

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS



U. A. B. C.

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

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

OCEANOLOGO

PRESENTA

FRANCISCO DELGADILLO HINOJOSA

ENERO DE 1985.

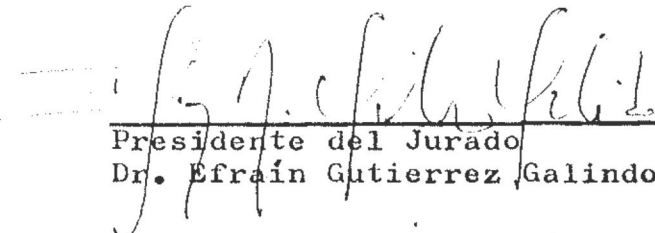
RESUMEN

En 1983, se investigó la contaminación fecal en sedimentos 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, identificandose a la par las bacterias patógenas Salmonella sp. y Shigella sp. Los sedimentos de las estaciones cercanas a las descargas de agua de desecho doméstico-industrial localizadas en la bahía, mostraron los valores más altos de densidad y diversidad bacteriana. Se detectó la presencia de las bacterias patógenas Salmonella choleraesuis, Salmonella typhosa, Shigella dysenteriae, Shigella sonnei, Shigella paradysenteriae. Los resultados indican que existe una dispersión de bacterias desde el área fuente hacia el centro y Sur de la bahía.


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

T E S I S
QUE PRESENTA:
FRANCISCO DELGADILLO HINOJOSA


Aprobada por:



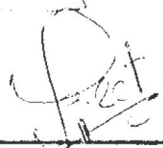
Presidente del Jurado
Dr. Efraín Gutierrez Galindo.




Sinodal Propietario
Oc. José A. Segovia Zavala.



Sinodal Propietario
Oc. Bernardo P. Flores Baez.



Sinodal Suplente
Oc. Salvador Galindo Bect.



Sinodal Suplente
Oc. Sergio Sañudo Wilhelmy.

DEDICATORIA :

A MIS PADRES

ISABEL Y VICTORIO

Por haberme enseñado el camino de la vida.

A MIS HERMANOS

APOLINAR

SILVIA

VICTORIO

ALFREDO

Por su solidaridad y confianza.

A MI ESPOSA

CASANDRA

Por su cariño, comprensión y dedicación hacia mi.

AGRADECIMIENTOS

Deseo patentizar mi agradecimiento al Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja, California por haberme brindado las facilidades necesarias para la realización de este trabajo, el cual se desarrolló como parte del proyecto "Estudio General de Contaminación Costera en el Estado de Baja, California".

Agradezco a los Oceanólogos José A. Segovia Zavala, Salvador Galindo Bect y Bernardo P. Flores Báez por su valiosa colaboración en la revisión del escrito original así como sus sugerencias para la mejor presentación del mismo.

Mi sincero agradecimiento a quienes me ayudaron con su experiencia y estimularon con su interés, especialmente al P.Ocean. Sergio Sañudo Wilhelmy, Ocean. Victoria Orozco Borbón y al Dr. Efraín Gutiérrez Galindo quien atinadamente dirigió esta tesis.

Mi gratitud al P.Ocean. Enrique Suárez Estrada por su colaboración durante todo el estudio en los análisis de laboratorio y a P. Ocean. Casandra Anguiano Beltrán por la impresión de este trabajo.

INDICE.

INTRODUCCION	1
MATERIALES Y METODOS	7
a).- Descripción del área de estudio	7
b).- Localización de las estaciones de muestreo	8
c).- Método de muestreo	8
d).- Método de análisis de bacterias indicadoras ..	10
e).- Método de análisis de bacterias patógenas	11
f).- Procesamiento y análisis de datos	11
RESULTADOS Y DISCUSION	12
a).- Distribución espacial	12
b).- Distribución temporal	29
c).- Bacterias patógenas	30
CONCLUSIONES	34
RECOMENDACIONES	35
REFERENCIAS	36

Tabla Ia.-

Enfermedades transmitidas por moluscos bivalvos o aguas contaminadas.

Tabla I.-

Rangos de densidad de bacterias coliformes totales, fecales y estreptococos fecales registrados de Mayo a Noviembre de 1983.

Tabla II.-

Relación coliformes fecales/ estreptococos fecales (CF/EF) y coliformes totales/ coliformes fecales (CT/CF).

Tabla III.-

Bacterias aisladas en los sedimentos de la Bahía de Todos Santos, B. C., durante 1983.

LISTA DE FIGURAS.

Fig. 1a.- Ciclo de infección.

Fig. 1 .- Localización del área de estudio y estaciones de muestreo.

Fig. 2 .- Distribución de coliformes fecales para Mayo/1983.

Fig. 3 .- Distribución de coliformes totales para Mayo/1983.

Fig. 4 .- Distribución de estreptococos fecales para Mayo de 1983.

Fig. 5 .- Distribución de coliformes fecales para Junio/1983.

Fig. 6 .- Distribución de coliformes totales para Junio/1983.

Fig. 7 .- Distribución de estreptococos fecales para Junio de 1983.

Fig. 8 .- Distribución de coliformes fecales para Septiembre de 1983.

Fig. 9 .- Distribución de coliformes totales para Septiembre de 1983.

Fig.10 .- Distribución de estreptococos fecales para Septiembre de 1983.

Fig.11 .- Distribución de coliformes fecales para Noviembre de 1983.

Fig.12 .- Distribución de coliformes totales para Noviembre de 1983.

Fig.13 .- Distribución de estreptococos fecales para Noviembre de 1983.

INTRODUCCION

Existen varias definiciones de contaminación y en todas se expresa como una alteración del medio ambiente (-- agua, tierra, aire) debido a la actividad del hombre, además de la originada por los procesos naturales, que al sucederse, pueden ser nocivas a la fauna y flora, incluyendo al hombre (Segovia, 1982).

La contaminación microbiana constituye una causa de impurificación creciente de las aguas por la llegada de gran cantidad de microorganismos (Guinea 1979). Esta se manifiesta, principalmente, en las aguas de desecho urbano que consisten esencialmente de excretas humanas suspendidas, conteniendo gran cantidad de bacterias, protoos, parásitos intestinales así como virus entericos, cuya presencia es indicativa del estado de salud de la comunidad (Kabler, 1959).

La capacidad de las bacterias a sobrevivir en el medio ambiente marino trae consigo riesgos de tipo epidemiológico (Aubert, 1969; Bianchi y Bensoussan, 1977). La adquisición de enfermedades infecciosas puede ser directa al practicar la natación o cualquier actividad que implique contacto con el agua contaminada e indirectamente al ingerir alimentos marinos contaminados (fig. 1a).

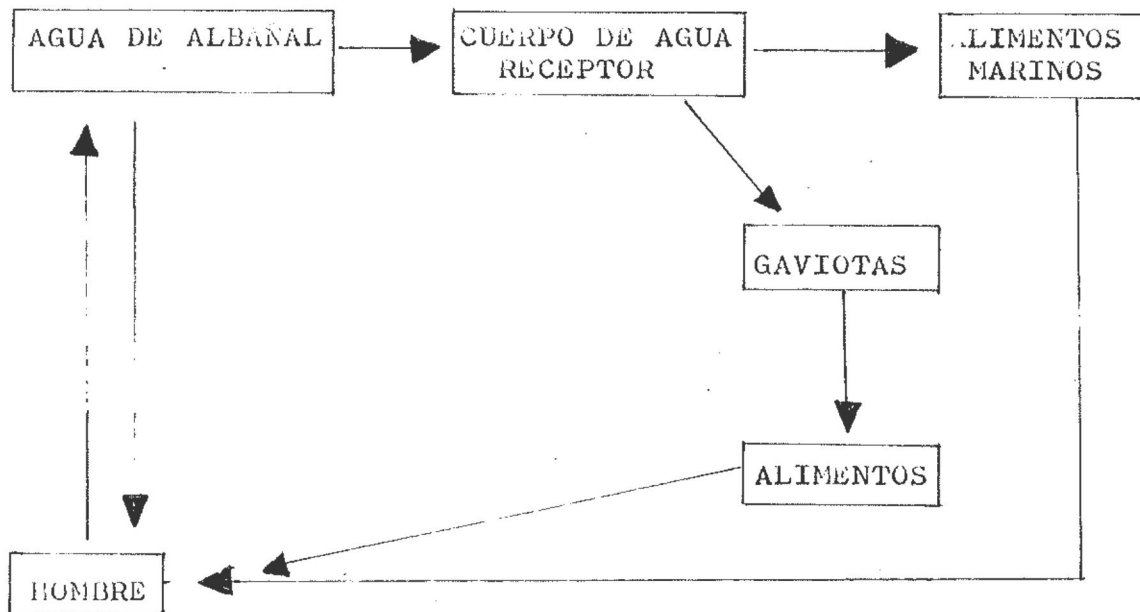


FIG. 1a.- Ciclo de infección.

(Tomado de Grunnet, 1978).

Entre las enfermedades adquiridas por esta vía se encuentran la tifoidea, gastroenteritis, hepatitis y polio mielitis (Comission for Western Australia, 1961; Bendinelli y Ruschi, 1969; Mackowiak et al, 1976; El-Sharkawi, - 1978). Tabla Ia.

La experiencia ha demostrado que en aguas costeras con descargas de agua de desecho existe una buena correlación entre el grado de contaminación y los microorganismos de origen fecal (Grunnet, 1978). Por tal motivo las bacterias son consideradas como indicadoras de contaminación en las aguas marinas. Una de las grandes ventajas de las bacterias como indicadores es que son relativamente fáciles

Tabla Ia.
ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR MOLUSCOS BIVALVOS O AGUAS CONTAMINADAS (1)

ENFERMEDAD	GENERALIDADES	AGENTE INFECCIOSO	FUENTES DE INFECCION PARA LOS ANIMALES ACUATICOS COMESTIBLES
Cólera	Infección intestinal aguda, la mortandad varía del 5 al 75%.	<u>Vibrio cholerae</u>	Heces humanas y aguas contaminadas por heces humanas.
Disentería	Llamada actualmente shigelosis, es una - infección aguda del tracto intestinal, usualmente no fatal.	<u>Shigella dysenteriae</u> <u>Shigella sonnei</u> <u>Shigella flexneri</u> <u>Shigella boydii</u> otras	Heces humanas y aguas contaminadas por heces humanas.
Leptospirosis	Infección sistémica aguda, mortandad - baja, aunque puede alcanzar 20% en casos severos.	Muchas especies del género <u>Leptospira</u> sp.	Orina de animales como perros, puercos, ratas y otros roedores, zorras, zorrillos, mapaches y diversas aves acuáticas.
Fiebre tifoidea	Infección sistémica, con una mortandad aproximada de 10% que puede ser reducida a 2 a 3% con terapia apropiada de antibióticos.	<u>Salmonella typhi</u>	Orina, heces humanas y aguas contaminadas por heces y orina humanas.
Fiebre paratifoidea	Infección generalizada, mortandad menor que fiebre tifoidea.	<u>Salmonella paratyphi</u> <u>Salmonella schottmuelleri</u>	Orina, heces humanas y aguas contaminadas por heces y orina humanas.
Salmonelosis	Los principales síndromes clínicos son - fiebre entérica, gastroenteritis aguda y septicemia.	<u>Salmonella typhimurium</u> <u>Salmonella choleraesuis</u> <u>Salmonella newport</u> <u>Salmonella oranienburg</u> <u>Salmonella montevideo</u> <u>Salmonella panama</u> <u>Salmonella anatum</u>	Heces humanas y animales, aguas contaminadas.
Intoxicación estafilocócica	Náuseas, vómitos, dolores abdominales, - postración. Debida a contaminación por efecto de una manipulación incorrecta de los productos marinos.	<u>Staphylococcus aureus</u>	Origen humano: excreciones de la nariz y la garganta, lesiones cutáneas.
Diarrea, dolores abdominales	El organismo causante también puede ser letal para camarones y cangrejos. Causada también por productos marinos -- con manipulación inadecuada.	<u>Vibrio parahaemolyticus</u> <u>Clostridium perfringens</u>	El microorganismo se encuentra naturalmente en el medio marino. Aguas contaminadas, heces humanas y animales, sedimentos.
Hepatitis infecciosa	Infección de tipo viral.	Virus de la hepatitis - infecciosa	Heces humanas y aguas contaminadas por heces humanas.
Poliomielitis	Infección de tipo viral.	Poliovirus	Heces humanas y aguas contaminadas por heces humanas.

