

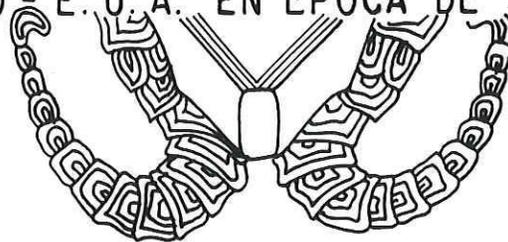


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS



CONTAMINACION BACTERIANA EN SEDIMENTOS  
SUPERFICIALES MARINOS DE LA ZONA FRONTERIZA  
MEXICO - E. U. A. EN EPOCA DE VERANO



TESIS  
QUE PARA OBTENER EL  
TITULO DE  
OCEANOLOGO

PRESENTA

MARIA DOLORES PATRON MAS

ENSENADA, B. C.

FEBRERO DE 1992

## RESUMEN

Se realizaron tres muestreos durante los veranos de 1988, 1989 y 1990 en los cruceros ECOBAC (Estudios Costeros de Baja California); el área de estudio forma parte de la llamada Cuenca Oceanográfica del Sur de California, la cuál se caracteriza por su gran desarrollo industrial, agrícola y de servicios. La presente investigación tuvo como finalidad demostrar la posible influencia de las aguas residuales provenientes del emisor de Punta Loma, California, E.U.A. hacia las aguas nacionales. Se usaron como organismos indicadores de la calidad ambiental a las bacterias coliformes totales y fecales, utilizando el método del número más probable (NMP). Para trazar la mancha contaminante se utilizó como indicador las esporas de Clostridium perfringens. Los análisis estadísticos de Kruskal-Wallis mostraron diferencias significativas entre los años de muestreo, donde las mayores concentraciones de bacterias coliformes totales, coliformes fecales y materia orgánica se presentaron en 1990 frente al emisor de Punta Loma, Calif. y alrededor de Islas Coronado, México e isobata de 60 m. También se detectó para el mismo año la presencia de esporas de C. perfringens, trazando la contaminación de norte (Punta Loma, Calif, E.U.A) a sur (Islas Coronado, México).

CONTAMINACION BACTERIANA EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES MARINOS DE LA  
ZONA FRONTERIZA MEXICO - E.U.A. EN EPOCA DE VERANO.

TESIS PRESENTADA POR  
Maria Dolores Patrón Mas

APROBADA POR

*Ma Victoria Orozco Borbón*  
Oc. Maria Victoria Orozco Borbón  
Presidente del Jurado

Oc. Bernardo Primitivo Flores Baez  
Sinodal Propietario

*Rafael Morales Chavez*  
Oc. Rafael Morales Chavez  
Sinodal Propietario

## DEDICATORIA

### A Dios

Por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas "Gracias infinitas"

### A mi Madre

Doctora Rosa Maria Mas Díaz

Por haberme enseñado el mejor camino a seguir. Gracias Ma por tu amor y confianza siempre.

### A mis Hermanos

Jose Juan, Alejandra y Rosa Maria

Por todos los momentos inovidables que pasamos y seguiremos pasando siempre. "Ya era hora! No creen?"

### A mis sobrinos

Cindy, Koky, Siavash, Giovanni y al futuro bebe

Por "alegrarme" la vida con sus travesuras

## AGRADECIMIENTOS

A mi amiga, maestra y directora de Tesis, Oc. Maria Victoria Orozco Borbón, le agradezco el apoyo académico y moral que me ofreció durante todo el transcurso de mi trabajo. "Gracias Vicky"

A mis sinodales Oc. Bernardo Primitivo Flores Báez y Oc. Rafael Morales Chávez por sus acertadas sugerencias para mejorar la calidad de mi Tesis.

A la Secretaría de Educación Pública y CONACYT por su apoyo financiero, brindado según los convenios No.88-01-079

y P220CCOR892412

Por su incondicional ayuda quiero agradecer muy en especial a los Oceanólogos Salvador Galindo Bect, Martín Hernández Ayón, Pedro German Castro Castro, Amilcar Cupul Magaña y Albino Muñoz Barbosa. "Gracias chicos"

Al Sr. Ramón Moreno Castillo por la elaboración de los dibujos de este trabajo.

A los Oceanólogos Francisco Delgadillo Hinojosa y Jose Antonio Segovia Zavala por sus sugerencias.

Al Oceanólogo Sergio Larios Castillo "por salvarme la tesis"

Al Instituto de Investigaciones Oceanológicas (I.I.O.) por darme la oportunidad de llevar a cabo el presente estudio.

Y a todos aquellos que de una u otra manera contribuyeron a la realización de este trabajo. "Gracias".

# INDICE

Pág

Resumen

Lista de Tablas

Lista de Figuras

1.0	INTRODUCCION	1
1.1	Efecto de la contaminación	3
1.2	Contaminación microbiana	4
1.3	Control de la contaminación	11
1.4	Antecedentes	15
1.5	Objetivo específico	20
2.0	MATERIALES Y METODOS	21
2.1	Descripción del área de estudio	21
2.2	Método de muestreo	21
2.3	Método de análisis de bacterias indicadoras	22
2.4	Método de análisis de bacterias patógenas	23
2.5	Procesamiento y análisis de datos	23
3.0	RESULTADOS	27
3.1	Descripción anual	27
3.2	Descripción anual por transectos perpendiculares	30
3.3	Descripción anual por transectos paralelos	34
4.0	DISCUSION	38
5.0	CONCLUSIONES	50
6.0	RECOMENDACIONES	51
7.0	LITERATURA CITADA	53
8.0	ANEXOS	60

## LISTA DE TABLAS

- Tabla I.- Microorganismos patógenos presentes en aguas residuales.
- Tabla II.- Distribución de estaciones de muestreo en siete transectos perpendiculares a la costa de B.C. para 1988 - 1989.
- Tabla III.- Distribución de estaciones de muestreo en cinco transectos perpendiculares a la costa de B.C. para 1990.
- Tabla IV.- Distribución de estaciones de muestreo en tres transectos paralelos a la costa de B.C. para 1988 - 1989.
- Tabla V.- Distribución de estaciones de muestreo en cuatro transectos paralelos a la costa de B.C. para 1990.
- Tabla VI.- Concentración promedio de bacterias coliformes (NMP/100gr), porcentaje promedio de materia orgánica y patógenos en sedimentos marinos para la zona fronteriza México - E.U.A. de 1988 a 1990.
- Tabla VII.- Presencia de Clostridium perfringens en sedimentos para Junio de 1990.
- Tabla VIII.- Prueba no paramétrica de Kruskall-Wallis (95 %) entre años (1988 - 1989 - 1990).
- Tabla IX.- Prueba no paramétrica de Mann-Whitney (95 %) entre años (1988 - 1989 - 1990).
- Tabla X.- Concentraciones promedio por transectos perpendiculares a la costa de bacterias coliformes (NMP/100gr), porcentaje promedio de materia orgánica en sedimentos marinos para la zona fronteriza México - E.U.A. de 1988 - 1989 - 1990.
- Tabla XI.- Prueba no paramétrica de Mann-Whitney (95 %) entre transectos perpendiculares a la costa de 1988 - 1989.
- Tabla XII.- Concentraciones promedio por transectos paralelos a la costa de bacterias coliformes (NMP/100gr), porcentaje promedio de materia orgánica en sedimentos marinos para la zona fronteriza México - E.U.A. de 1988 - 1989 - 1990.
- Tabla XIII.- Prueba no paramétrica de Mann-Whitney (95 %) entre transectos paralelos a la costa de 1988 - 1989.

## LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1.- Localización del área de estudio.
- Fig. 2.- Distribución y localización de estaciones de muestreo Julio 1988 y Septiembre 1989.
- Fig. 3.- Distribución y localización de estaciones de muestreo Junio 1990.
- Fig. 4.- Transectos perpendiculares y paralelos a la costa para 1988 y 1989.
- Fig. 5.- Transectos perpendiculares y paralelos a la costa para 1990.
- Fig. 6.- Distribución de coliformes totales en sedimentos para Julio 1988 (NMP/100gr).
- Fig. 7.- Distribución de coliformes fecales en sedimentos para Julio 1988 (NMP/100gr).
- Fig. 8.- Distribución de materia orgánica en sedimentos para Julio 1988 (% M.O.).
- Fig. 9.- Distribución de coliformes totales en sedimento para Septiembre 1989 (NMP/100gr).
- Fig. 10.- Distribución de coliformes fecales en sedimentos para Septiembre 1989 (NMP/100gr).
- Fig. 11.- Distribución de materia orgánica en sedimentos para Septiembre 1989 (% M.O.).
- Fig. 12.- Distribución de coliformes totales en sedimentos para Junio 1990 (NMP/100gr).
- Fig. 13.- Distribución de coliformes fecales en sedimentos para Junio 1990 (NMP/100gr).
- Fig. 14.- Distribución de materia orgánica en sedimentos para Junio 1990 (% M.O.).
- Fig. 15.- Concentración de bacterias coliformes totales y fecales (NMP/100ml) en playas de San Diego, California. E.U.A. en época de verano.
- Fig. 16.- La zona del estuario del Río Tijuana
- Fig. 17.- Localización de los Cañones del sol, las Cabras y Matadero.
- Fig. 18.- Batimetría de la zona de estudio.

## 1. INTRODUCCION

La contaminación marina se define como la introducción directa o indirecta de sustancias o energéticos que cambian las condiciones físicas, químicas, geológicas y biológicas del medio marino y alteran la salud humana (SARH, 1985).

Las sociedades modernas utilizan y manipulan tecnológicamente las lagunas costeras, estuarios, bahías y ríos; donde aguas residuales domésticas e industriales son evacuadas sin tratamiento previo (Yáñez-Arancibia, 1986). El material contaminante que llega a los lugares antes mencionados, se puede clasificar de acuerdo a su naturaleza en:

a) **Sólidos:** Generalmente es material suspendido, pueden ser sustancias orgánicas, como los hidratos de carbono, proteínas y grasas, las que al descomponerse agotan el oxígeno disuelto del agua, disminuyendo la cantidad requerida por los microorganismos y sustancias inorgánicas las cuales provienen de todas las fuentes de contaminación, se presentan en disolución, soluciones coloidales y material suspendido. Ciertas sales de fósforo, nitrógeno, hierro y azufre, tienen importancia por ser los principales nutrientes requeridos para el desarrollo del fitoplancton; sin embargo, en cantidades excesivas provocan el crecimiento desmesurado de algas, originándose en algunos casos rompimiento del ecosistema marino tal es el caso de la marea roja.

b) **Substancias tóxicas:** Evitan el crecimiento normal de los organismos en el agua de mar. Se dividen en plaguicidas, metales pesados y substancias radioactivas, pueden exhibir dos tipos de toxicidad:

**Efectos inmediatos:** Al encontrarse en el mar en concentraciones elevadas provocan la muerte de peces, moluscos, etc.; por la ingestión de saxitoxinas, neurotoxinas, sintetizadas por especies fitoplanctónicas (Gonyaulax sp. o Gymnodinium sp.) efecto llamado marea roja, en el hombre, altera el sistema nervioso central que causa parálisis, afectando los centros respiratorios y vasomotores, provoca la muerte en cuestión de horas.

**Efectos a largo plazo:** En el caso de insecticidas, como el DDT y de metales pesados como el mercurio y el cadmio, llegan a los cuerpos receptores a través de los arrastres por lluvia, aguas residuales (industriales), derramamientos accidentales, etc. Estos compuestos presentan en su modelo metabólico una baja biodegradación y gran bioacumulación en el ambiente y en el organismo vivo y aún en el hombre, al que llega a través de la cadena alimenticia.

c) **Aceites:** El derrame de aceites de los buques petroleros, alteran la salud de especies marinas e indirectamente al hombre, debido al consumo de pescado y mariscos contaminados, así como radas portuarias.

d) **Compuestos radioactivos:** El uso de substancias radioactivas y energía nuclear para diferentes propósitos causa un considerable problema en la disposición de desechos

radioactivos, los cuales son contaminantes potenciales dañinos a la salud; su efecto cancerígeno es motivo de trascendentes investigaciones epidemiológicas en el campo de la salud humana.

e) **Desperdicios:** Las grandes poblaciones que viven en las costas utilizan al mar como un gran bote de basura, ahí, vierten sus desechos domésticos.

f) **Microorganismos:** Tienen un gran interés en la salud pública, los cuales comunmente se encuentran presentes en aguas residuales.

