E.A. (1983) Contaminación fecal costera en la zona del Puerto de Ensenada, Baja California. *Ciencias Marinas*, 9(1): 27-34.
- Rosas, I., Yela, A. y Baez, A. (1985) Bacterias indicadoras de contaminación fecal en el ostión (*Crassostrea virginica*) durante su desarrollo y procesamiento en el mercado. *Contam. Amb.*, 1: 51-64.
- Sañudo-Wilhelmy, S.A., Morales-Chávez, A. y Vargas-Flores, J.A. (1984) Contaminación fecal en la Bahía de Ensenada, Baja California, México. *Ciencias Marinas*, 10(1): 7-17.
- Sañudo-Wilhelmy, S.A., Rivera-Duarte, I., Segovia-Zavala, J.A., Orozco-Borbón, M.A., Delgadillo-Hinojosa, F. y Del Valle-Villorín, J. (1985) Estado actual de la contaminación marina en la Bahía de Todos Santos, B.C., diagnóstico y alternativas para su reducción y control. Reporte Técnico 85-01, Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC, Editorial y Diseño Gráfico, 31pp.
- Scarpino, P.V. (1971) Bacterial and Viral Analysis of Water and Wastewater. In: Ciaccio Leonard (ed.), *Water and Water Pollution Handbook*, New York, 2: 639-751.
- Secretaría de Marina (1981) Impacto ecológico de los asentamientos humanos en la Bahía de Todos Santos, B.C. Reporte a: Estación de Investigaciones Oceanológicas de Ensenada, B.C., México, 70pp.
- Seyfried, P.L., Tobin, R., Brown, N. and Ness, P.F. (1985a) A Prospective Study of Swimming-Related Illness I. Swimming-Associated Health Risk. *American Journal of Public Health*, 75(9): 1068-1070.
- Seyfried, P.L., Tobin, R., Brown, N. and Ness, P.F. (1985b) A Prospective Study of Swimming-Related Illness II. Morbidity and the Microbiological Quality of Water. *American Journal of Public Health*, 75(9): 1071-1074.

Shuval, H.I. (1978) Studies on Bacterial and Viral Contamination of the Marine Environment. *Rev. Int. Oceanogr. Med.*, 50: 43-50.

Sokal, R.R. and Rohlf, F.J. (1980) *Biometría*. Ed. H. Blume, Madrid, España, 832pp.

Zobell, C.E. (1960) Marine Pollution Problems in the Southern California Area. *Scripps Inst. Oceanogr. Contribution No. 1183*, 645-651pp.