1 Environmental Protection Agency (1974)

de aislar y enriquecer con una técnica sencilla (Ayrós, 1977).

Bonde (1962) propone que un organismo indicador debe llenar los siguientes requisitos:

- 1.- Debe estar presente siempre y cuando los patógenos importantes estén presentes,
- 2.- Debe estar presente sólo cuando la presencia de organismos patógenos sea un peligro inminente.
- 3.- Se debe presentar en cantidades mayores que los patógenos.
- 4.- Debe desarrollarse rápidamente en medios sencillos.
- 5.- Debe producir reacciones características y sencillas dando una identificación clara del grupo o las especies.
- 6.- Debe estar distribuida al azar en la muestra probada, o de ser posible obtener una distribución uniforme por procedimientos de homogenización.
- 7.- Debe ser más resistente que los patógenos a los desinfectantes y al medio ambiente acuático.
- 8.- Su crecimiento en medio artificial debe ser independiente de cualquier otro organismo presente, es decir, el crecimiento de las bacterias indicadoras no debe ser inhibido por la presencia de otras especies.

Un número de organismos llenan, en mayor o menor grado, estos requisitos; teniendo cada uno sus propiedades y su

especial campo de aplicación. Generalmente se utiliza como indicadores de contaminación fecal a las bacterias del grupo coliformes (Babinchak et al, 1977) que con su presencia demuestran que ha ocurrido contaminación por las excretas de organismos de sangre caliente (Guinea, 1979).

Tradicionalmente se ha enumerado la presencia de indicadores bacterianos en los sistemas acuáticos. Recientemente en la literatura se incluyen varios reportes de bacterias indicadoras y patógenas en sedimentos (Matson et al, 1978). Estas investigaciones revelan la existencia de concentraciones mayores de bacterias en sedimentos que en las aguas adyacentes (Hendricks, 1971; Van Donsel y Geldrich, 1971; Gerba et al, 1977), sugiriéndose una mayor sobrevivencia después de la sedimentación. Esto indica que los organismos entéricos crecen y se reproducen en sistemas libres de predadores (Matson et al, 1978) y que son capaces de utilizar los nutrientes de los sedimentos (Gerba y -- Mcleod, 1976).

En la Bahía de Todos Santos, B. C. se han realizado estudios de contaminación fecal en la columna de agua (-- Instituto de Investigaciones Oceanológicas, 1979; Orozco-Borbón y Gutierrez-Galindo, 1983) encontrándose valores de bacterias coliformes totales y fecales mayores a los límites establecidos por la legislación mexicana (Instituto de

Investigaciones oceanológicas, 1979; Orozco-Borbon y Gutierrez-Galindo, 1983); incluso a 5 Kms. de la costa durante el periodo turístico (Sañido et al 1984). La Secretaría de Marina (1981) detectó los valores más altos de bacterias coliformes en los sedimentos cercanos a las descargas de aguas residuales.

Como una contribución al estudio de la contaminación fecal en la Bahía de Todos Santos, B. C., en este trabajo se estimó la distribución espacio-temporal de la densidad de bacterias coliformes totales, coliformes fecales, estreptococos fecales así como la identificación de los géneros Salmonella sp. y Shigella sp. en sedimentos superficiales de la zona litoral de la Bahía. Aportando así, un antecedente de referencia para estudios bacteriológicos posteriores en esta zona.

MATERIALES Y METODOS

a).- DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

La Bahía de Todos Santos, B. C., está situada aproximadamente a 60 millas al Sur de la frontera México-E.U.A. en la costa Oeste de la península. Se ubica entre las latitudes $31^{\circ}40'$ N y $31^{\circ}56'$ N y longitudes $116^{\circ}36'$ W y $116^{\circ}50'$ W. Es una bahía de forma trapezoidal, con 18 kms. de largo por 14 kms. de ancho y un área superficial de 90 millas cuadradas. Es una bahía grande y abierta, bordeada en su parte Sur por montañas rocosas de Punta Banda y la isla de Todos Santos, al Norte por Punta San Miguel y al Este por una franja extensa arenosa donde están ubicados los campos turísticos y el mismo Puerto de Ensenada (Secretaría de Marina, 1974).

La Bahía de Todos Santos es de aguas poco profundas, cerca del 90% del área del fondo se encuentra entre 10-50 mts. de profundidad. Las isobatas superiores a 50 mts. son irregulares y solo a partir de la isobata de 15 mts. tienden a ser paralelas a la línea de costa, especialmente en el margen Este, que está constituido por playas arenosas (Secretaría de Marina, 1974).

Las corrientes superficiales a lo largo de la costa son influenciadas por los vientos, el tren de olas y la

onda de marea. Son predominantes las del Oeste en Punta San Miguel y el Sauzal; las del Oeste y Noroeste en Punta Morro y la rada del Puerto de Ensenada (Secretaría de Marina, 1974).

En la Bahía de Todos Santos las principales fuentes de contaminación son las descargas de los campos turísticos (playas al Norte, Punta Morro, "Playitas") y los desechos industriales de las plantas procesadoras de pescado combinados con desechos domésticos en la zona del Sauzal y el recinto portuario. Las aguas de la bahía también reciben las aguas negras de la población a través del arroyo El Gallo (Sañudo et al, 1984).

b).- LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

La posición de las estaciones de muestreo (fig. 1) fué determinada de acuerdo a dos aspectos:

- 1.- Localización geográfica de las descargas de aguas residuales a la Bahía de Todos Santos.
- 2.- Al patrón de circulación costera de las aguas de la bahía propuesto por Chee-Barragán y Pérez-Higuera (1982).

c).-

c).- METODO DE MUESTREO

Durante los meses de Mayo, Junio, Septiembre y Noviembre de 1983, se colectaron un total de 60 muestras de

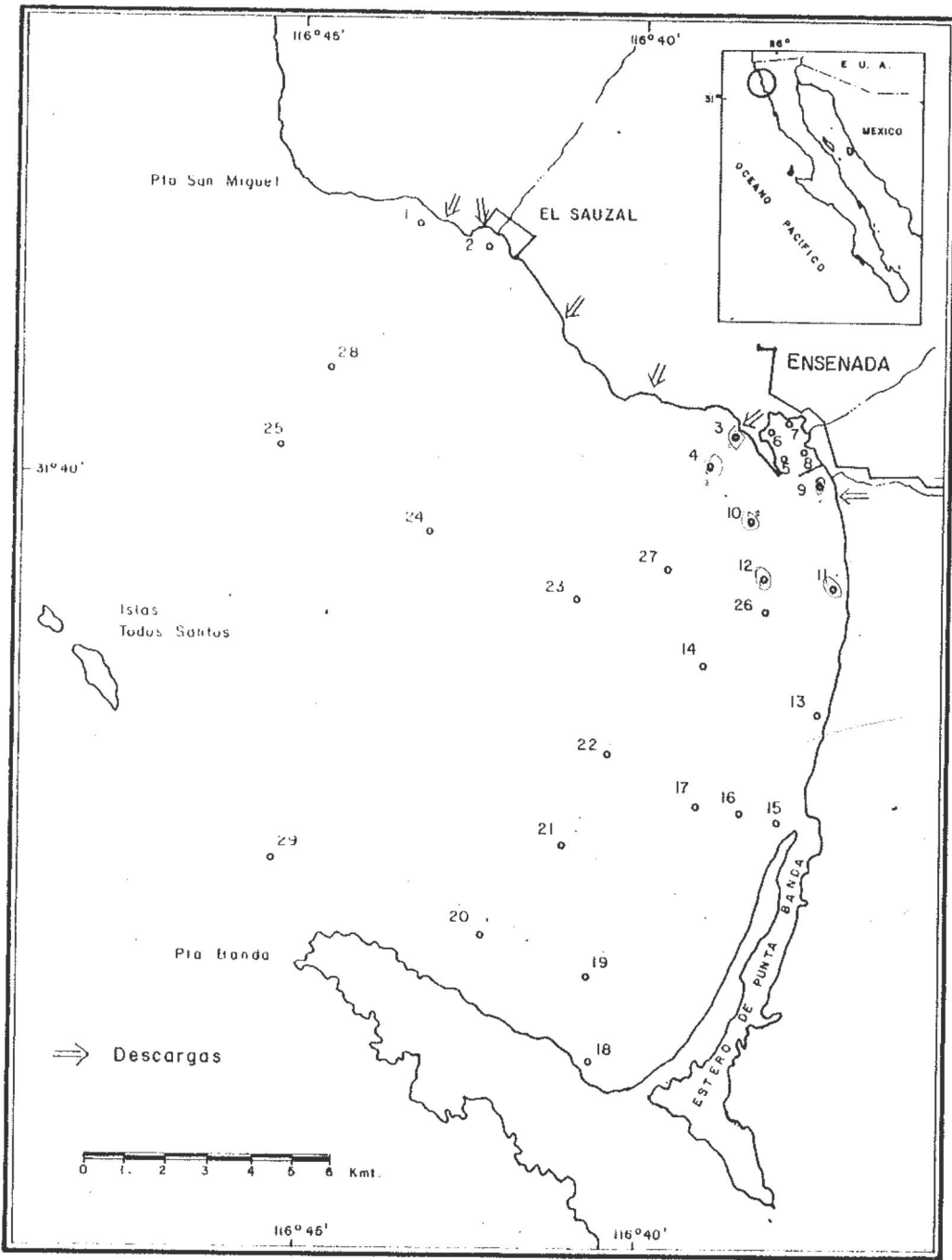


FIG. 1- LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO Y ESTACIONES DE MUESTREO.

sedimentos en 29 estaciones (fig. 1).

En Mayo, el muestreo se efectuó a bordo del buque oceanográfico "Mariano Matamoros" propiedad de la secretaria de marina. Las muestras de sedimento fueron colectadas con una draga Van Veen la cual cubre una superficie de 0.1 m^2 . Los siguientes muestreos se realizaron a bordo de una embarcación tipo pacaña de 22 pies de eslora, tomando las muestras con una draga Dietz-Lafont la cual cubre un área de 0.01 m^2 . Para la colecta de muestras se utilizó la metodología de muestreo de sedimentos para la obtención de datos químicos y biológicos con relación a la contaminación marina (Gaughan, 1981). El primer centímetro de la superficie fué removido con una espátula y colocada en frascos estériles calibrados a 100 ml. y conteniendo 50 ml. de agua de dilución. Las muestras fueron refrigeradas a 4°C y transportadas al laboratorio para su inmediato análisis (período no mayor de 24 horas).

d).- METODO DE ANALISIS PARA BACTERIAS INDICADORAS

El número más probable (NMP) de coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales fué determinado de acuerdo a American Public Health Association (1975); usando el procedimiento de tubos múltiples de fermentación y series de 5 y 3 tubos para coliformes y estreptococos respectivamente.