Según (Gauthier, 1974; Robles-Valderrama, 1979; Moore et al , 1988 y Sawyer, 1989) son entre otros:

f.1) Bacterias patógenas: Salmonella sp., Shigella sp., Leptospira sp., Brucella sp., Mycobacterium sp., Vibrio comma, Klebsiela pneumoniae.

f.2) Bacterias coliformes: Coliformes totales, Coliformes fecales.

f.3) Virus patógenos: Hepatitis infecciosa, Poliovirus, Cosackie, ECHO, y otros que producen diarrea y enfermedades respiratorias de etiología desconocida.

f.4) Metazoarios parásitos: Tenias, Ascáridos, Tricocéfalos y Entamoeba histolytica.

f.5) Hongos patógenos: Candida albicans.

## 1.1 EFECTO DE LA CONTAMINACION

Se pueden definir dos tipos de efectos producidos por la contaminación en el medio marino.

1.- Efecto primario: Cuando el material contaminante llega al mar, puede ocurrir dilución; excepto en áreas muy estrechas donde al agua de mar se estanca y afecta su química y su biología. El efecto más pronunciado de contaminación primaria es la turbiedad, coloración del agua, la desaparición de oxígeno disuelto y la disminución del pH; conforme se aleja de la descarga éstas variables recuperan su estado original. Los sólidos orgánicos que se asientan en la profundidad se fermentan, si los depósitos son ricos en éstos compuestos, como ocurre frecuentemente en estuarios y alrededor de las descargas, se presenta una pronunciada fermentación gaseosa. El gas, producto metabólico de las bacterias, provoca olor a sulfuro de hidrógeno.

2.- Efecto secundario: Es el crecimiento algal debido al abastecimiento de nutrientes. Este fenómeno se llama Eutroficación, el cual, puede alterar masas de agua por diferentes vías; altera el color del agua y reduce la transparencia. Es importante destacar que la materia orgánica producida por éste fenómeno ocasiona que el sistema biológico esté desbalanceado, ya que se produce una demanda de oxígeno elevada.

#### 1.2. CONTAMINACION MICROBIANA

Los microorganismos al penetrar al medio marino son afectados por factores adversos para su desarrollo y sobrevivencia, como son: efecto bactericida del agua de mar, dilución, sedimentación, temperatura, salinidad, luz solar y bacteriófagos (Cambridge, 1980; Leduc et al., 1990 a, b; Davies

et al., 1991). Sin embargo, logran sobrevivir concentraciones suficientes para ocasionar problemas a la salud, principalmente a bañistas y consumidores de moluscos (Seyfried et al., 1985; Favero, 1985).

El uno por ciento de las enfermedades reportadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), son transmitidas por microorganismos que se encuentran en el agua de mar, la principal fuente es la humana y heces de animales (Moriñigo et al., 1990) (Tabla I).

Para demostrar que ha ocurrido contaminación del agua de mar por organismos de sangre caliente (hombre, animales silvestres y domésticos) se utilizan los indicadores bacteriológicos de contaminación fecal (SARH, 1979).

Para que una bacteria o grupo de bacterias puedan considerarse como indicadores de contaminación según SARH, 1985; deben reunir ciertas características:

- 1.- Deben estar presentes siempre que estén los patógenos.
- 2.- Su densidad debe de estar asociada con contaminación fecal.
- 3.- Deben sobrevivir en el agua más tiempo que los patógenos.
- 4.- No deben multiplicarse en el agua.
- 5.- Deben estar ausentes en aguas bacteriológicamente potables.
- 6.- Las técnicas para su análisis deben de ser sencillas, rápidas y aplicables para cualquier tipo de agua.

Tabla I.- Microorganismos patógenos presentes en aguas residuales

PATOGENOS	ENFERMEDAD
<u>Salmonella sp</u>	Fiebre tifoidea, salmonelosis
<u>Shigella sp</u>	Disentería bacilar y shigelosis
<u>Vibrio cholera</u>	Cólera
<u>E. coli enteropatógena</u>	Gastroenteritis
<u>Clostridium perfringens</u>	Gangrena gaseosa
<u>Vibrio parahemolyticus</u>	Intoxicación por moluscos
Enterovirus	Gastroenteritis
Hepatitis A	Hepatitis infecciosa
Rotavirus	Gastroenteritis

Ninguna de las bacterias de origen intestinal se ajusta a todas las características de un indicador ideal, sin embargo, hay dos grupos que cumplen con los requisitos más importantes y se designan como indicadores de contaminación de origen fecal.

Estos organismos son: Los Coliformes y los Enterococos; los primeros incluyen tres géneros de la familia Enterobacteriaceae (Escherichia, Klebsiella, Enterobacter), el segundo lo integran cinco especies del género Streptococos.

El grupo de coliformes se dividen en Coliformes totales y Coliformes fecales, que se definen como sigue:

**Coliformes Totales:** Bacilo corto, aerobio o anaerobio facultativo, gram negativo, no esporulado, que fermenta la lactosa con producción de ácido y gas, en 24 a 48 horas de incubación a 35°C.

**Coliformes Fecales:** Bacilo corto, aerobio o anaerobio facultativo, gram negativo, no esporulado, que fermenta la lactosa con producción de ácido y gas, en 24 horas de incubación a 44.5°C.

Para trazar la distribución y movimiento del contaminante en sedimentos marinos se utilizan; para un tiempo relativamente corto, a los coliformes totales, coliformes fecales (E. coli) y Estreptococos fecales. Norton et al, (1981), reportó que el promedio de vida de E. coli y coliformes totales en los sedimentos es del orden de 2 a 3 semanas. Sin embargo, los coliformes totales y particularmente los estreptococos fecales tienden a ser indicadores más persistentes de la contaminación en los sedimentos marinos que E. coli.

La presencia de esporas de Clostridium perfringens en el sedimento debe interpretarse como un indicio de contaminación fecal remota con posibilidad de contaminación intermitente y lejana (Cabelli, 1977).

Clostridium del griego Kloster - huso; Bacilo corto gram positivo, anaerobio, formador de esporas, no móvil, fermenta la lactosa, sacarosa e inositol con producción de gas, reduce el nitrato y el sulfito, produce la fermentación turbulenta de la leche, hidroliza la gelatina y produce lecitinasa y fosfatasa ácida.

Hay más de sesenta especies, (Holderman, et al., 1973; Buchanan, et al., 1974), de éstas el C. perfringens es el más asociado con heces humanas (Rosebury, 1962; Akama et al., 1970; Haenel, 1970). C. perfringens antes conocido como Clostridium welchi (descubierto por Welch y Natall en 1892), se encuentra generalmente en el tracto intestinal de animales de sangre caliente y el hombre.

El poder patológico de C. perfringens depende de su activa producción de gas y por los venenos tóxicos que produce durante su crecimiento (Oka et al., 1989). En las heridas, el germen fermenta el azúcar muscular y produce burbujas de gas, que por presión rompe los tejidos e introduce más profundamente la infección en el cuerpo. Es uno de los gérmenes que puede causar diarrea en los niños; en ocasiones es, la causa de una septicemia que sigue a un aborto criminal; también se le considera una de las bacterias más importantes asociadas con la apendicitis (Geigy, 1965).

C. perfringens se transmite solo por contacto con materiales y tierra contaminada, nunca de persona a persona.

En el medio marino, en particular en los sedimentos, las esporas de C. perfringens sobreviven por considerable tiempo, por lo tanto se utilizan para determinar una contaminación remota en tiempo y espacio.

Vivian, (1986), menciona que no hay evidencias de la multiplicación de esta bacteria en el medio marino.

Bonde, (1975), considera que C. perfringens es un indicador ideal de contaminación fecal en los sedimentos. Es utilizada también para trazar el movimiento de la mancha contaminante (Cabelli y Pederson, 1982).

Cabelli et al., (1984), encontró que los niveles de esporas de C. perfringens fueron las medidas más exactas y descriptivas de contaminación en los sedimentos marinos. Ducanson et al., 1986; utilizó también esporas de C. perfringens en sedimento para medir la contaminación fecal en las aguas costeras y estuarinas, encontró que éstas son un valioso instrumento para la detección a largo plazo de la contaminación fecal.

Comunmente, se realizan estudios bacteriológicos en sistemas acuáticos; sin embargo, la sedimentación de partículas es un factor que influye en la disminución de la densidad de bacterias en la columna de agua. Carlucci y Pramer, (1959), fueron los primeros en mencionar que en general se encuentran más bacterias coliformes en el sedimento que en las aguas suprayacentes, por tal motivo, se han incrementado las investigaciones en sedimentos (Matson, 1978).

La adsorción de las bacterias por partículas orgánicas e inorgánicas que eventualmente son depositadas al fondo y por acción del oleaje y corrientes, son resuspendidas a la columna de agua y ocasionan un incremento en la densidad de bacterias en áreas de uso recreativo (Van Donsen et al, 1971; Seyfried et al, 1985).

Stull, (1989), realizó estudios sobre contaminación en sedimentos de Palos Verdes, California y encontró que la alta concentración de DDT y contaminantes microbiológicos son susceptibles a resuspenderse e incorporarse a la biota y cadena trófica.

Cloern y Oremland, (1983), realizaron un estudio del derrame de aguas negras en el tributario de Coyote Creek en la bahía sur de San Francisco, observaron cambios químicos y microbiológicos los cuales dieron como consecuencia la descomposición y nitrificación con decremento de oxígeno disuelto; altas concentraciones de metales pesados, bacterias fecales y una baja biomasa de fitoplancton. Se mejoró la calidad del agua con un tratamiento terciario.

Niemi y Warheit, (1989), estimaron el impacto de aguas residuales tratadas primariamente en el medio ambiente cercano a la costa de San Francisco. Encontraron fuertes efectos temporales y/o espaciales asociados con las variables físicas, químicas, biológicas y microbiológicas. Concluyeron que es difícil demostrar estadísticamente los efectos residuales y recomiendan hacer estudios de bioacumulación o toxicidad como una alternativa en el método de muestreo.

### 1.3 CONTROL DE LA CONTAMINACION

Hay una vía para obtener un control satisfactorio de la contaminación del agua de mar; El tratamiento de aguas residuales y su eventual dilución en el medio marino.

#### 1.3.1 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Se puede definir como el conjunto de recursos por medio de los cuales es posible verificar las diferentes etapas que tienen lugar en la autopurificación de una corriente, dentro de un área limitada y bajo condiciones controladas (Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, 1980).

El tratamiento de aguas, previo a su disposición por dilución, consiste en separar de ellas la cantidad suficiente de sólidos que permita que los que quedan al ser descargados a las aguas receptoras no interfieran en el mejor o más adecuado empleo de éstas, tomando en cuenta la capacidad de las aguas receptoras para asimilar la carga que se agregue. Los sólidos que se eliminan son principalmente orgánicos, pero se incluyen también sólidos inorgánicos.