El análisis consistió en una prueba presuntiva y una confirmativa. Para bacterias coliformes se utilizó caldo lactosado como medio presuntivo a 37°C durante 24 - 48 hs. La confirmación se realizó con caldo verde bilis brillante al 2% a 37°C durante 48 horas para coliformes totales, y caldo EC a 44.5°C en baño maria durante 24 horas para coliformes fecales. Los estreptococos fecales se determinaron utilizando azida dextrosa como medio presuntivo y etil violeta azida a 37°C durante 48 horas para la confirmativa.

e).- METODO DE ANALISIS PARA BACTERIAS PATOGENAS

El aislamiento de bacterias patógenas se hizo de acuerdo a Difco (1978). Tres ml de muestra se añaden a diez ml del medio de enriquecimiento selenito incubandose a 37°C. El esparcido en placa fué hecho en los medios primarios agar verde brillante, agar sulfito bismuto, agar SS y agar de macconkey después de 18 - 24 horas. El medio de purificación utilizado fué el agar de macconkey a las 24 horas. Las colonias aisladas fueron inoculadas en agar con triple azúcar y hierro, medio sim, citrato de simmons y caldo con urea. Todos los cultivos que mostraron crecimiento en agar con triple azúcar y hierro fueron probados para fermentación en xilosa, dextrosa, maltosa, sacarosa, lactosa, ramosa, manitol, dulcitol, salicin.

f).- PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS

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; Socal y Rohlf, 1979). Debe ser notado que llovió días antes de los muestreos de septiembre y noviembre.

RESULTADOS Y DISCUSION

a).- DISTRIBUCION ESPACIAL

Los rangos de densidad registrados en este estudio de bacterias coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales en sedimentos se muestran en la tabla I. La densidad de bacterias indicadoras fué mas importante en las estaciones cercanas a las descargas de aguas de desecho (E3, E4, E9, E10, E11, E12) decreciendo en número a medida que nos alejamos de éstas. Una distribución similar de densidad de bacterias coliformes en los sedimentos de la Bahía Todos Santos fué reportada por la Secretaría de Marina (1981).

Zobell (1960) y Babinchak et al (1977) señalan en

Tabla I.- Rangos de densidad de bacterias coliformes totales, fecales y estreptococos fecales registrados de Mayo a Noviembre de 1983.

ESTACION No.	COLIFORMES TOTALES	COLIFORMES FECALES	ESTREPTOCOCOS FECALES
1	<2	<2	73
2	567	211	28000
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	42	93
26	170 - 5400	170 - 800	2000-4600
27	2400	80	240000
28	<2	<2	2100
29	20	<2	190

sus estudios sobre contaminación bacteriana de sedimentos en Estados Unidos, que la concentración de bacterias es mayor en la zona cercana a las descargas y muelles que en mar abierto. Sin embargo, señalan la posible existencia de bacterias a una distancia de 5 a 10 millas de los afluentes potenciales.

Este fenómeno de disminución de la densidad bacteriana puede deberse a una serie de factores tales como la dilución, dispersión y el efecto bactericida del agua de mar que actúa sobre las bacterias de origen terrestre (Mitchell, 1968; Guthier et al, 1975; Barja et al, 1977).

Aubert et al (1978) señala que la presencia de algas y protozoarios inhibe a las bacterias coliformes, igualmente menciona que las biosecreciones de ciertas diatomeas (Asterionella japonica, Asterionella notata, Chaetoceros lauderi, Skeletonema costatum y algunas Nitzchias) presentan un carácter destructivo para bacterias de origen terrestre. Meadows y Anderson (1969) demostraron la presencia de algas y protozoarios en sedimentos.

En las figuras 2 a 13 se puede observar un patrón de dispersión de bacterias de las fuentes de contaminación (Arroyo El Gallo, cárcamo de la Pesquera Peninsular) al interior de la dársena portuaria y hacia el Sur y centro

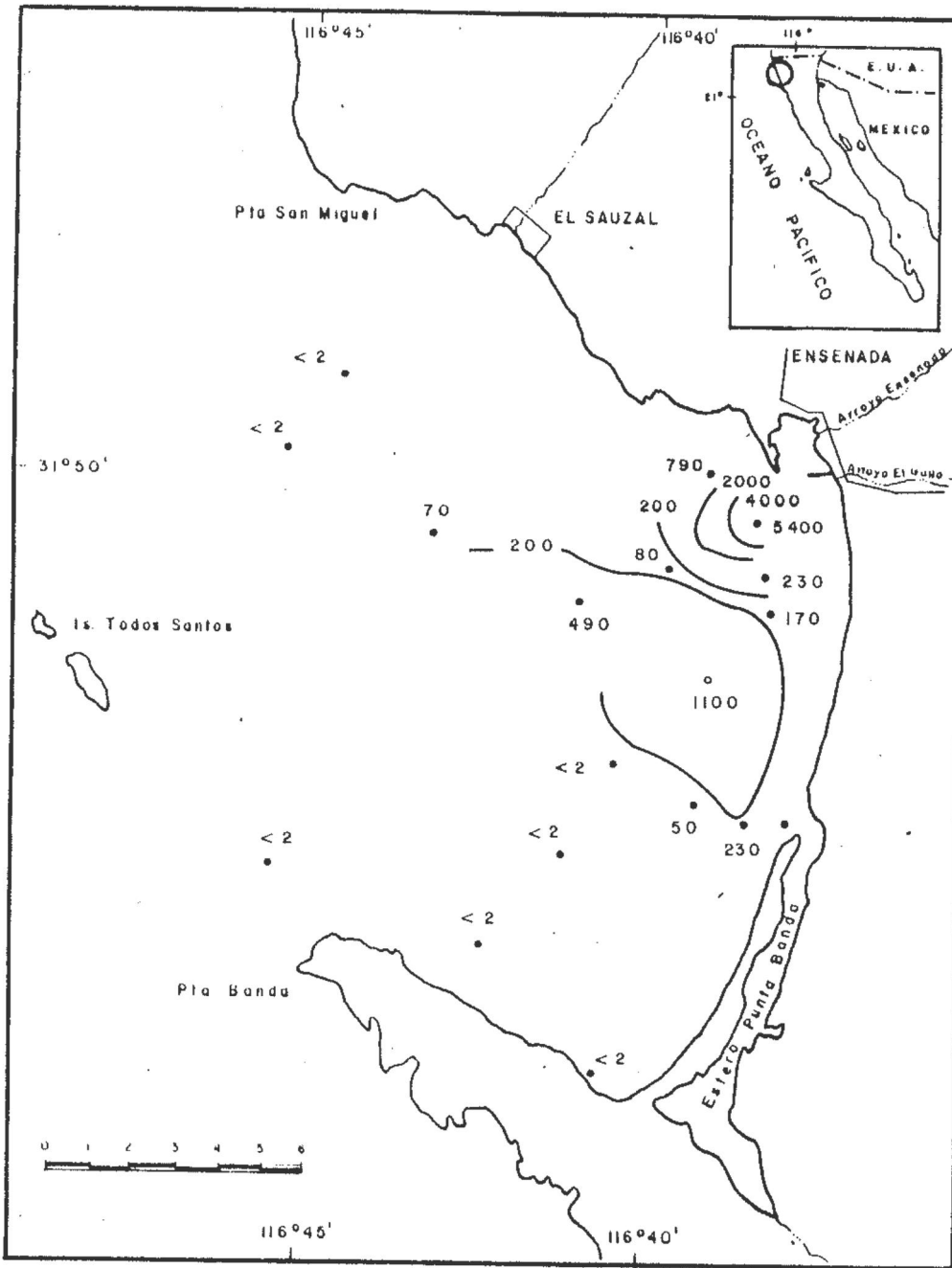


Fig. 2 - DISTRIBUCION DE COLIFORMES FECALES PARA MAYO-1983 EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA BAHIA DE TODOS SANTOS, B. C. (NMP / 100 gr)

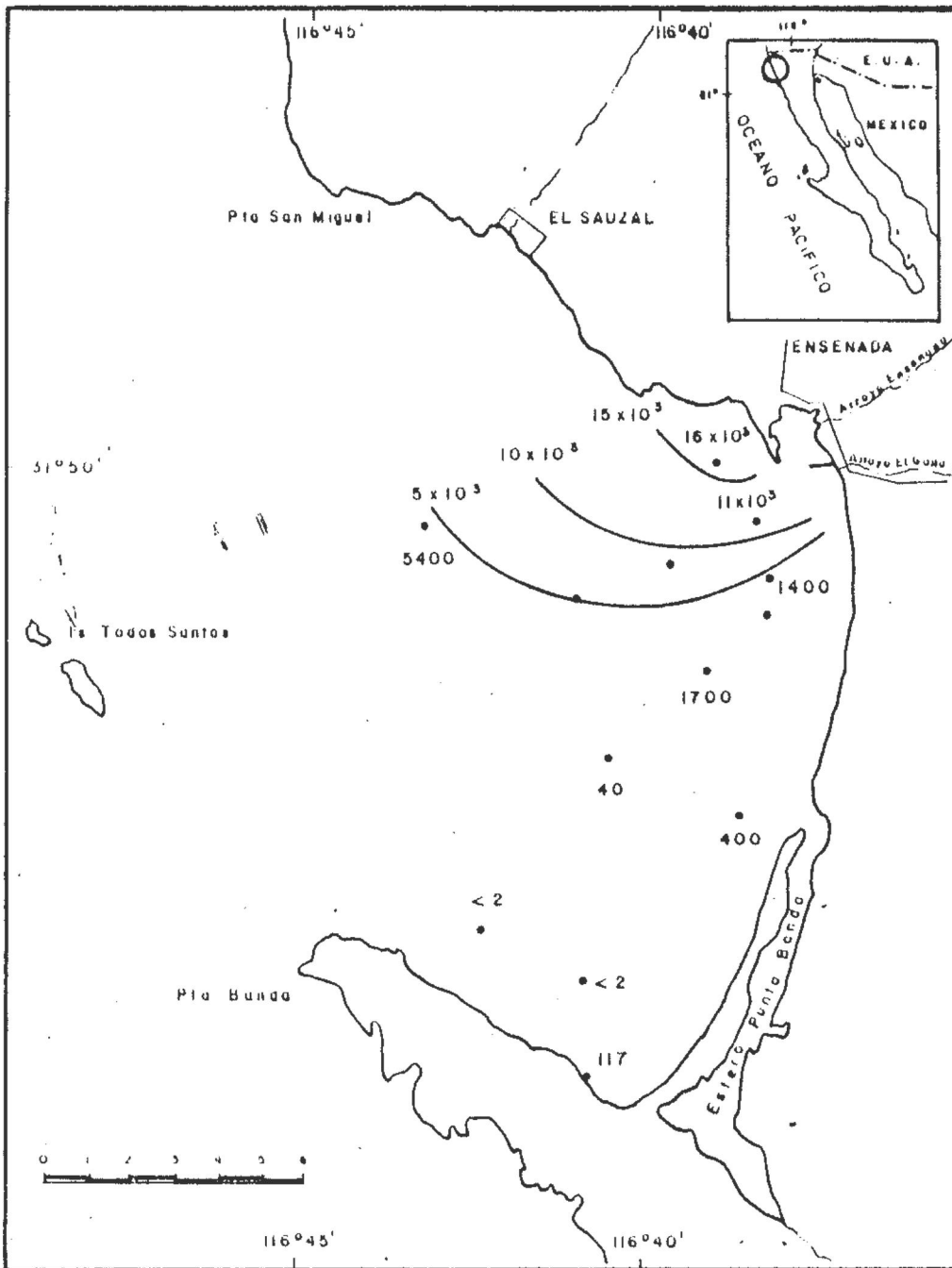


Fig. 3- DISTRIBUCION DE COLIFORMES TOTALES PARA MAYO 1983 EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA BAHIA DE TODOS SANTOS, B. C. (NMP / 100 gr)