A pesar de que son muchos los métodos utilizados para el tratamiento de las aguas residuales, se pueden incluir dentro de los cinco procesos siguientes:

a) **Tratamiento preliminar.**- En la mayoría de las plantas, el tratamiento preliminar sirve para proteger el equipo de bombeo y hacer más fácil los procesos subsecuentes del tratamiento. Los dispositivos para el tratamiento preliminar

están destinados a eliminar o separar los sólidos mayores o flotantes, sólidos inorgánicos pesados y cantidades excesivas de aceites o grasas.

b) **Tratamiento Primario.**- Se separan o eliminan la mayoría de los sólidos suspendidos en las aguas residuales, (40 a 60 %), mediante proceso físico de asentamiento en tanques de sedimentación. Cuando se agregan ciertos productos químicos en los tanques primarios, se eliminan casi todos los sólidos coloidales, así como los sedimentables, (se elimina 80 a 90 % de los sólidos suspendidos).

c) **Tratamiento secundario.**- Debe de hacerse cuando las aguas residuales todavía contienen, después del tratamiento primario, más sólidos orgánicos en suspensión o solución que los que pueden ser asimilados por las aguas receptoras. El tratamiento secundario depende principalmente de los organismos aerobios, para la descomposición de sólidos orgánicos hasta transformarlos en sólidos inorgánicos o en sólidos orgánicos estables.

d) **Cloración.**- Este es un método de tratamiento complementario que puede emplearse después de los pasos anteriores.

e) **Tratamiento de los Lodos.**- Los lodos de las aguas residuales están constituidos por los sólidos que se eliminan en las unidades de tratamiento primario y secundario, además del agua que se separa de ellos. Es necesario tratarlos de alguna forma para utilizarlos. Este tratamiento tiene dos objetivos, siendo el primero, eliminar parcial o totalmente el

agua que contienen los lodos, para disminuir su volúmen en fuerte proporción y, en segundo lugar, para que se descompongan todos los sólidos orgánicos putrescibles transformándose en sólidos minerales o sólidos orgánicos relativamente estables.

### 1.3.2 DILUCION

La dilución es usualmente obtenida descargando el agua de desecho a profundidad, desde una línea de tubería a cierta distancia de la costa, o simplemente virtiendo la descarga sobre el litoral.

Con excepción de algunos casos de efluentes industriales, la densidad de los desechos es normalmente mucho menor que la del agua de mar, como en el caso de los desechos urbanos. Así, en el punto de descarga del emisor, el agua contaminada puede ascender por turbulencia y difusión mezclándose con el agua de mar. Estos procesos físicos pueden provocar que la descarga alcance la superficie; pero, en lugares donde hay una pronunciada estratificación, el agua contaminada permanece a cierta profundidad.

La dilución que alcanzan los difusores va de diez a cien veces a pocos metros del vertimiento. Esta dilución obtenida alrededor del punto de descarga se llama dilución inicial. La dilución secundaria es el resultado del movimiento en el sistema general oceanográfico de la masa de agua.

Algunas industrias, descargan grandes cantidades de minerales y por ser una carga de densidad mayor que la del agua de mar, éstas se distribuyen en el fondo marino y se mueven de acuerdo a la batimetría.

#### 1.4 ANTECEDENTES

La Cuenca Oceanográfica del Sur de California, ubicada entre Punta Concepción, California, E.U.A. y Punta Colonet, Baja California, México, se caracteriza por su gran desarrollo industrial, agrícola y de servicios, ya que en ésta zona se sitúa la mayor actividad urbana e industrial de la cuenca oeste del Continente Americano (Nishikawa, et al, 1988).

Estudios locales del sur de California y norte de Baja California, han determinado gradientes espaciales de metales pesados y pesticidas de norte a sur, en organismos bioindicadores residentes de la zona litoral (Stephenson et al, 1979; Nishikawa et al, 1984; Gutiérrez-Galindo et al, 1980, 1983, 1986; Martin et al, 1988). Altas concentraciones se detectan en Puntas e Islas, donde los eventos de surgencias se caracterizan por un movimiento ascendente del agua subsuperficial hacia la superficie (Segovia-Zavala et al, 1989).

Gran parte de los químicos encontrados al sur de la zona fronteriza, tiene su origen en la zona altamente poblada e industrializada del sur de California (Los Angeles y San Diego, E.U.A.), con aproximadamente 20 millones de habitantes (Deddeh, 1985).

SCCWRP, (1989a), menciona que actualmente el noventa por ciento de las emisiones de descargas municipales ubicadas en la región sur de California, E.U.A., están constituidas por seis grandes plantas de tratamiento de aguas negras, Oxnard, Hyperion, Joint Water Pollution Control Plant (JWPCP), County Sanitation

District Orange County (CSDOC), South East Regional Reclamation Authority (SERRA) y Point Loma, descargando al mar mediante emisores submarinos un flujo combinado de  $1,673 \times 10^9$  litros por año y una carga de 97,400 toneladas métricas por año de sólidos suspendidos.

**PUNTA LOMA:** En esa zona, trabaja una planta de tratamiento primario avanzado, utiliza substancias químicas (cloruro férrico y polímero aniónico), cuyo efecto es la floculación y sedimentación rápida.

Su capacidad es de  $757 \times 10^6$  litros por día (200 mgd), el noventa por ciento tratado es originario de la ciudad de San Diego, Calif. E.U.A., el diez por ciento restante se trata, en casos de emergencia las aguas residuales de la ciudad de Tijuana, Baja California, México (Koonopka<sup>1</sup>, com. per.).

Utilizan tanques de digestión anaerobia, ésto genera metano, del cual, se utiliza el treinta por ciento para generar electricidad (con ayuda de motores de combustión interna), para uso interno de la planta y venta a la ciudad de San Diego, el resto se quema (Koonopka<sup>1</sup>, com. pers.).

Sus desechos se descargan por medio de un emisor a la profundidad de 60 m y utiliza la barrera física de la termoclina, la cual es más marcada en invierno; estos desechos, son transportados por las corrientes subsuperficiales tanto al norte como al sur y a lo largo de las isobatas (Hendricks 1975, 1976, 1977 y Alvarez-Sánchez, et al, 1990), cuando la dirección de la corriente subsuperficial es hacia el sur y por efecto de

<sup>1</sup> Ing. Koonopka Jefe Planta Tratamiento Punta Loma, Calif.

surgencia e isla en Verano (Cushing, 1971), las aguas subsuperficiales son expuestas a la superficie alrededor de Islas Coronado.

Con respecto a México, la principal fuente de contaminación en la zona costera fronteriza son las aguas residuales de la Ciudad de Tijuana, B.C.; cuya descarga es de  $130 \times 10^6$  litros por día y una carga de 6,000 toneladas de sólidos anuales (SCCWRP, 1989b), la cuál es a cielo abierto sobre la línea de costa y a 9 km al sur de la línea fronteriza México - E.U.A.

Existen investigaciones sobre el comportamiento y variabilidad de la calidad y carga orgánica de aguas negras de Tijuana, B.C. (Sañudo-Wilhelmy, 1983; Nishikawa, *et al.*, 1984) los cuales indican un alto contenido de materia orgánica.

La distribución de contaminantes en el caso de Tijuana, B.C., es principalmente por factores físicos (corriente litoral, corriente inducida por viento, corriente de retorno y difusión), ya que presenta una zona de alta energía y expuesta al oleaje.

Durante primavera y verano, hay un sistema de alta presión sobre el Pacífico (oeste de California) y un sistema de baja presión sobre el norte de Nuevo México, Nevada y sur de California, en el suroeste de los Estados Unidos (Cushing, 1971); como el área de estudio se encuentra localizada dentro de la región oceanográfica conocida como Cuenca del Sur de California, éste cambio de presiones, genera vientos predominantes de NE, N, NW; produciendo un tren de olas en esa dirección (Judge, 1960; Marmolejo-Lara, 1985), el esfuerzo del viento genera movimientos de agua en zonas someras, la corriente litoral produce transporte

de sedimentos hacia el sur (Marmolejo-Lara, 1985; Cupul-Magaña et al., 1987), sin embargo, para verano y otoño se reportan corrientes en dirección norte (Godínez-Sandoval, 1986; Alvarez-Sánchez, 1987).

Los vientos dominantes del NW para la costa occidental de Baja California, producen el fenómeno de surgencia, el cual es un desplazamiento de agua superficial hacia mar abierto, que es reemplazada por aguas subsuperficiales más frías y densas. Este fenómeno es muy importante; por una parte, provee a la zona eufótica de gran cantidad de nutrientes, que por medio de la fotosíntesis son aprovechados por el fitoplancton, pasando por la cadena alimenticia hasta el hombre. Por otro lado, si las aguas subsuperficiales están contaminadas por los emisores de Punta Loma, Orange County, etc., estas aguas residuales afloran a la superficie, dañando el medio ambiente marino.

La mayoría de los trabajos sobre corrientes costeras, se han hecho a más de 70 km al norte y 100 km al sur de la región de Tijuana, B.C., con observaciones de varios meses (Winant, 1980, 1983; Winant y Bratkovich, 1981; Lentz y Winant, 1986). Los rasgos comunes en esas observaciones, es que se presenta un flujo subinercial (movimiento del flujo, que ocurre cuando ya no sopla el viento antes de 24 horas) dominante paralelo a las isobatas en toda la columna de agua; y una marcada variación temporal. Se observan inversiones de las corrientes en eventos cuya duración es de días.

Hernández-Walls, (1986), reportó corrientes hacia el SE frente a playas de Tijuana en marzo de 1985, con velocidad de 0.20 m/s en la superficie y 0.10 m/s a 14 m de profundidad.

Godínez-Sandoval, (1986) y Bravo-Chávez, (1989), realizaron estudios de coeficientes de difusión y dispersión frente a la descarga de aguas residuales de la ciudad de Tijuana. Encontraron que la difusión a lo largo de la costa es en un orden de magnitud mayor que la difusión perpendicular y que el flujo de la corriente superficial es paralela a las isobatas.

Alvarez-Sánchez et al, (1990), reportó que la difusión frente a la costa de Tijuana es diez veces mayor a lo largo del litoral que la difusión normal a ésta.

Godínez-Sandoval, (1986), menciona que la advección en primavera fue hacia el sur (25 cm/s) y en verano hacia el norte, aunque más débil (15 cm/s).

## JUSTIFICACION

La inadecuada captación, tratamiento y disposición de las aguas residuales de la ciudad de Tijuana en la zona costera fronteriza ha causado polémica y preocupación en E.U.A., principalmente en ecologistas, ingenieros sanitarios y legisladores, los cuales responsabilizan a México del cierre permanente de Imperial Beach ubicada a dos millas de la frontera y Silver Strant (Deddeh, 1985); así como del alto grado de contaminación en el estuario de Tijuana, el cual es considerado reserva ecológica de los Estados Unidos (Seamans, 1988).

En base a lo anterior descrito y debido a que no existen antecedentes sobre estudios bacteriológicos en la zona fronteriza México - E.U.A., se ha planteado un estudio de contaminación por bacterias en sedimentos superficiales en la zona, con la finalidad de determinar su variación espacial.

### 1.5 . OBJETIVO ESPECIFICO

Determinar la concentración de coliformes totales, coliformes fecales y esporas de Clostridium perfringens en sedimentos superficiales de la zona costera fronteriza México - E.U.A., en condiciones de verano.

## 2 . MATERIALES Y METODOS

### 2.1 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El área de estudio forma parte de la llamada Cuenca Oceanográfica del Sur de California; (Fig. 1), se localiza entre los  $32^{\circ}06'$  y  $32^{\circ}40'$  de latitud Norte y  $117^{\circ}00'$  y  $117^{\circ}20'$  de longitud Oeste. Está limitada al norte por Punta Loma, California, E.U.A., al este por playas de Tijuana y Rosarito, al sur el límite se encuentra a la altura del Río San Miguel y al oeste a 16 km de la línea de costa y profundidades de hasta 100 m. Las estaciones de muestreo se distribuyeron en la plataforma continental.

De norte a sur, la costa esta constituida morfológicamente por playas arenosas, acantilados y playas rocosas. Los primeros 26 km a partir de la entrada a la Bahía de San Diego, son playas arenosas. De La Joya hasta el Cañón de San Antonio de los Buenos, se presenta una alternancia de cantiles y playas de bolsillo y más al sur, se presentan playas arenosas rectas y tendidas con tamaño de grano fino.

Esta zona costera se caracteriza por ser abierta, expuesta al oleaje y de alta energía.

### 2.2 METODO DE MUESTREO

Se realizaron tres muestreos en sedimentos marinos, durante los cruceros oceanográficos de Estudios Costeros de Baja California (ECOBAC); se utilizaron los barcos; Alejandro de

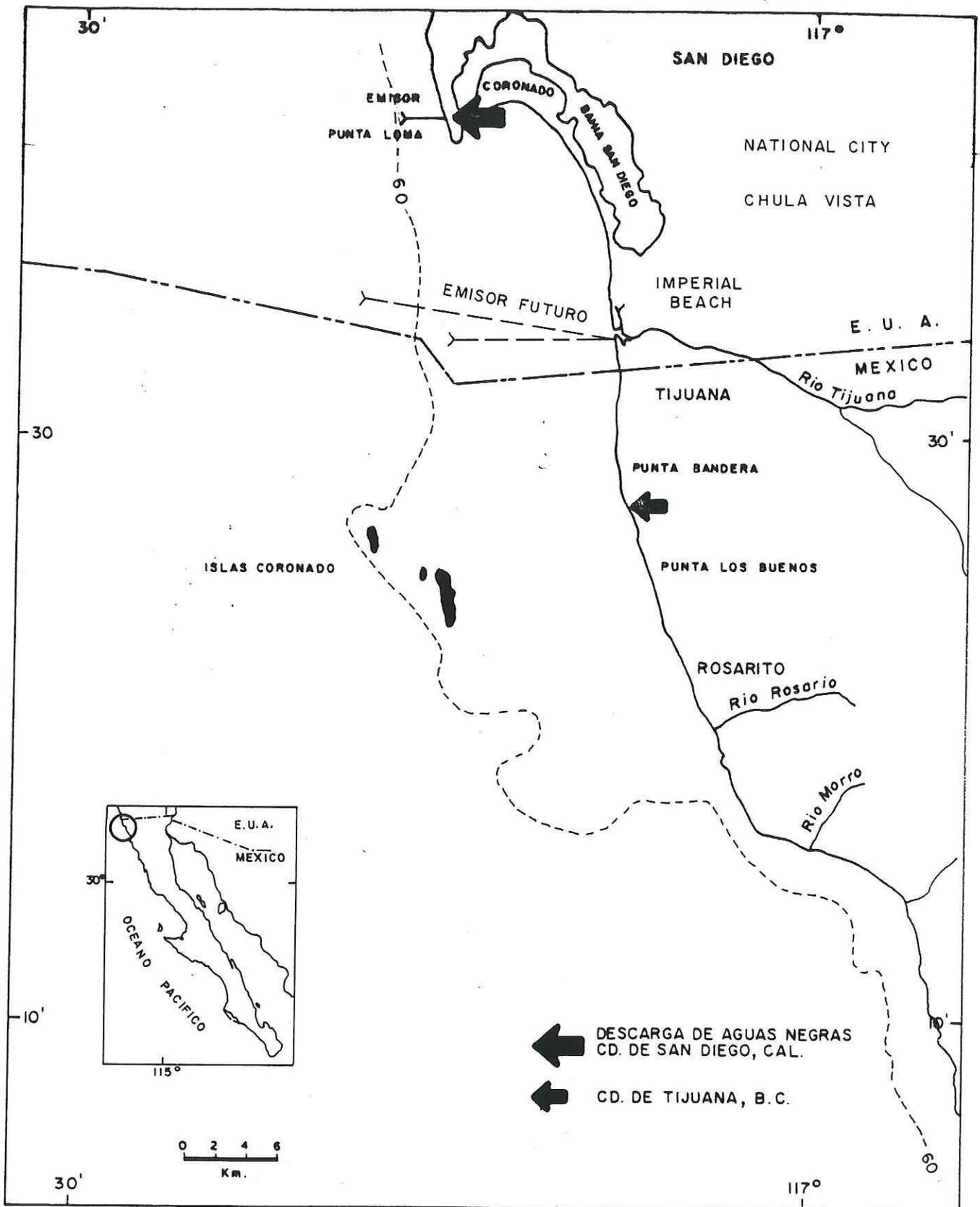


FIG. 1 - LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.

Humboldt (Secretaría de Marina), Alkaid (Secretaría de Comunicaciones y Transportes) y El Puma (U.N.A.M.), para Julio de 1988, Septiembre de 1989 y Junio de 1990 respectivamente.

Para 1988 y 1989, se muestrearon 25 estaciones en la costa mexicana, distribuidas en siete transectos perpendiculares a ésta, con variación en la profundidad de 25 a 60 m (Fig. 2). En 1990, se muestrearon 30 estaciones, 27 en la costa mexicana distribuidas en cinco transectos perpendiculares a la playa y las tres restantes (B, C, D), se ubicaron frente al emisor de aguas residuales de Punta Loma, California, E.U.A., con variación en la profundidad de 25 a 100 m (Fig. 3).

Para la colecta de muestras se empleó una draga tipo Van-Veen, cada submuestra se tomó del primer centímetro del sedimento, con ayuda de una espátula; colocándolas en frascos estériles con 50 ml de agua amortiguada de fosfato y aforada a 100 ml. Los análisis se realizaron a bordo, una vez obtenida la muestra.

#### **2.4.3 METODO DE ANALISIS DE BACTERIAS INDICADORAS**

Las bacterias indicadoras (coliformes totales y coliformes fecales), se determinaron de acuerdo a APHA (1985), mediante el Método del Número más Probable (NMP) con serie de cinco tubos y diluciones de 1, -1, -2, -3 ml. Este método se basa en la propiedad que tiene el grupo coliforme a fermentar la lactosa con formación de gas en un lapso de 24 a 48 horas de incubación a 35 grados centígrados.

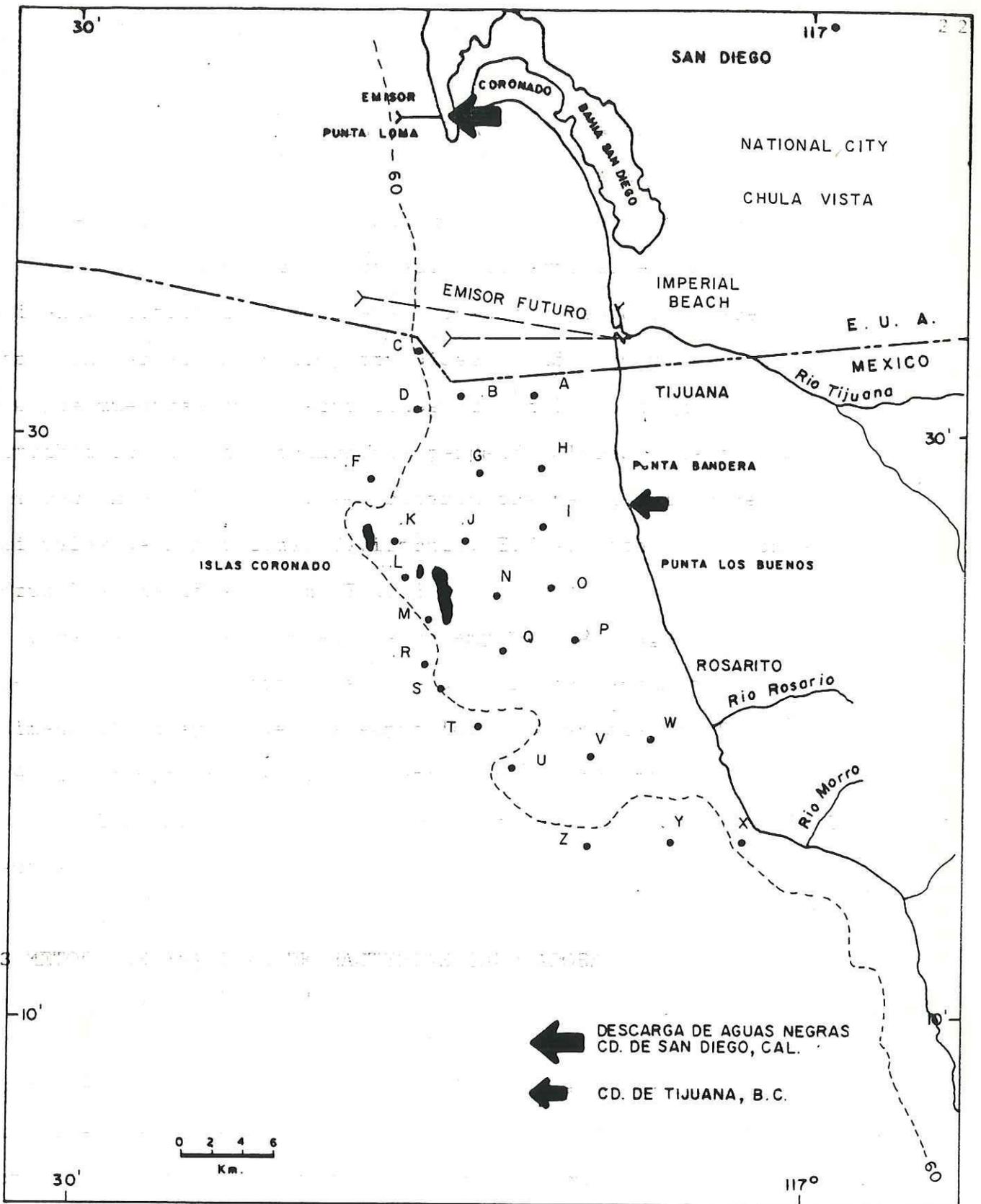


FIG.2 = DISTRIBUCION Y LOCALIZACION DE ESTACIONES DE MUESTREO, JULIO 1988 Y SEPTIEMBRE 1989.

El análisis consistió en una prueba presuntiva y una confirmativa. Para bacterias coliformes se utilizó caldo lactosado como medio presuntivo a 35 grados centígrados durante 48 horas. La confirmación se realizó con caldo verde bilis brillante al 2 % a 35 grados centígrados durante 48 horas para coliformes totales y caldo EC a 44.5 grados centígrados en baño de agua durante 24 horas para coliformes fecales.

#### 2.4 METODO DE ANALISIS DE BACTERIAS PATOGENAS

Para la determinación de esporas de C. perfringens se utilizó la técnica descrita por Guinea (1979), se empleó una porción de la muestra (0.1 ml), inoculando, en agar selectivo TSN.

#### 2.5 PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS

Los datos de materia orgánica y granulometría fueron proporcionados por el departamento de Geología del Instituto de Investigaciones Oceanológicas a cargo del Dr. José Carriquiri B.

A los valores obtenidos de bacterias coliformes y materia orgánica (materia orgánica fácilmente oxidable), se les aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (con un nivel de significancia de 0.05 % según Sokal y Rohlf, 1980), para establecer su bondad de ajuste a una distribución normal.

Los datos no se ajustaron a una distribución normal, por lo que se les aplicó las siguientes pruebas no paramétricas:

a) Análisis de Varianza de Kruskal-Wallis (con un nivel de significancia de 0.05 % según Sokal y Rohlf, 1980), con la finalidad de detectar diferencias significativas entre años.

b) Prueba U de Mann-Whitney (con un nivel de significancia de 0.05 % según Sokal y Rohlf, 1980), entre transectos perpendiculares a la costa (Tabla II, III), así como, entre los transectos paralelos a la costa (Tabla IV, V), (Fig. 4,5), con la finalidad de detectar diferencias significativas en cada año.

Nota: Los análisis de los datos se realizaron con ayuda de los paquetes estadísticos STATGRAFIC y MINITAB (Ryan et al., 1985).

TABLA II - DISTRIBUCION DE ESTACIONES DE MUESTREO  
EN SIETE TRANSECTOS PERPENDICULARES  
A LA COSTA DE B.C. PARA 1988 - 1989.

TRANSECTO	DISTRIBUCION	DISTANCIA A LA FRONTERA (Km)	ESTACION POR TRANSECTO			
			A	B	C	D
I	FRONTERA MEXICO-E.U.A.	0.2	A	B	C	D
II	PUNTA BANDERA	2.0	F	G	H	
III	DESCARGA A.N. CD. TIJUANA	11.0	I	J	K	
IV	PUNTA LOS BUENOS	15.0	M	N	O	
V	ROSARITO, B. C.	19.0	P	Q	R	S
VI	TERMOELECTRICA ROSARITO	23.0	T	U	V	W
VII	PUNTA DESCANSO	30.0	X	Y	Z	

TABLA III - DISTRIBUCION DE ESTACIONES DE MUESTREO  
EN TRES TRANSECTOS PARALELOS A LA  
COSTA DE B.C. PARA 1988 - 1989.