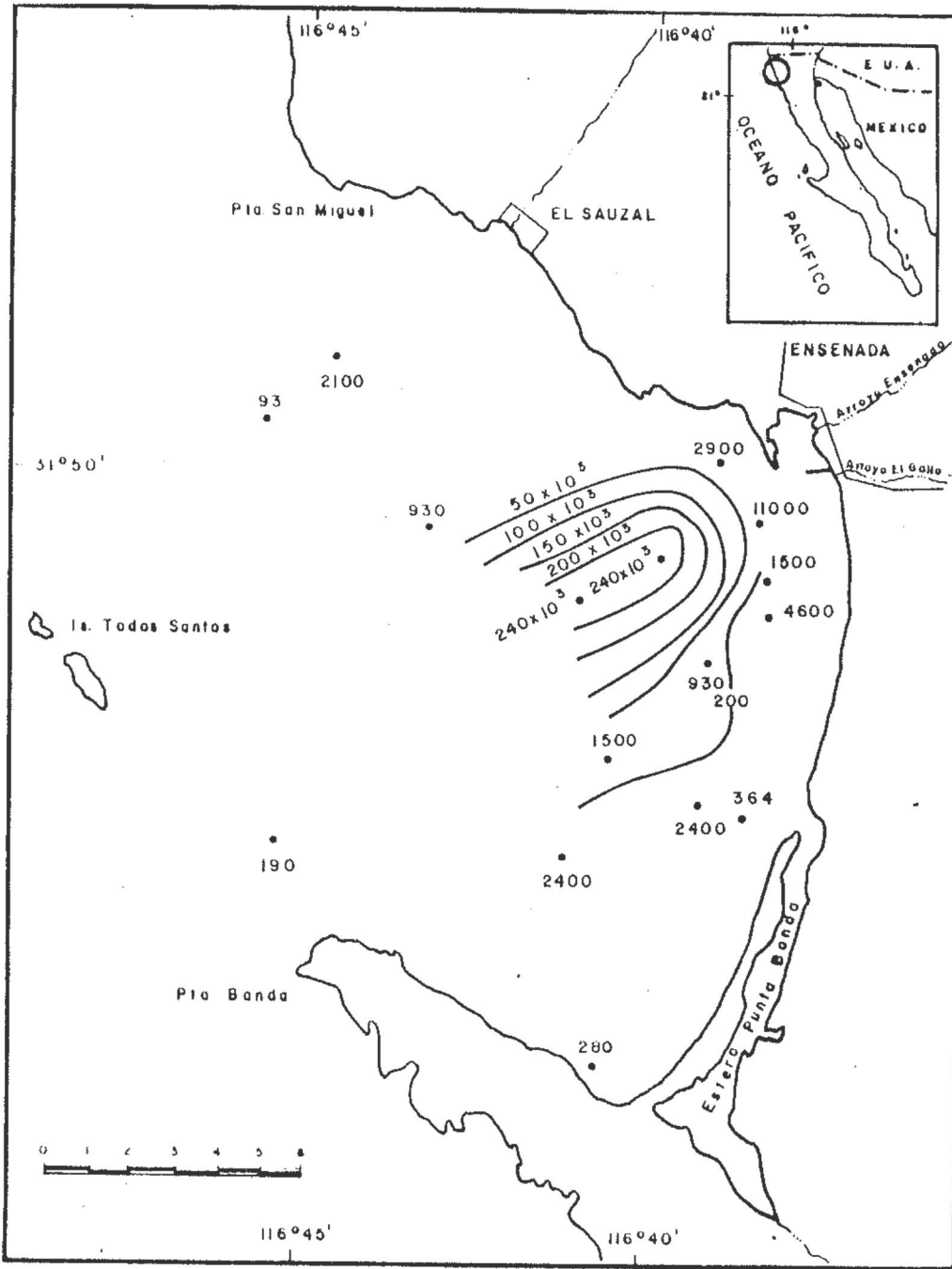


Fig. 4- DISTRIBUCION DE ESTREPTOCOCOS FECALES PARA MAYO 1983 EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA BAHIA DE TODOS SANTOS, B.C. (NMP/100 gr)

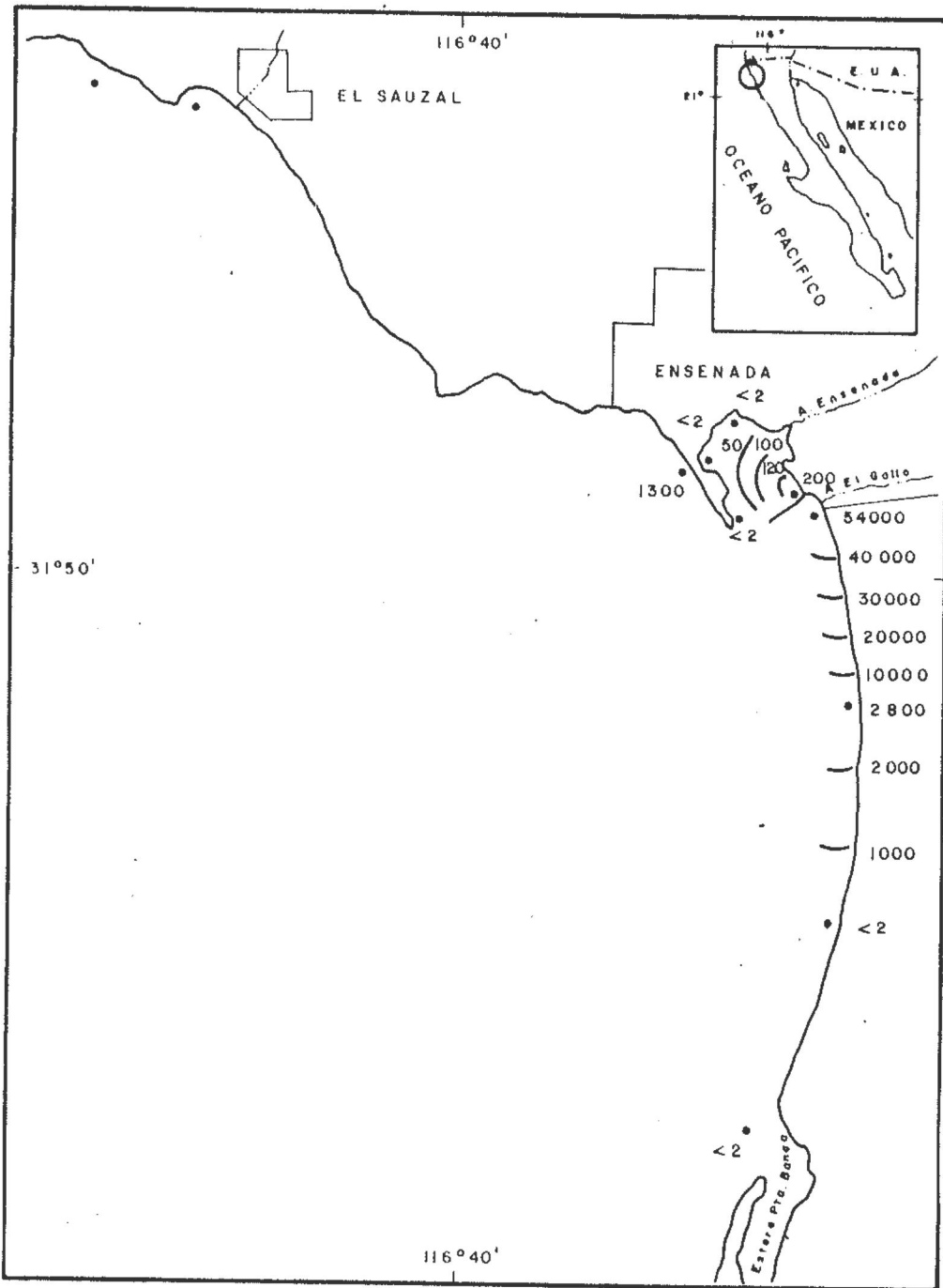


Fig. 5- DISTRIBUCION DE COLIFORMES FECALES PARA JUNIO 1983 EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA BAHIA DE TODOS SANTOS, B. C. (NMP / 100 gr)

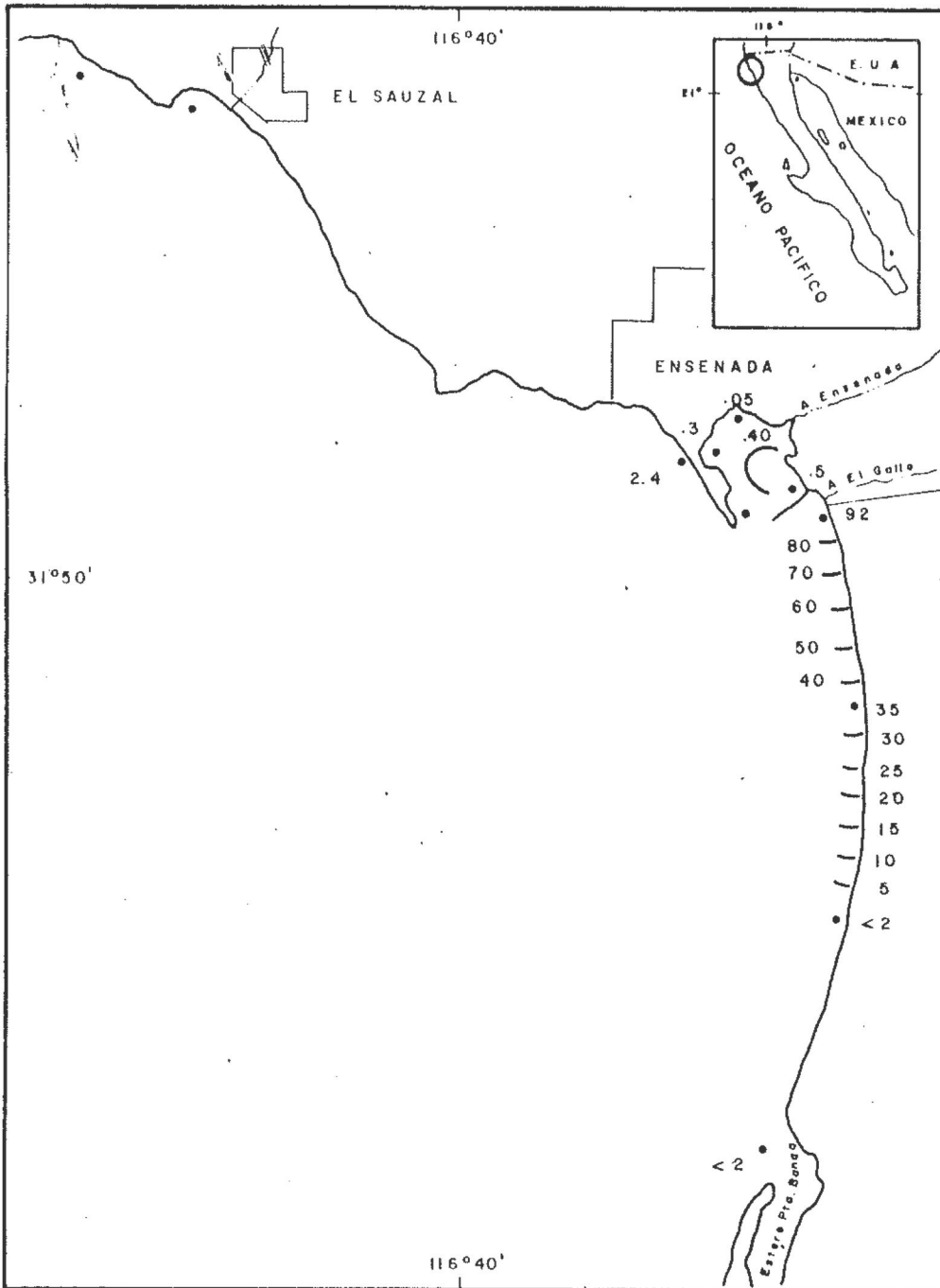


Fig. 6.- DISTRIBUCION DE COLIFORMES TOTALES PARA JUNIO 1983 EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA BAHIA DE TODOS SANTOS, B.C. (NMP x 10³/100 gr)