TRANSECTO	DISTANCIA A LA COSTA (Km)	ESTACIONES POR TRANSECTOS										
		A	H	I	O	P	W					
I	5.0	A	H	I	O	P	W					
II	10.0	B	G	J	N	Q	V	Y				
III	15.0	C	D	F	K	L	M	R	S	T	U	Z

TABLA IV - DISTRIBUCION DE ESTACIONES DE MUESTREO  
EN CINCO TRANSECTOS PERPENDICULARES  
A LA COSTA DE B.C. PARA 1990.

TRANSECTO	DESCRIPCION	DISTANCIA A LA FRONTERA (Km)	ESTACIONES POR TRANSECTOS						
			38	37	36	35	34	33	
I	FRONTERA MEXICO-E.U.A.	0.0	38	37	36	35	34	33	
II	DESCARGA A.N. CD TIJUANA	10.0	25	26	27	28	29	30	
III	TERMoeLECTRICA ROSARITO	18.0	24	23	22	21	20	19	
IV	PUNTA DESCANSO	32.0	12	13	14	15	16	-	
V	LA MISION	47.0	-	10	9	8	7	-	

- sin muestrear

TABLA V - DISTRIBUCION DE ESTACIONES DE MUESTREO  
EN CUATRO TRANSECTOS PARALELOS A LA  
COSTA DE B.C. PARA 1990.

TRANSECTO	DISTANCIA A LA COSTA (Km)	ESTACIONES POR TRANSECTOS							
		38	25	24	12	11			
I	5.0	38	25	24	12	11			
II	11.0	37	26	23	13	10			
III	18.0	36	27	22	14	9			
	24.0	35	28	21	15	8	*	*	*
IV	*	B	C						
	*	D							

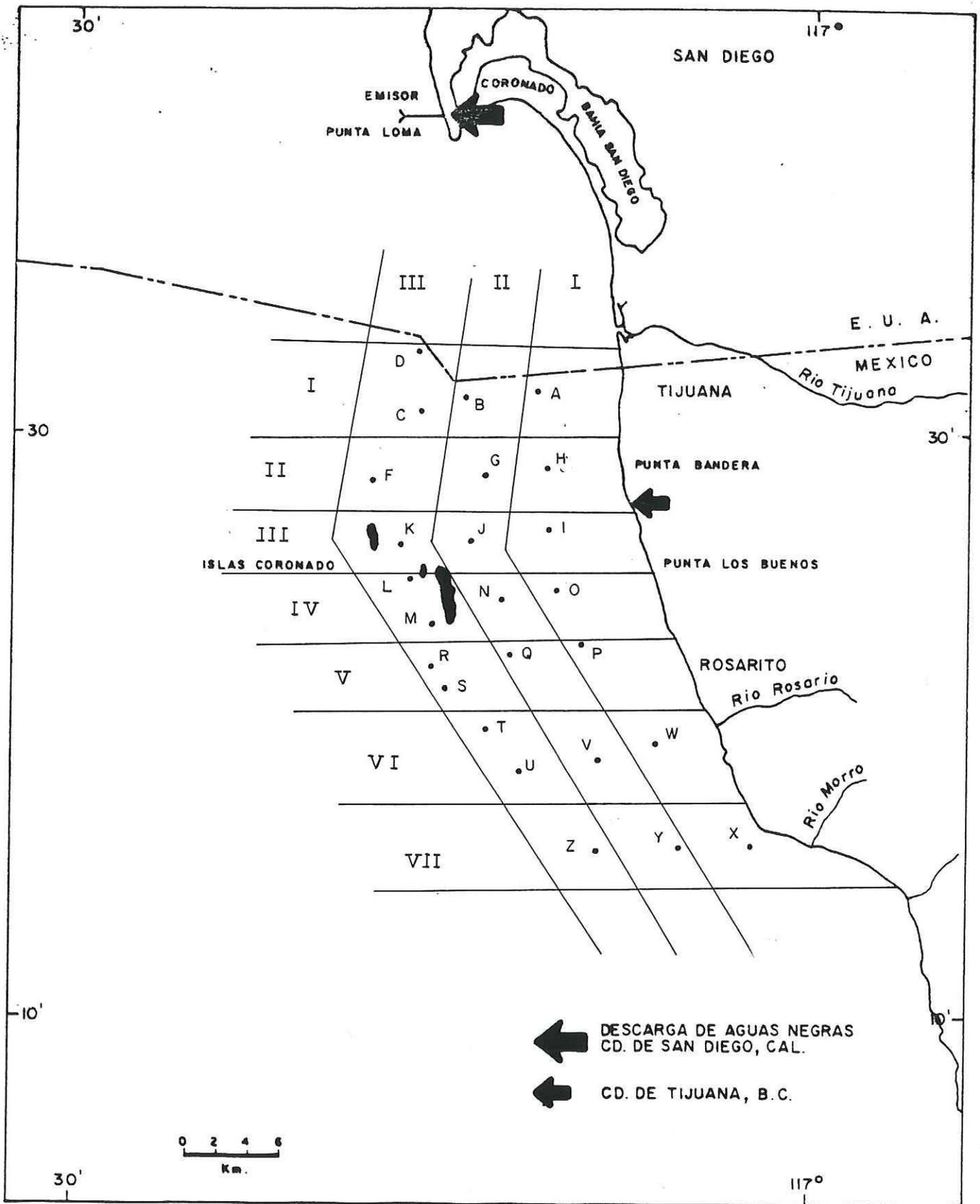


FIG. 4 - TRANSECTOS PERPENDICULARES Y PARALELOS A LA COSTA PARA 1988 Y 1989.

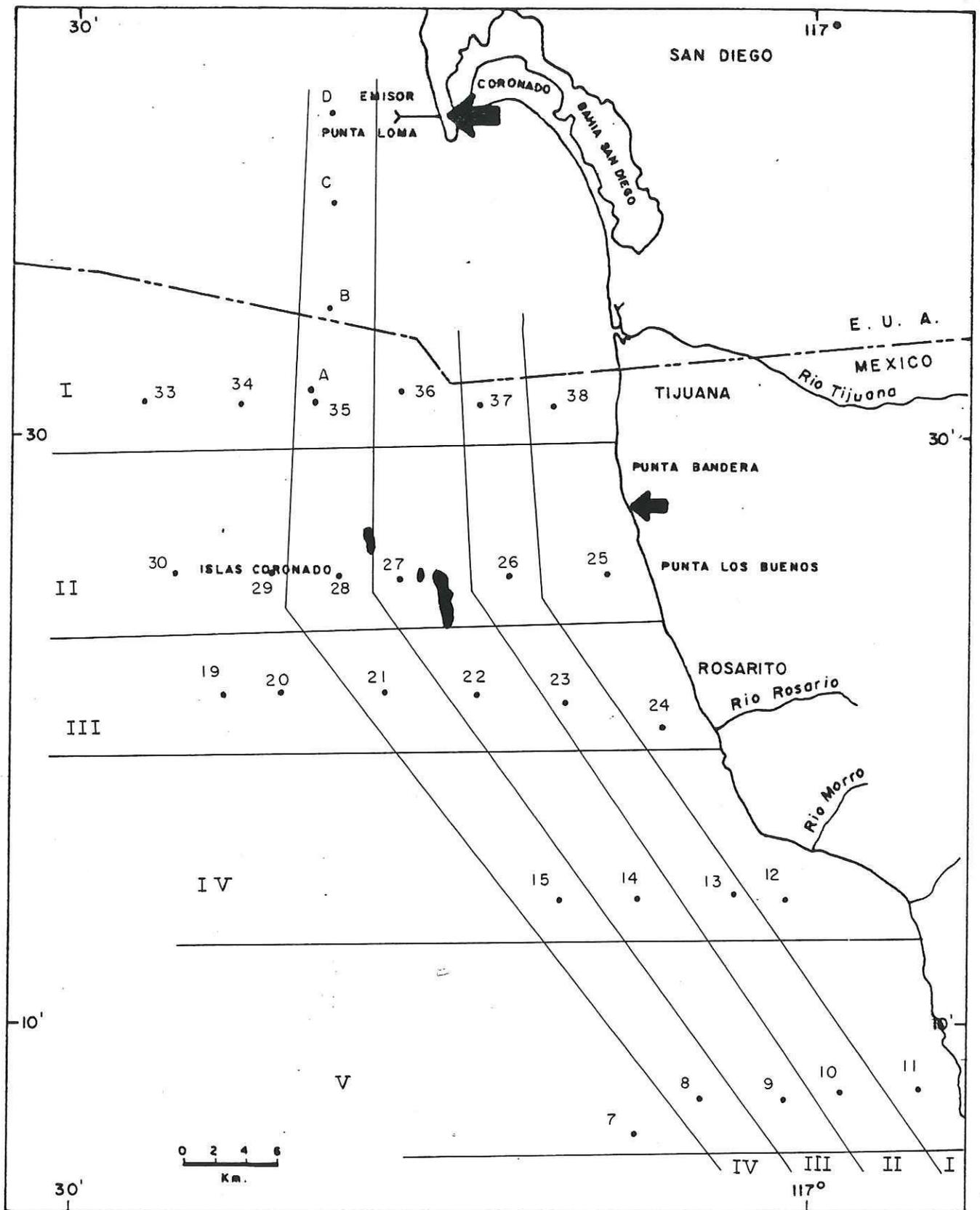


FIG. 5 - TRANSECTOS PERPENDICULARES Y PARALELOS A LA COSTA PARA 1990.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Descripción anual:

Las concentraciones promedio de bacterias coliformes, porcentaje de materia orgánica y patógenos en sedimentos se observan en la Tabla VI, valores máximos de bacterias coliformes totales, coliformes fecales y porcentaje de materia orgánica se presentaron en 1990, con valores de 18,614 NMP/100gr, 1,312 NMP/100gr y 1.066 % (M.O) respectivamente; fué el único año en que se detectó la presencia de esporas de C. perfringens en la estación D (E.U.A.) y estación 27, cerca de Islas Coronado, México (Tabla VII), los valores de bacterias coliformes son dos órdenes de magnitud mayores que los obtenidos en 1988 y 1989.

El comportamiento de bacterias coliformes y materia orgánica para 1988 y 1989, fueron similares, las concentraciones mayores se presentaron cerca de Islas Coronado y estación J, con la única diferencia de que para 1989, existió una disminución de coliformes fecales en la estación J (Fig. 6-11).

En las figuras 12-14 se observa la distribución de bacterias coliformes y materia orgánica en sedimento para 1990, en general, se presentan concentraciones mayores frente a Punta Loma, Calif. y alrededor de Islas Coronado con una influencia hacia Punta Descanso, también se presentaron altas concentraciones frente a la descarga de Tijuana.

**TABLA VI - CONCENTRACION PROMEDIO DE BACTERIAS COLIFORMES  
 ( NMP/ 100 gr ), PORCENTAJE PROMEDIO DE MATERIA  
 ORGANICA Y PATOGENOS EN SEDIMENTOS MARINOS PARA  
 LA ZONA FRONTERIZA MEXICO - E.U.A. DE 1988 A 1990.**

AÑO	COLIFORMES TOTALES			COLIFORMES FECALES			MATERIA ORGANICA			PATOGENOS Clostridium perfringens
	N	X	INTERVALO	N	X	INTERVALO	N	X	INTERVALO	
1988	23	68	20 490	23	30	20 230	19	0.556	0.079 1.938	AUSENCIA
1989	19	147	20 460	19	72	20 220	19	0.264	0.040 0.064	AUSENCIA
1990	15	18614	490 92000	15	1312	68 7800	20	1.066	0.151 3.642	PRESENCIA

INTERVALO  
 MINIMA 68  
 MAXIMA 7800

TABLA VI - PRESENCIA DE Clostridiom perfringens  
EN SEDIMENTOS PARA JUNIO 1990.

ESTACION	PRESENCIA	AUSENCIA
7		*
8		*
9		*
10		*
12		*
13		*
14		*
15		*
16		*
19		*
20		*
21		*
22		*
23		*
24		*

ESTACION	PRESENCIA	AUSENCIA
25		*
26		*
27	*	
28		*
29		*
30		*
33		*
34		*
35 o "A"		*
36		*
37		*
38		*
B		*
C		*
D	*	

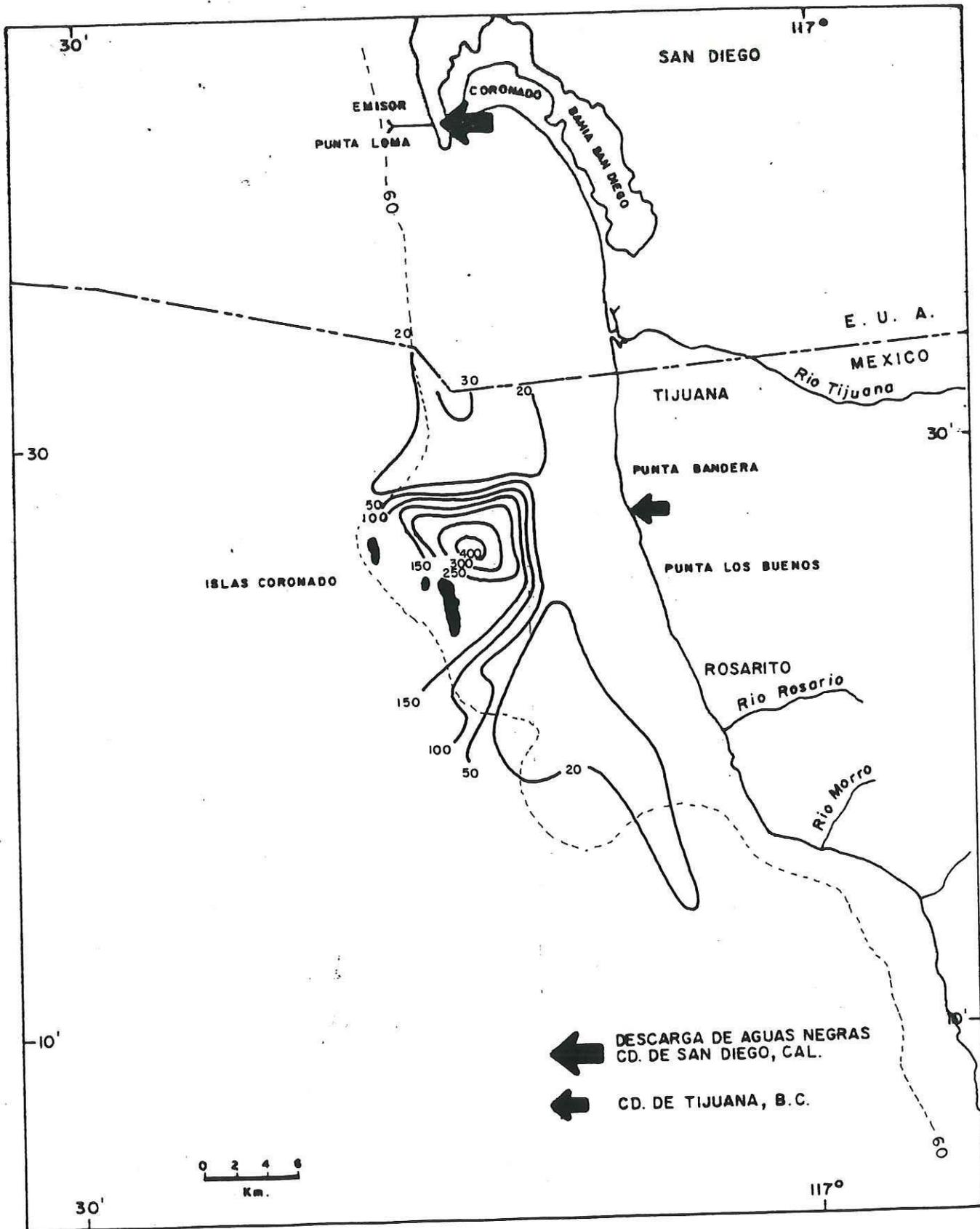


FIG. 6 - DISTRIBUCION DE COLIFORMES TOTALES EN SEDIMENTOS PARA JULIO 1988 ( NMP / 100 gr ).

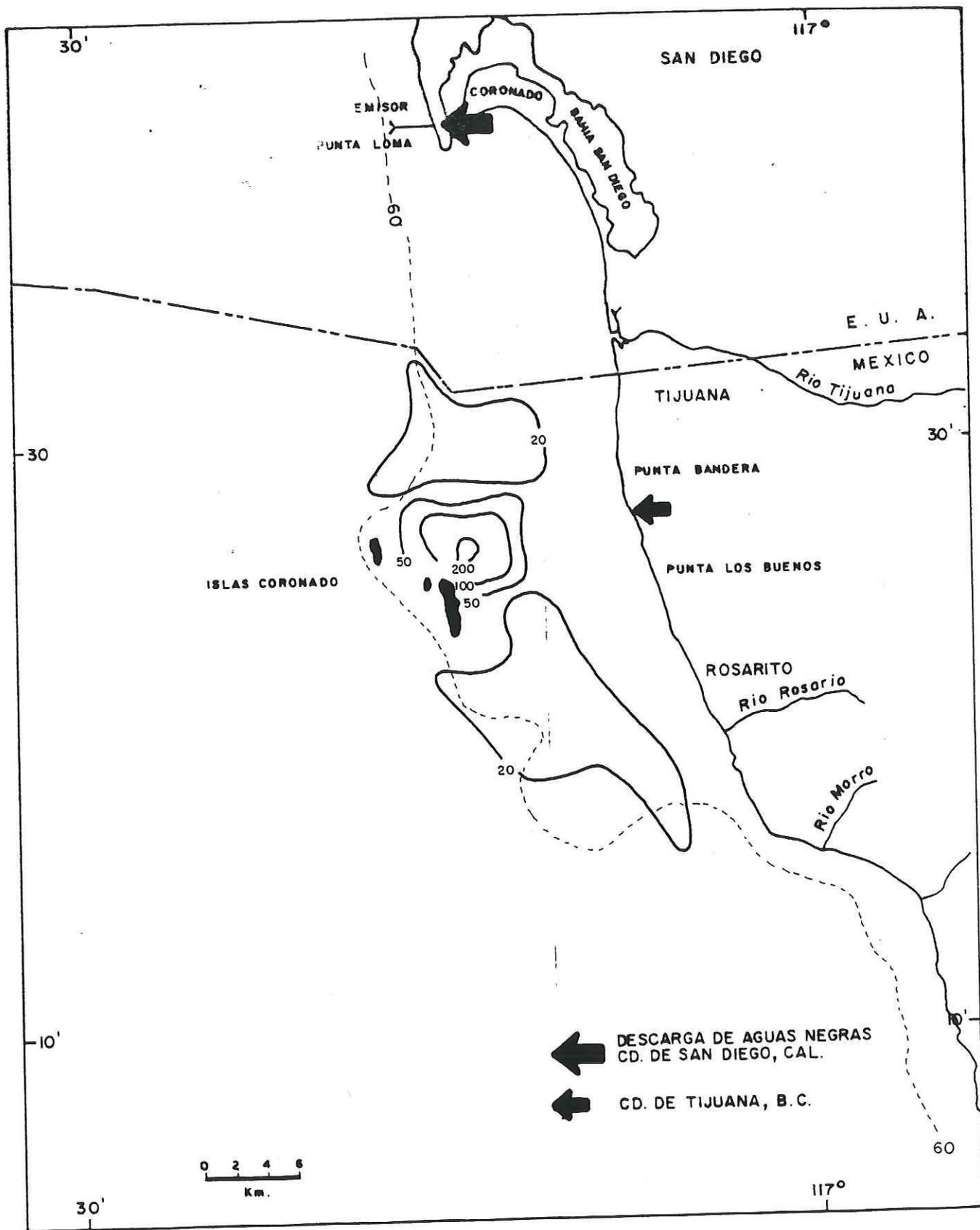


FIG. 7 - DISTRIBUCION DE COLIFORMES FECALES EN SEDIMENTOS PARA JULIO 1988 ( NMP / 100 gr ).

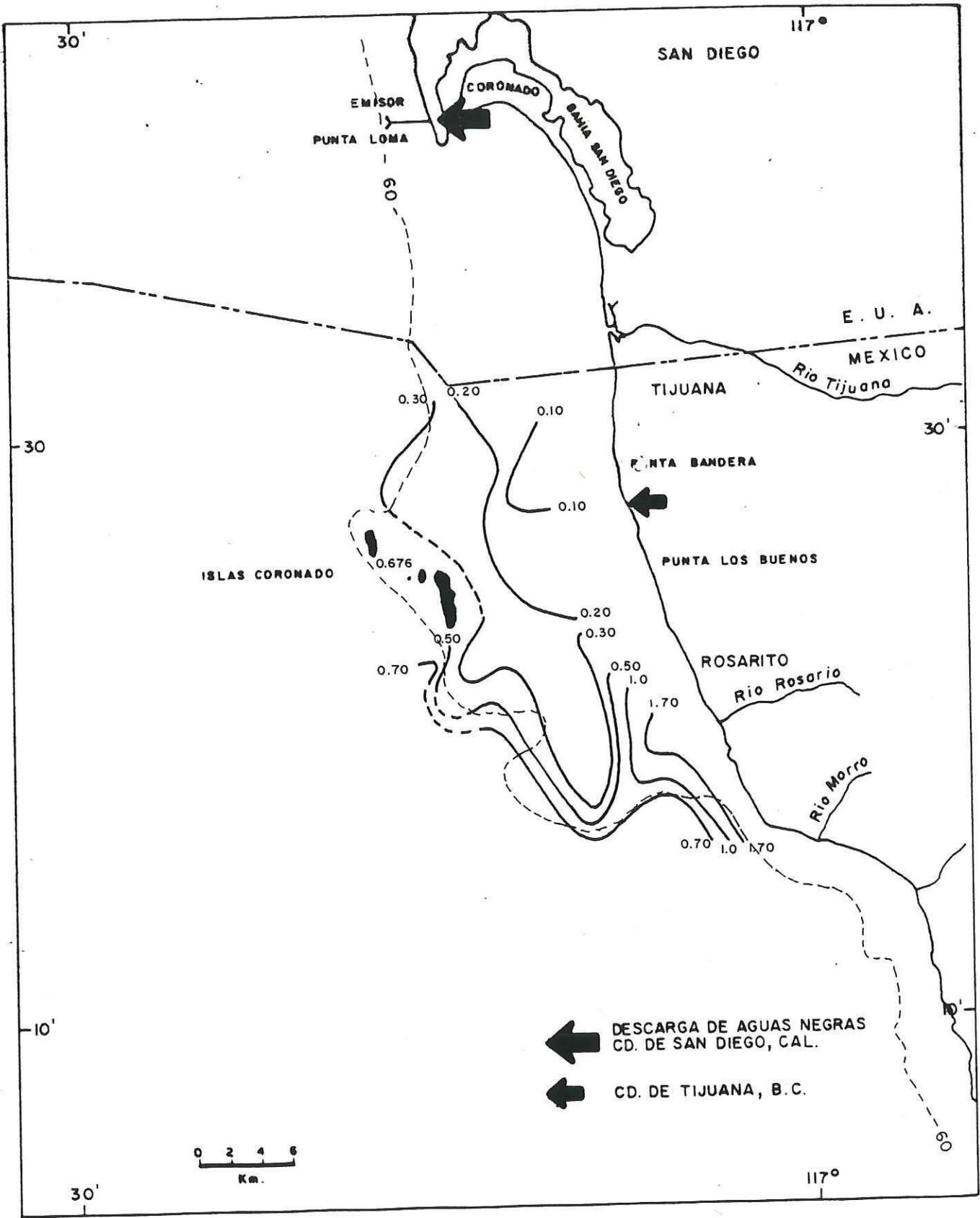


FIG. 8 - DISTRIBUCION DE MATERIA ORGANICA EN SEDIMENTOS PARA JULIO 1988 (%).