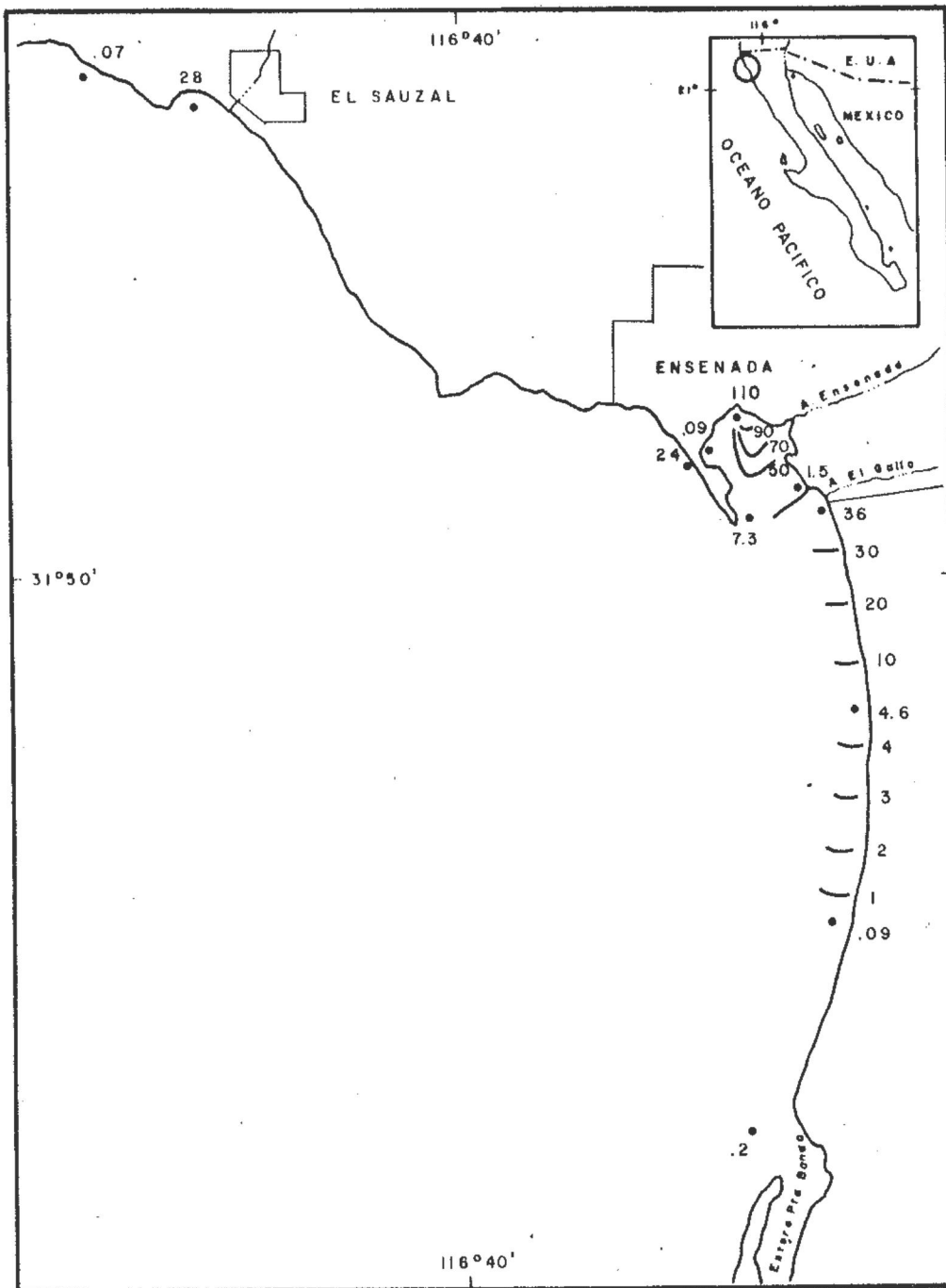


Fig. 7- DISTRIBUCION DE ESTREPTOCOCOS FECALES PARA JUNIO 1983 EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA BAHIA DE TODOS SANTOS, B. C. (NMP x 10³/100 gr)

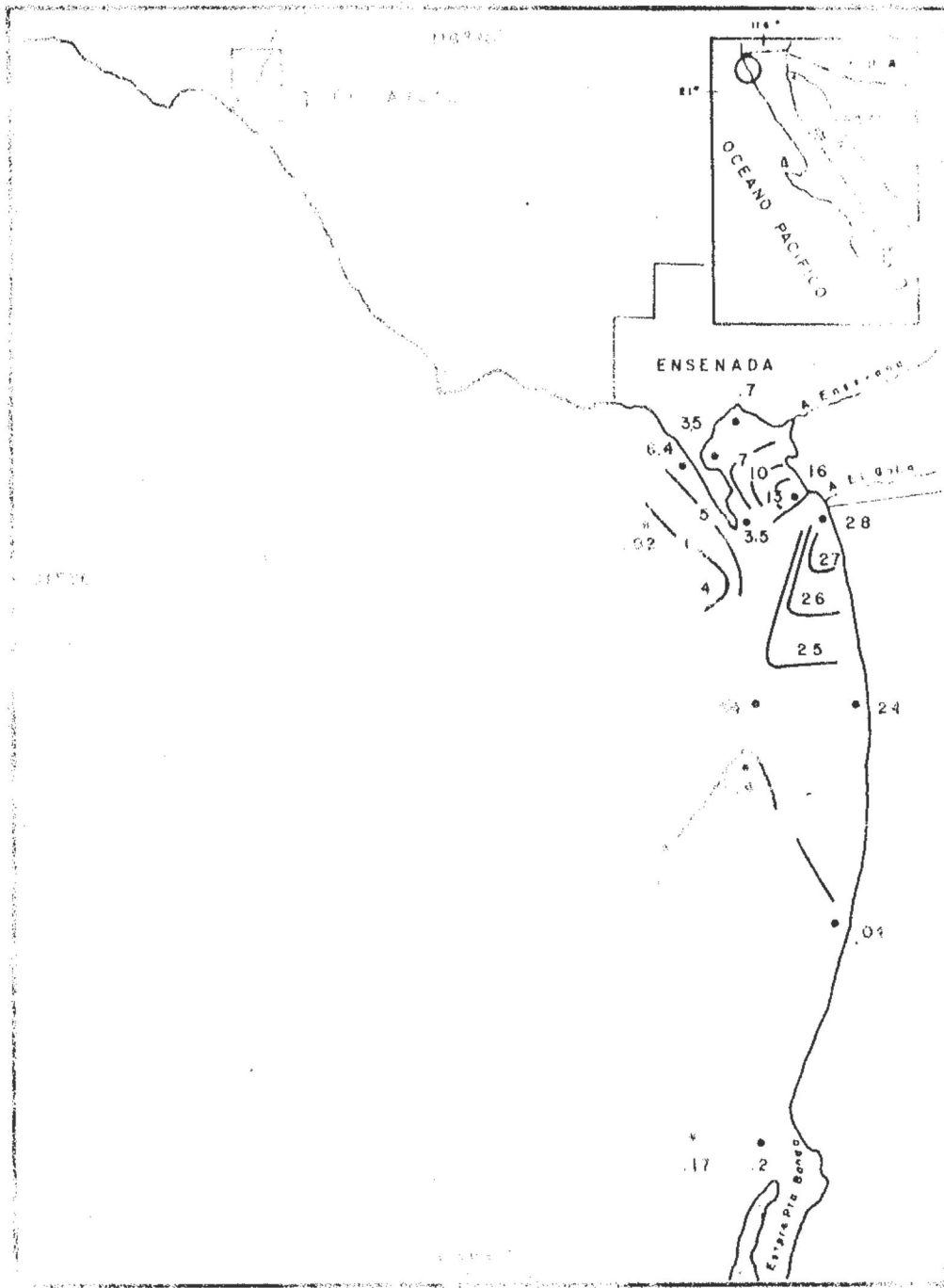


Fig. 1. DISTRIBUCION DE COLIFORMES FECALES PARA SEPTIEMBRE 1963 EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA BAHIA DE TODOS SANTOS, B.C. (NMP x 10³ / 100 ml)

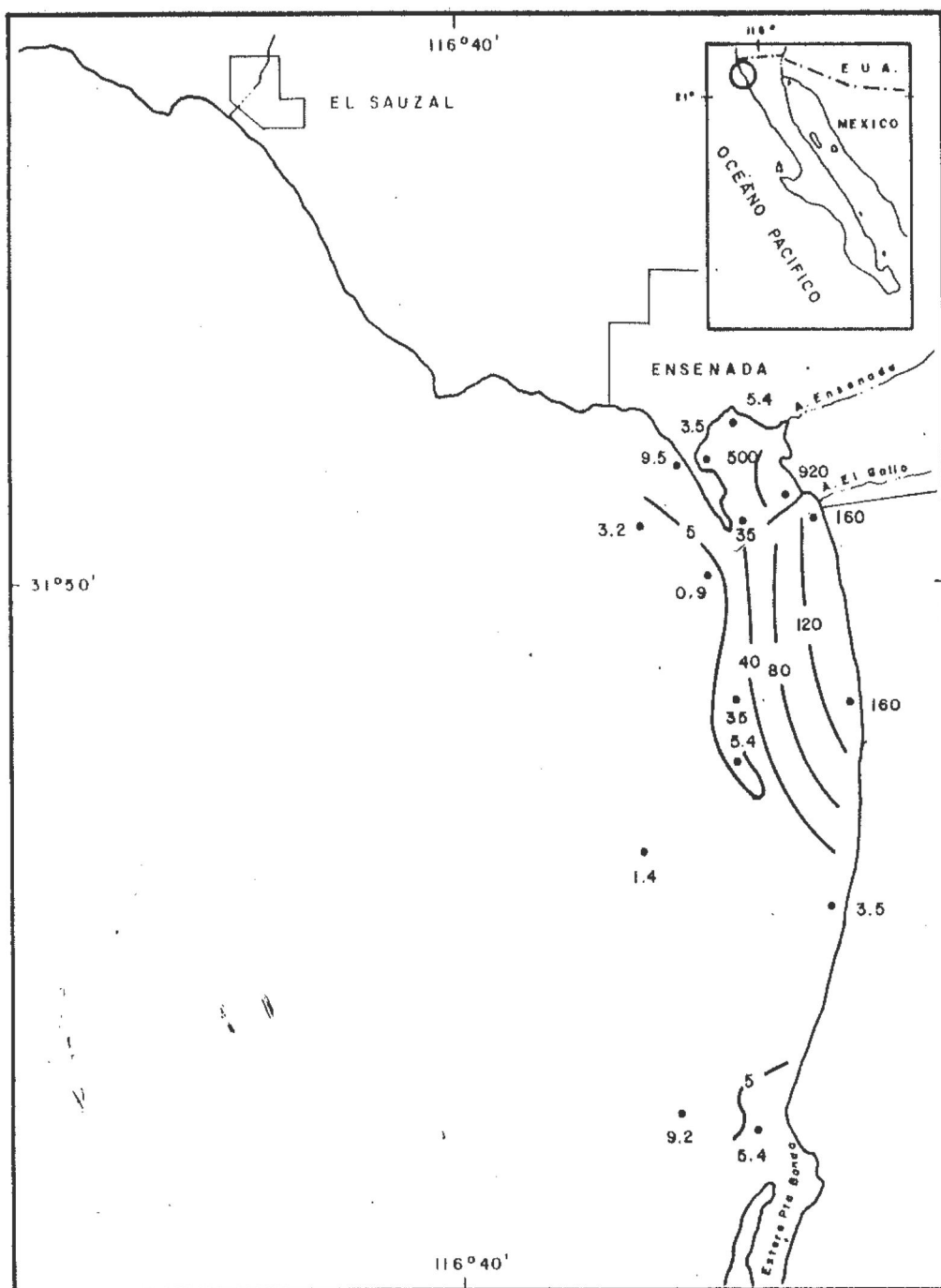


Fig. 9- DISTRIBUCION DE COLIFORMES TOTALES PARA SEPTIEMBRE DE 1983 EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA BAHIA DE TODOS SANTOS, B. C. ($NMP \times 10^3 / 100 \text{ gr}$)