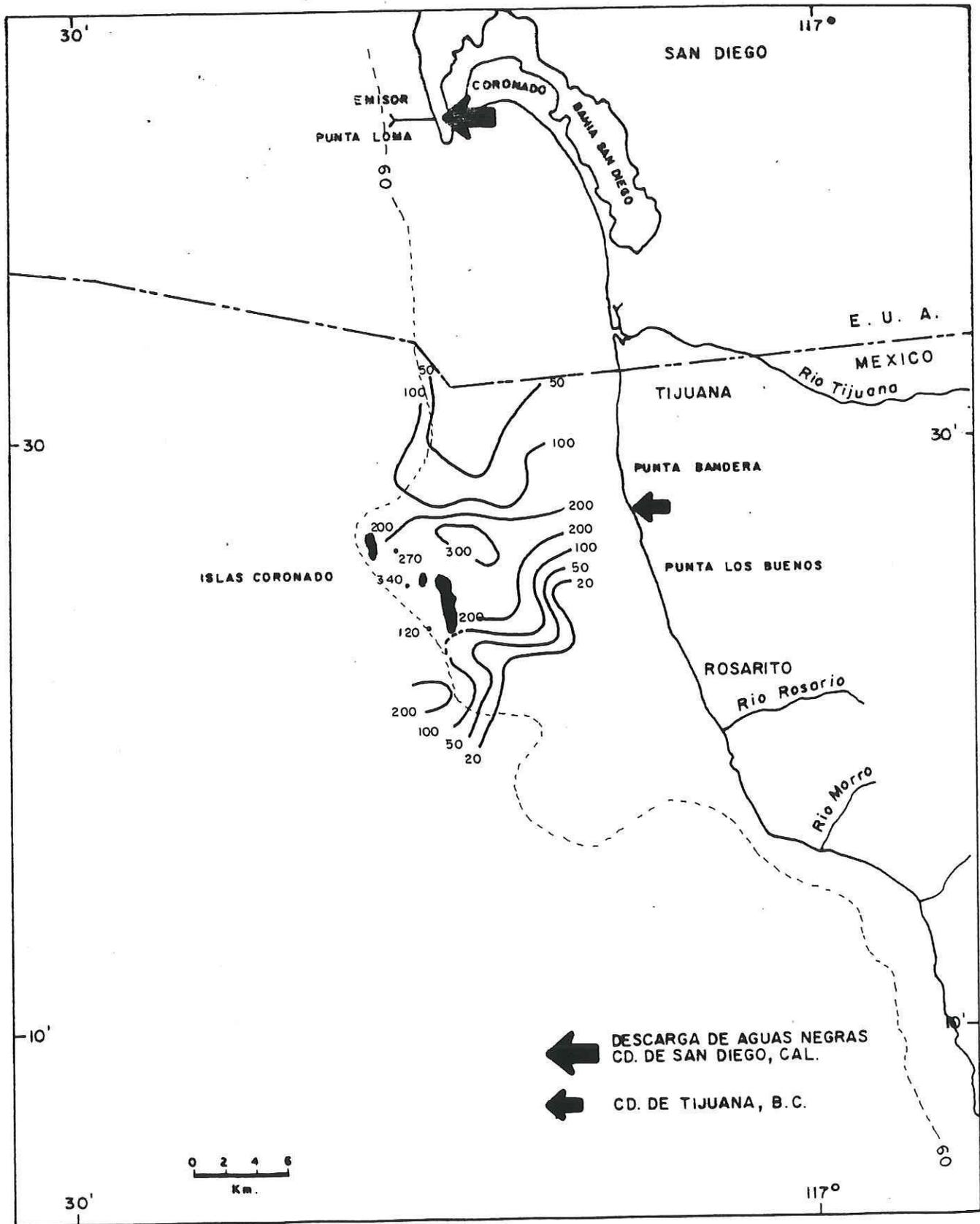


FIG. 9 - DISTRIBUCION DE COLIFORMES TOTALES EN SEDIMENTO PARA SEPTIEMBRE 1989 (NMP/ 100 gr).

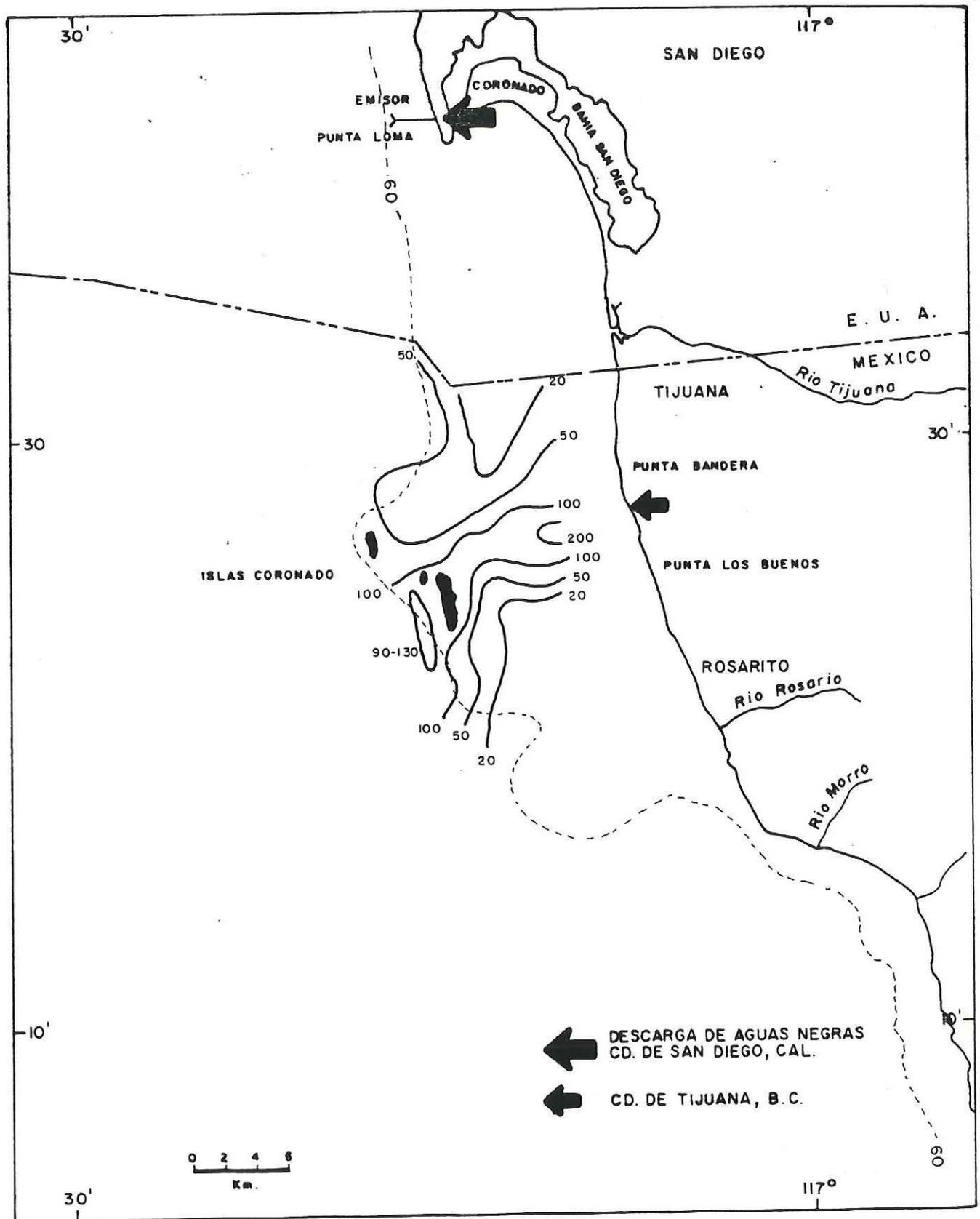


FIG. 10 - DISTRIBUCION DE COLIFORMES FECALES EN SEDIMENTO PARA SEPTIEMBRE 1989 (NMP/100 gr).

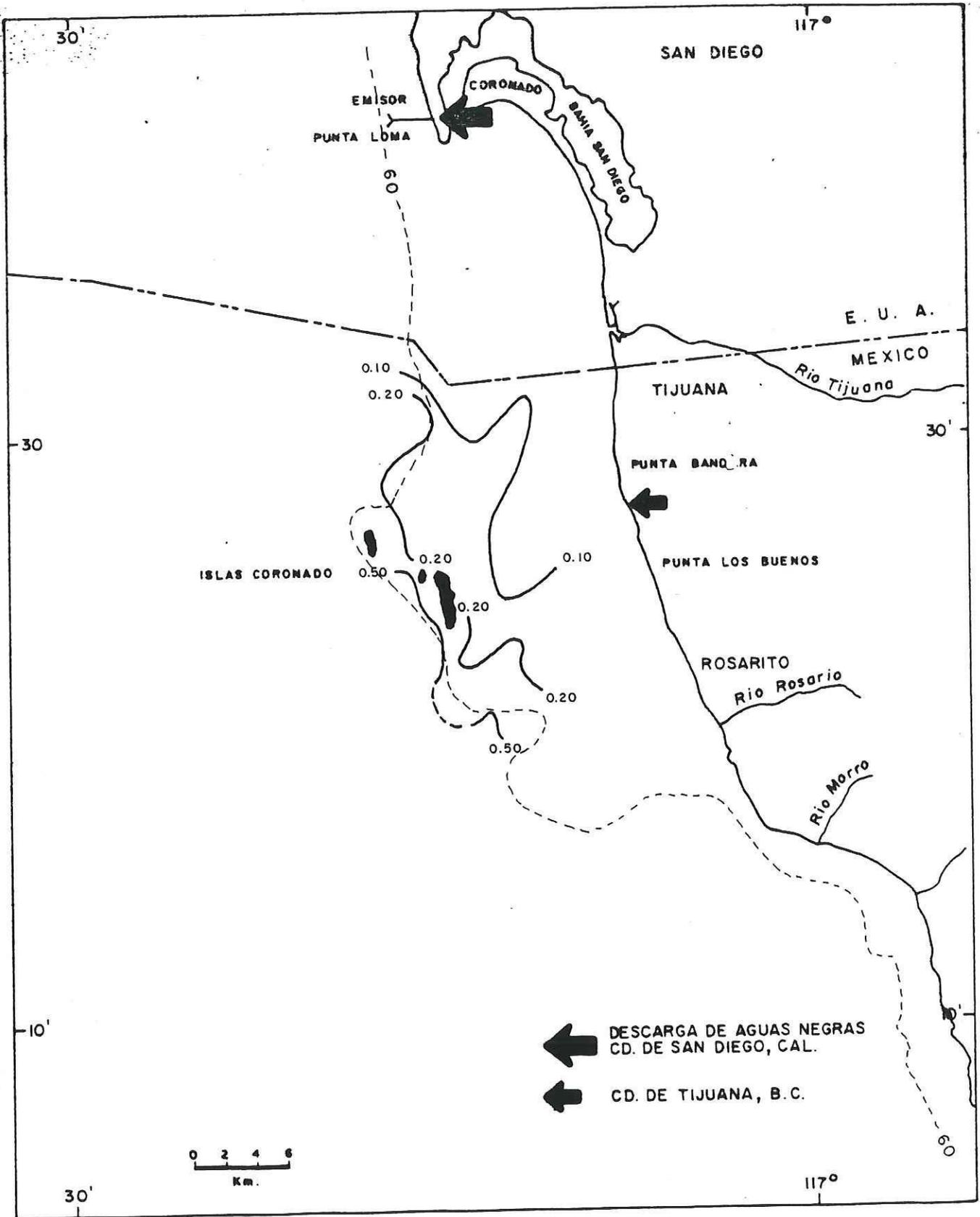


FIG.11 - DISTRIBUCION DE MATERIA ORGANICA EN SEDIMENTO PARA SEPTIEMBRE 1989 (%).