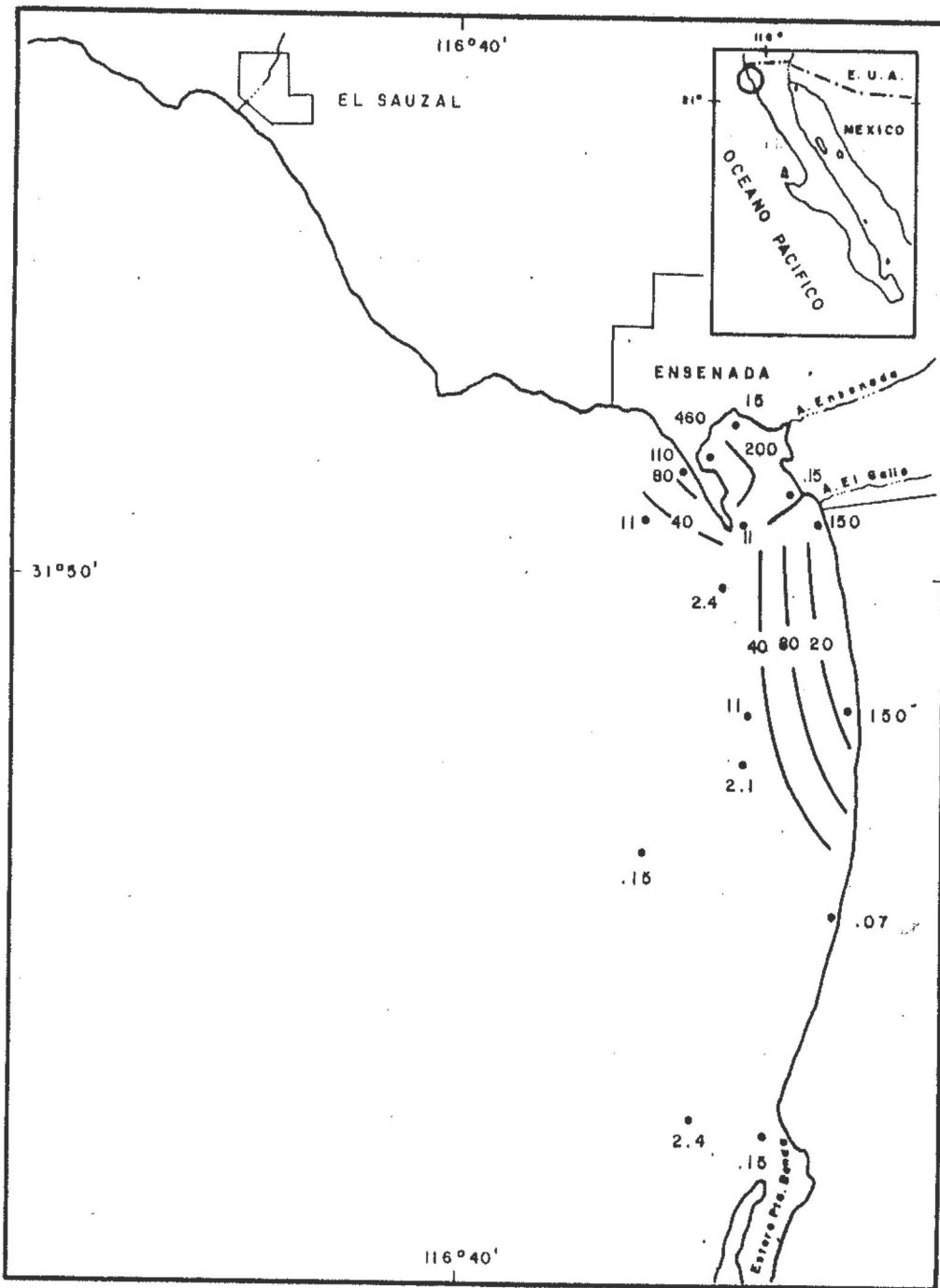


Fig.-10- DISTRIBUCION DE ESTREPTOCOCOS FECALES PARA SEPTIEMBRE 1983 EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA BAHIA DE TODOS SANTOS, B.C. (NMPx10³/100gr)

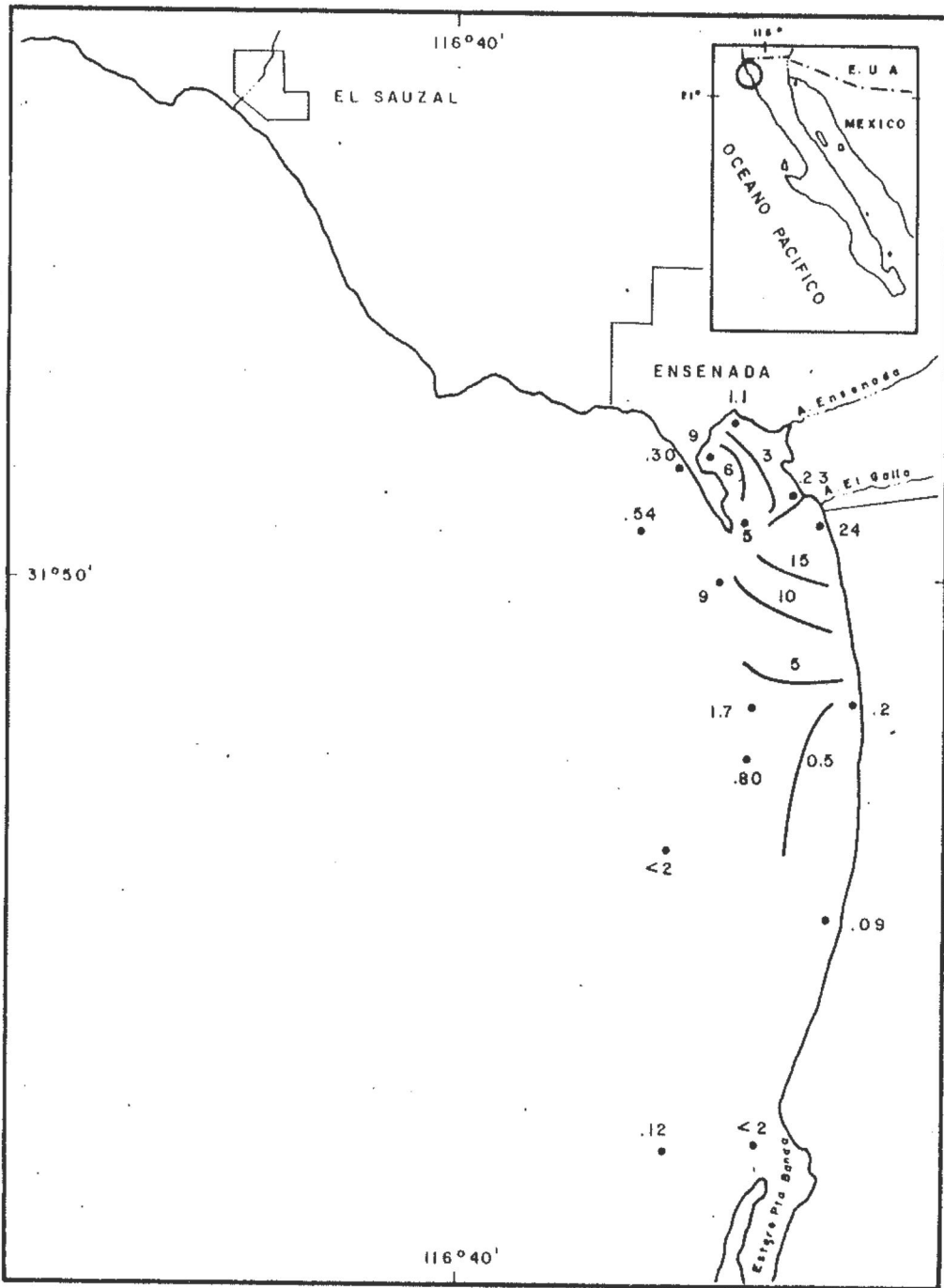


Fig. II- DISTRIBUCION DE COLIFORMES FECALES PARA NOVIEMBRE 1983 EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA BAHIA TODOS SANTOS (NMP x 10³/100 gr)

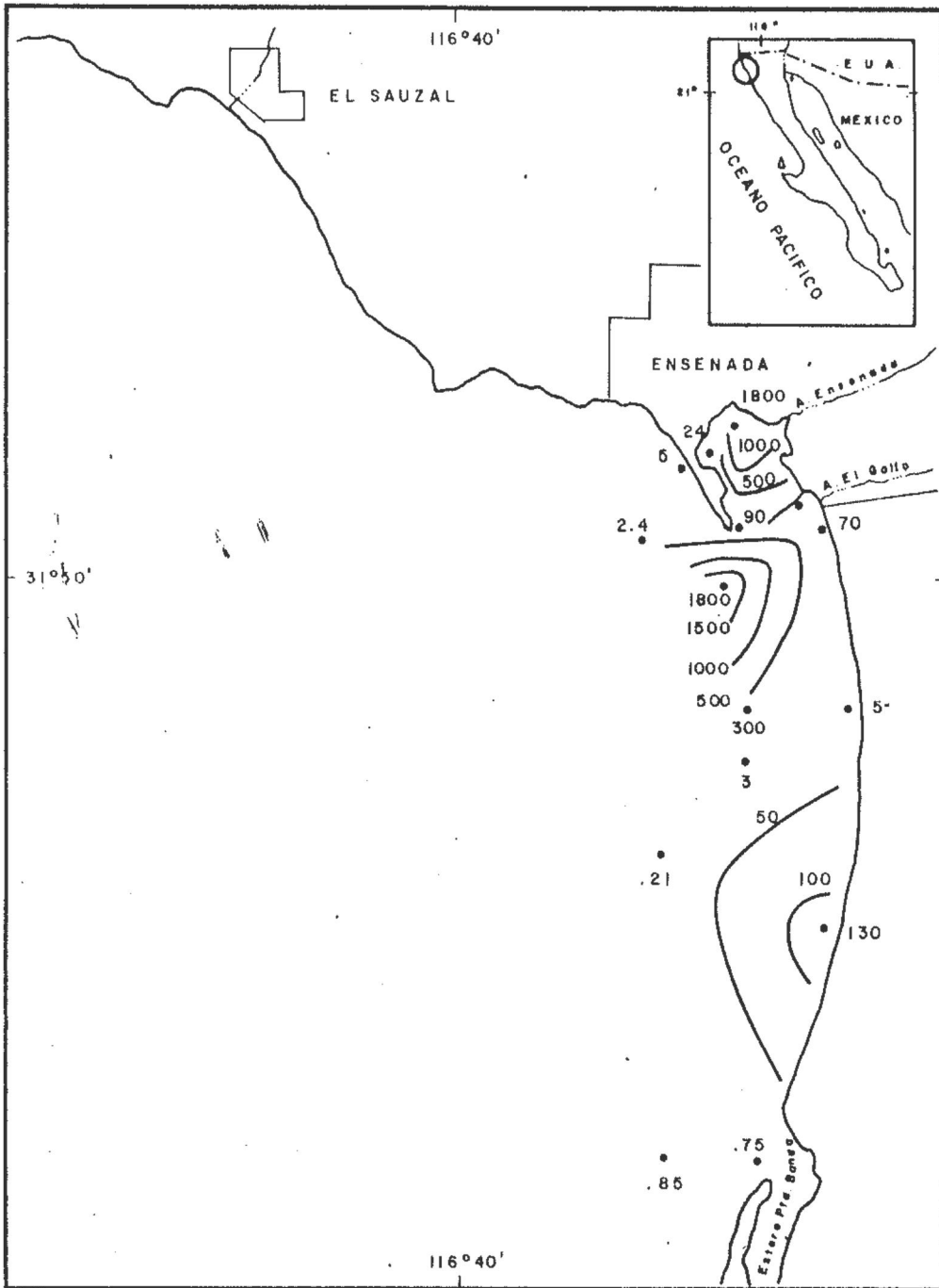


Fig.— 12 DISTRIBUCION DE COLIFORMES TOTALES PARA NOVIEMBRE 1983 EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA BAHIA TODOS SANTOS, B. C. (NMP x 10³ / 100 gr)

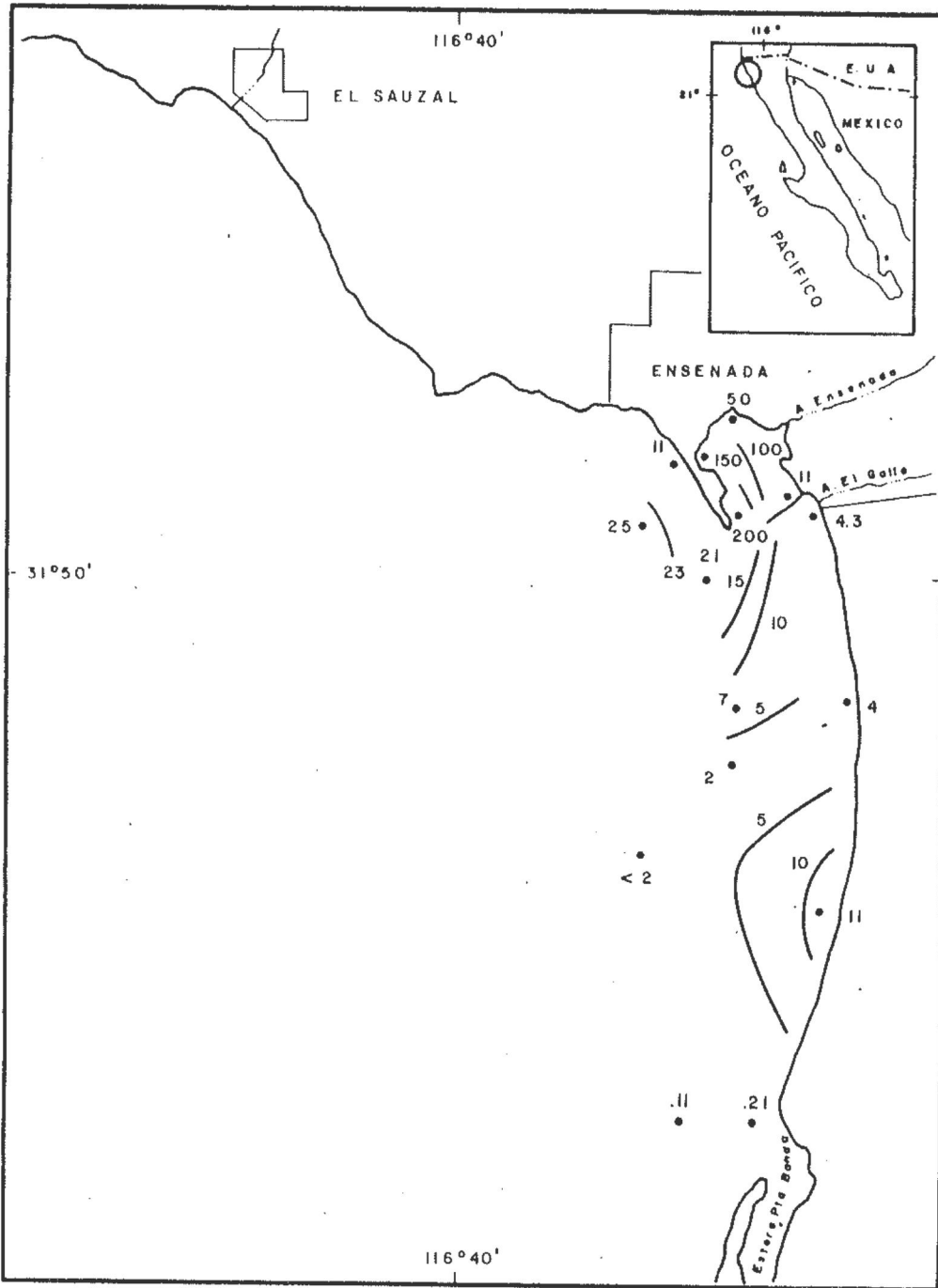


Fig. 13- DISTRIBUCION DE ESTREPTOCOCOS FECALES PARA NOVIEMBRE 1983 EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA BAHIA TODOS SANTOS, B. C. (NPM x 10³/100 gr)

de la bahía. Chee-Barragán y Pérez-Higuera (1982) mencionan que la dársena portuaria funciona como una trampa de sedimentos. Los altos valores de bacterias en el interior de la misma, puede explicarse al aporte de bacterias por el Arroyo Ensenada, Arroyo El Gallo así como a corrientes paralelas al espigón (Chee-Barragán y Pérez-Higuera, 1982) que transportan material orgánico y bacterias provenientes de la descarga de la Pesquera Peninsular, las cuales posiblemente por difracción del oleaje ingresan al interior.

Los resultados muestran que las aguas residuales domésticas (planta de tratamiento primario de aguas negras - CESPE) e industriales (cárcamo común), descargadas via arroyo El Gallo, son las principales fuentes de contaminación bacteriana. Valores de 58,000 coliformes fecales (E9) fueron registradas frente a esta zona. En la estación 11 se detectaron valores de 24,000 coliformes fecales. Esto se explica a la existencia de un transporte litoral desde la zona del Arroyo El Gallo hacia el Sur (Chee-Barragán y Pérez-Higuera, 1982).

En las estaciones más cercanas a las descargas de aguas residuales (E3, E4, E9) se esperaban valores más elevados de bacterias; sin embargo la alta energía en dicha zona no permite la acumulación de grandes cantidades de materia orgánica, siendo ésta transportada hacia el centro

de la bahía, formando un núcleo de acumulación (Galindo et al, 1983). Esto permite que se desarrollen bacterias con mayor capacidad de sobrevivencia (fig 4). En esta zona se registraron los valores más altos de estreptococos fecales (240,000/100 gr. de sedimentos).

De acuerdo a Geldreich y Kenner: (1969) la razón coliformes fecales/estreptococos fecales es mayor que uno (1) en aguas de desecho doméstico. La tabla II nos muestra que la razón coliformes fecales/estreptococos fecales en sedimentos de la Bahía Todos Santos es menor que una (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, E9) presentan valores próximos a uno (1) (tabla II) lo cual indica un mayor grado de contaminación fecal. Esto se debe a que los coliformes fecales son menos resistentes en el medio marino (Scarpino, 1971).

Ambas razones (CF/EF y CT/CF) van a variar de acuerdo al aporte de bacterias por los arroyos y descargas aledañas al área así como al tiempo de permanencia de ellas

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

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

en el medio ambiente marino (Yde y DeMaeyer-Cleempoel,- 1980).

b).- DISTRIBUCION TEMPORAL

Los valores detectados de coliformes totales y coliformes fecales durante el mes de Septiembre y Noviembre fueron significativamente mayores a las concentraciones medidas en el mes de Junio (U de Mann-Whitney $P=0.05$) en las estaciones de la zona costera. Esto se explica por la precipitación pluvial que se registró en los meses de Septiembre y Noviembre, lo cual ocasionó un arrastre de material bacteriano por los arroyos Ensenada y El Gallo, aumentando de este modo su densidad en la bahía. Durante el mes de Junio se esperaban los valores más altos de bacterias coliformes debido a que hay un incremento de visitantes a la ciudad, pero los resultados nos indican que ésta relación no fué encontrada. Sin embargo, esto se puede explicar por el efecto que tiene la radiación solar y la temperatura que son factores climáticos que controlan a las bacterias coliformes (Shuval, 1978).

c).- BACTERIAS PATOGENAS

Las bacterias aisladas en los sedimentos se muestran en la tabla III, observandose que las estaciones más próximas

Tabla 3.- Bacterias aisladas en los sedimentos de la Bahía de Todos Santos, B.C. durante 1983.

ORGANISMO AISLADO	E S T A C I O N														20	24	25	26	27
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14					
<u>Shigella dysenteriae</u>							X												
<u>Shigella sonnei</u>			X									X							
<u>Shigella paradysenteriae</u>			X																
<u>Shigella alkalescens</u>										X									
<u>Shigella madampensis</u>			X						X										
<u>Shigella ceylonensis</u>									X										
<u>Shigella sp</u>			X	X								X							
<u>Salmonella typhosa</u>			X																
<u>Salmonella choleraesuis</u>					X			X		X									
<u>Salmonella sp</u>								X		X									
<u>Enterobacter aerogenes</u>			X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X				X
<u>Escherichia coli</u>					X	X		X		X	X	X	X						X
<u>Escherichia freundii</u>	X		X		X	X		X	X	X	X	X			X				
<u>Escherichia intermedium</u>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			X	X		X	X
<u>Proteus vulgaris</u>							X			X	X								
<u>Proteus mirabilis</u>				X			X	X											
<u>Proteus rettgeri</u>	X																		
<u>Proteus morgani</u>								X											
<u>Proteus sp</u>				X						X									
<u>Klebsiella pneumoniae</u>	X	X		X	X	X	X		X	X			X	X	X				X
<u>Pseudomonas aeruginosa</u>					X			X	X	X									X
<u>Alcaligenes faecalis</u>				X	X	X		X	X	X	X	X		X		X	X	X	X

mas a las descargas (E3, E9, E11) presentaron mayor diversidad de especies. Esto se explica debido a la cantidad y riqueza de especies que poseen las aguas de **desecho** domestico.

Los resultados muestran que en las estaciones donde se aisló Salmonella sp siempre hubo una concentración mayor de 1000 coliformes fecales/100 gr. de sedimento. Grunnet (1978) señala que en concentraciones mayores de 1,000 coliformes fecales existe un 50% de probabilidades de encontrar Salmonella sp. Sin embargo, no existe hasta la fecha una relación definida de coliformes fecales y Salmonellas. Goyal (1977) encontró que la razón Salmonella/coliformes fecales variaba de 1:9 hasta 1:2 mil en sedimentos. Esto se debe a que la ocurrencia y sobrevivencia de ambos en agua y sedimentos es variable, aunado a los cambios que sufre la población infectada por salmonella en el área y que descarga sus heces al medio marino.

En las estaciones E5, E9, E11 se aislaron las bacterias Salmonella choleraesuis y Escherichia coli de la misma muestra. Goyal et al (1979) reporta que las coliformes fecales aisladas del sedimento son capaces de transferir parte o toda su resistencia a los antibioticos a Escherichia coli y a Salmonella choleraesuis. Esto constituye un peligro para futuros tratamientos dados a pacientes infec-

tados por este tipo de bacterias.

En general Shigella sp se aisló en estaciones con altas y bajas concentraciones de bacterias coliformes. En la estación 7 se aisló Shigella paradysenteriae, sin embargo, no fueron detectados las coliformes fecales (2 coliformes/100 gr. de sedimento). Reasoner (1978) indica que el aislamiento de Shigella en agua no es frecuente y generalmente son detectadas cuando existe una gran contaminación fecal. Rosenberg et al (1976) reportan el aislamiento de Shigella sonnei en aguas del rio Mississippi despues de una epidemia de Shigellosis entre nadadores. Treinta y uno de los cuarenta y cinco casos de Shigellosis fueron relacionados a la natación a lo largo de 8 km en el rio Mississippi. Este estudio muestra que en sedimentos de la Bahía de Todos Santos (E3 y E12) se aisló Shigella sonnei.

Las legislaciones de México y otros países no contemplan estándares establecidos para bacterias indicadoras y patógenas en sedimentos; sin embargo, debe considerarse el riesgo potencial a la salud pública que guardan, ya que la interfase sedimento-agua no es un sistema estático; y si estas bacterias estan presentes, pueden ser liberadas al agua adyacente por efecto del oleaje, corrientes y ser transportadas a zonas de uso recreativo.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que las estaciones más cercanas a las descargas doméstico-industrial del arroyo El Gallo y el cárcamo de la pesquera Peninsular mostraron un mayor grado de contaminación fecal.

Se evidenció la existencia de un transporte de bacterias desde las descargas de aguas de desecho hacia el centro y sur de la bahía así como al interior de la dársena portuaria.

Durante la temporada de lluvias el aporte de bacterias a la bahía por los arroyos Ensenada y El Gallo se vuelve importante.

Se detectaron algunas bacterias patógenas como Salmonella choleraesuis (incluso en áreas de uso recreativo E11) y Shigella sonnei que se han asociado con epidemias en otras partes del mundo.

RECOMENDACIONES

Realizar monitoreaos más continuos, determinando la densidad de bacterias indicadoras y de patógenas endémicas de la región, en agua y sedimentos simultaneamente. Deben realizarse muestreos diarios, incluyendo variaciones diurnas esporádicas, principalmente durante el período de turismo y de mayor producción pesquera.

Trabajar a la par con las instituciones de salud de la localidad, las cuales deben promover estudios de tipo epidemiológico. Estas investigaciones pueden dar información desde el agente infeccioso, dosis de infección y hasta la localización del foco de infección.

Determinar la eficiencia de la planta de tratamiento en cuanto a su capacidad para abatir las altas concentraciones de bacterias que poseen las aguas negras crudas.

El conjunto de estos estudios nos permitirá conocer de manera más clara el comportamiento espacial y temporal de la contaminación bacteriológica. Esto dará opción al establecimiento de estándares locales, permitiendo la regulación de toda actividad turística o pesquera que se desarrolle en la localidad, lo cual redundará en el mejor aprovechamiento y preservación del medio ambiente marino.

REFERENCIAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 1975. Standard methods for Examination of Water and Wastewater. 14th ed. American Public Health Association. Washington, D. C.:913-917.
- AUBERT, M. 1969. Oceanographic Médicale. Gauthier ed. Paris :1-128.
- AUBERT, M., M.J. Gauthier et J.M. Gastaud. 1978. Repports interspecies dans le domaine des bacteriés et du phytoplancton en milieu marin. La tribuna de CEBEDEAU (413):185-197.
- AYRES, P.A. 1977. The use of faecal bacteria as a tracer for sewage sludge disposal in the sea. Mar. Pollut Bull. 8(12):283-285.
- BABINCHAK, J.A., J.T. Graikoski and M.F. Nitrowski. 1977. Distribution of faecal coliforms a bottom sediments from the New York Bight. Mar. Pollut. Bull. 8(7):150-153.
- BARJA, J.L., T.P. Nieto and J. Barja. 1977. Method of average birth and death rate evaluation in the marine terrestrial bacteria interactions. Rev. Int. Oceanogr. Med. 47:199-202.
- BENDINELLI, M. and A. Ruschi. 1969. Isolation of human enteroviruses from mussels. Appl. Microbiol. 18(3): 531-532.
- BIANCHI, A.J.M. and M.G. Bensoussan. 1977. Non-marine bacteria in dialysis bags, in seawater. Mar. Pollut. Bull. 8(12):282-283.
- BONDE, G.J. 1962. Bacterial Indicators of Water Pollution. Teknisk Forlag, Copenhagen. pp. 15.

- CHEE-BARRAGAN, A. y R. Pérez-Higuera. 1982. Patrón de circulación a partir de algunas características naturales de los sedimentos en la Bahía de Todos Santos. Instituto de Investigaciones Oceanológicas. Universidad Autónoma de Baja California. Reporte anual. Ensenada, B. C., México. 48pp
- COMMISSION FOR WESTERN AUSTRALIA. 1961. Typhoid traced to bathing at a polluted beach. Annual Rep. Pub. Words, N. Y. (92):182.
- DIFCO. 1978. Manual de Bacteriología. DIFCO Laboratories Inc. Valdemoro Madrid, España. 395pp.
- EL-SHARKAWI, F. 1978. The relation between the state of pollution on Alexandria swimming beaches and the occurrence of typhoid among bathers. Coastal Pollution Control. 3:777-787.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1974. Current practices in water microbiology. 345pp.
- GAUTHIER, M.J., J.M. Shewan and D.M. Gibson. 1975. Taxonomic position and seasonal variations in marine neritic environment of some Gram-negative antibiotic producing bacteria. J. Gen. Microbiol. 87:211-218.
- GAUGHAN, P. 1981. Metodología de muestreo de sedimentos para la obtención de datos químicos y biológicos con relación a la contaminación marina. CICESE. Informe técnico. OC-81-02.:28pp.
- GALINDO-BECT, M.S., J.A. Segovia-Savala e I. Rivera-Duarte. 1983. Contenido de materia orgánica en sedimentos superficiales de la Bahía de Todos Santos, B.C. Instituto de Investigaciones Oceanológicas. Universidad Autónoma de Baja California. Reporte anual. Ensenada, B. C., México. 87pp.
- GELDRICH, E.E. and B.A. Kenner. 1969. Concepts of faecal streptococci in stream pollution. J. Wat. Pollut. Control Fed. 41(8):336-352.

- GERBA, C.P. and J.S. Mcleod. 1976. Effects of sediments on the survival of Escherichia coli in marine waters. Applied and Environmental Microbiology. 32(1):114-120.
- GERBA, C.P., S.M. Goyal, E.M. Smith and J.L. Melnick. 1977. Distribution of viral and bacterial pathogens in a coastal canal community. Mar. Pollut. Bull. 8(12): 279-281.
- GOYAL, S.M., C.P. Gerba and J.L. Melnick. 1979. R⁺ bacteria in estuarine sediments. Mar. Pollut. Bull. 10(1): 25-27.
- GOYAL, S.M. 1977. Occurrence and distribution of bacterial indicators and pathogens in canal communities along the Texas coast. Appl. Environ. Microbiol. 34:139.
- GRUNNET, K. 1978. Selected microorganism for coastal pollution studies. Coastal Pollution Control. (3):759-775.
- GUINEA, J.S. 1979. Analisis Microbiológico de aguas. Ed. Omega. Barcelona España. 122 pp.
- HENDRICKS, C.W. 1971. Increased recovery rate of salmonellae from stream bottom sediments versus surface water. Appl. Microbiol. 21:379-380.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLOGICAS. 1979. Estudio bacteriológico del agua de mar en la Bahía de Todos Santos. Informe anual. Proyecto: Estudios básicos para el diagnóstico permanente de la contaminación en Baja California. I.I.O.-U.A.B.C., México. 248pp.
- KABLER, P. 1959. Removal of pathogenic microorganism by sewage treatment processes. Sewage Ind. Wastes. 31: 1375pp.

- MACKOWIAK, P.A., C.T. Caroway and B.L. Portnoy. 1976. Oyster associated hepatitis: lessons from Louisiana experience. *An. J. Epidemiol.* (103):181-191.
- MATSON, E.A., S.G. Hornor and J.D. Buck. 1978. Pollution indicators and other microorganism in river sediments. *J. Wat. Pollut. Control Fed.* 50(1):13-19.
- MEADOWS, P.S. and J.G. Anderson. 1968. Microorganism attached to marine sand grains. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 48:161-175.
- MITCHELL, J.R. 1968. Factors affecting the decline of non-marine organism in sea water. *Water Research. Pergamon Press.* (2):535-543.
- OROZCO-BORBON, N.V. y E.A. Gutiérrez-Galindo. 1983. Contaminación fecal costera en la zona del puerto de Ensenada, Baja California. *Ciencias Marinas.* 9(1):27-34.
- REASONER, D.J. 1978. Microbiology: detection of bacterial pathogens and their occurrence. *J. Wat. Pollut. Control Fed.* 50():1382-1395.
- ROSENBERG, M.L., K.R. Azlet, J. Schaefer, J.G. Wells and R. C. Pruneda. 1976. Shigellosis from swimming. *Jour. Amer. Med. Assoc.* 236:1849-1852.
- SAÑUDO-WILHELMY, S.A., A. Morales y J.A. Vargas. 1984. Contaminación fecal en la Bahía de Ensenada, Baja California, México. *Ciencias Marinas.* 10(1):7-17.
- SECRETARIA DE MARINA. 1974. Estudio general de la región de Ensenada, B. C. Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marítimo. México. 465pp.
- SECRETARIA 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.

- SCARPINO, P.V. 1971. Bacterial and viral analysis of water and wastewater. In: Water and Water Pollution Handbook. 2:639-751. Ciaccio Leonard (Ed.). New York.
- SEGOVIA-ZAVALA, J.A. 1982. Estudio de contaminación por materia orgánica en la zona industrial de el Sauzal, Baja California. Escuela Superior de Ciencias Marinas. U.A.B.C. Tesis profesional. 96pp.
- SHUVAL, H.I. 1978. Studies on bacterial and viral contamination of the marine environment. Rev. Int. Oceanogr. Med. 50:43-50.
- SOKAL, R.R. y F.J. Rohlf. 1979. Biometria. Ed. H. Blume. Madrid España. 832pp.
- VAN DONSEL, D.J. and E.E. Geldreich. 1971. Relationship of Salmonellae to faecal coliforms in bottom sediments Water Research. 5:1079-1087.
- YDE, N. and S. De Maeyer-Cleempoel. 1980. Faecal pollution of Belgian coastal water. Mar. Pollut. Bull. 11(): 108-110.
- ZOBELL, C.E. 1960. Marine pollution problems in the Southern California Area. Scripps Inst. Oceanogr., Contribution No. 1183:645-651.