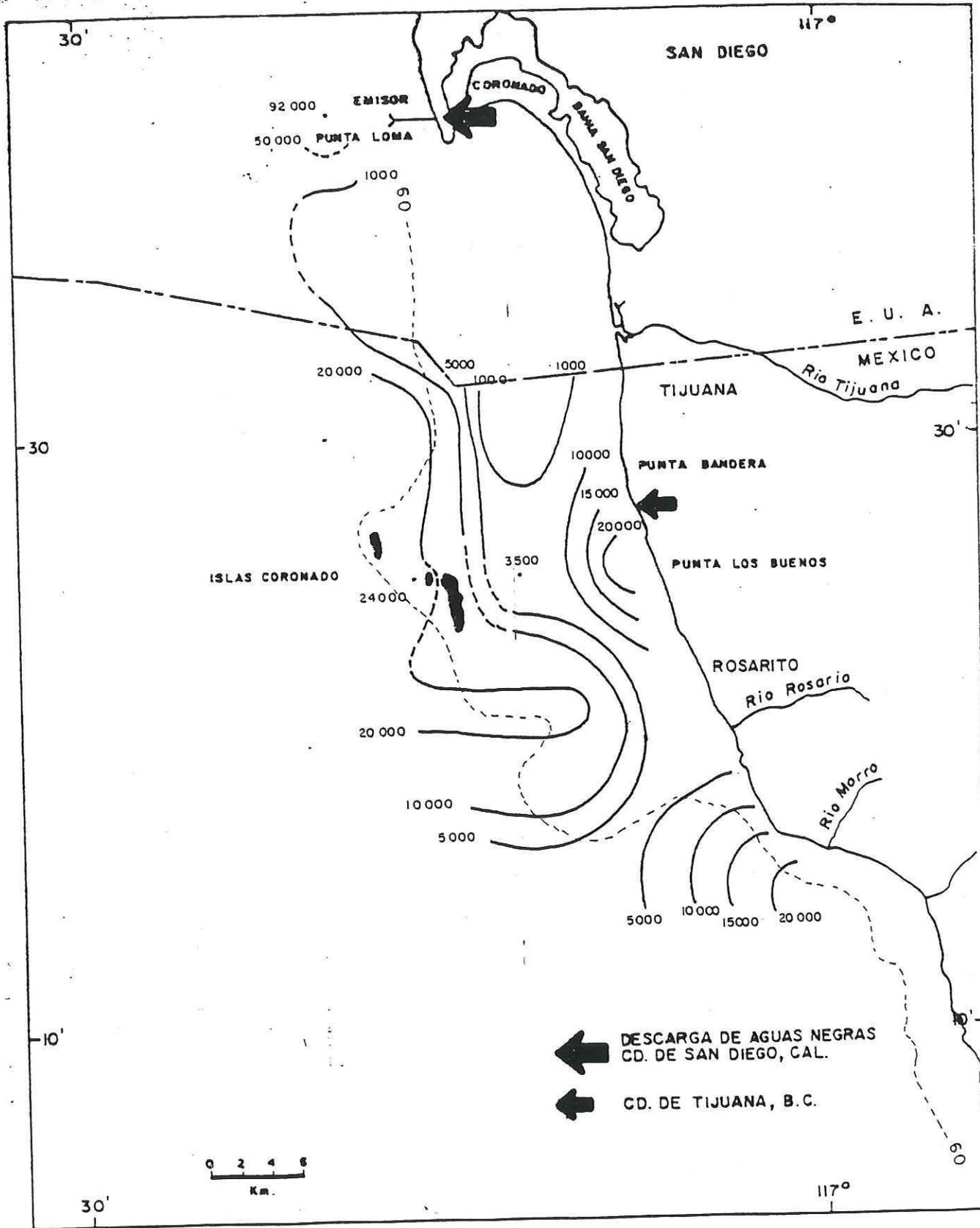


FIG.12 - DISTRIBUCION DE COLIFORMES TOTALES EN SEDIMENTOS PARA JUNIO, 1990 ( NMP/ 100 gr ).

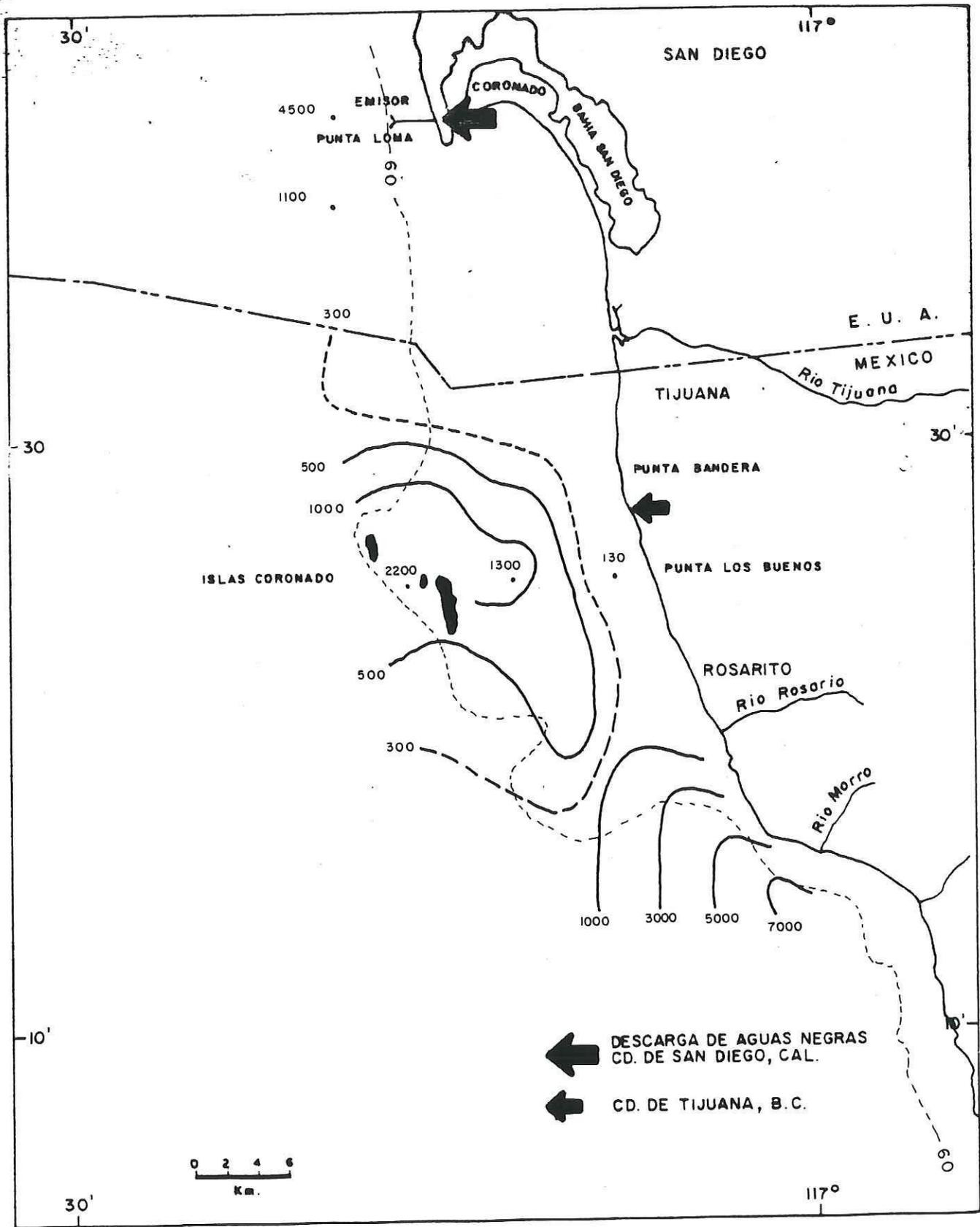


FIG.13 - DISTRIBUCION DE COLIFORMES FECALES EN SEDIMENTOS PARA JUNIO 1990 ( NMP / 100 gr ).

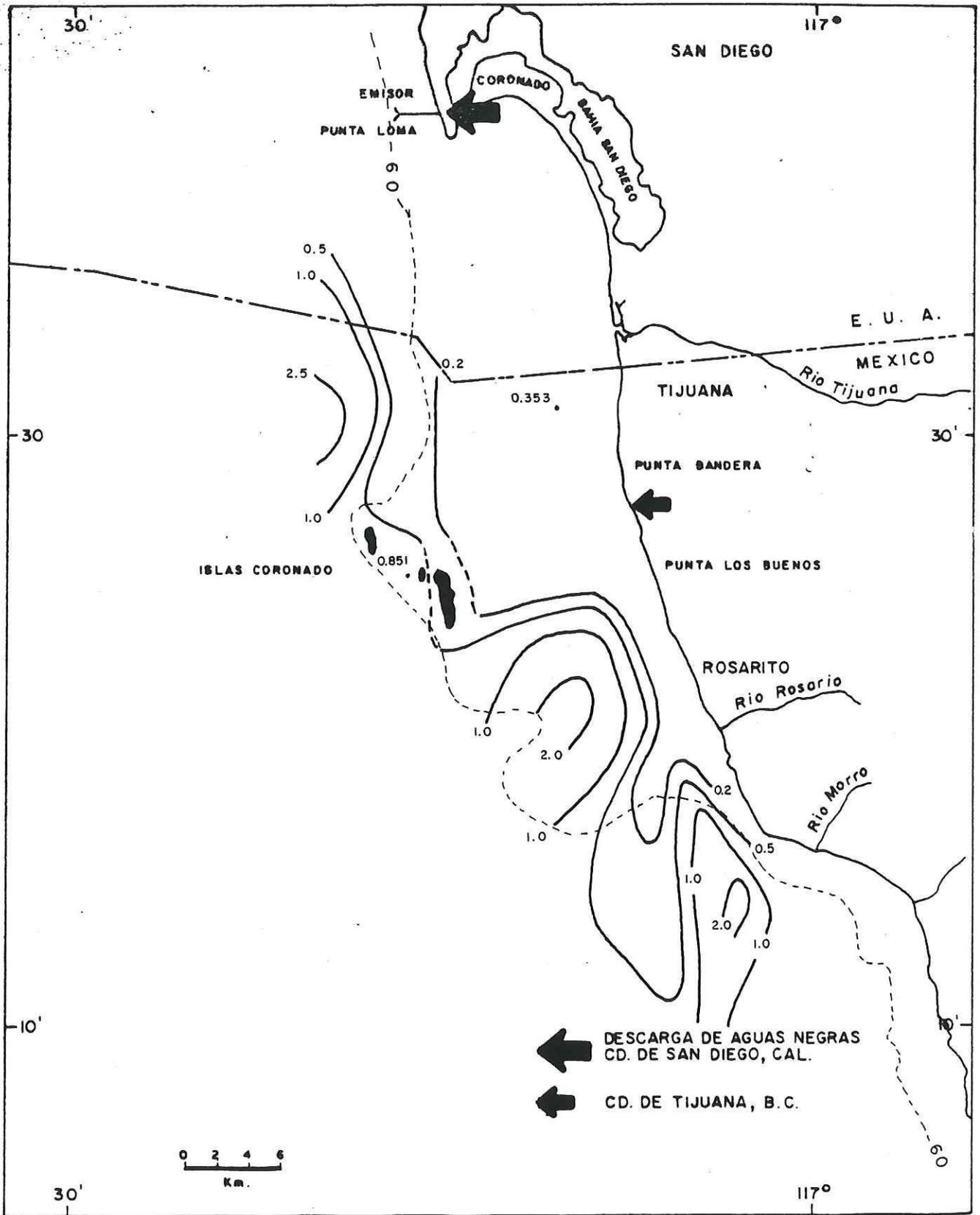


FIG. 14 - DISTRIBUCION DE MATERIA ORGANICA EN SEDIMENTOS PARA JUNIO 1990 (%).

Las concentraciones mínimas de bacterias coliformes se encontraron en 1988, con valores promedio de 68 CT NMP/100gr y 30 CF NMP/100gr; el menor porcentaje de materia orgánica se presentó en 1989 con 0.264 % (M.O). (Tabla VI).

Las pruebas estadísticas no paramétricas de Kruskal-Wallis y Mann-Whitney mostraron diferencias significativas entre los años de muestreo (Tabla VIII y IX).

### 3.2 Descripción anual por transectos perpendiculares:

Los valores promedio por transectos perpendiculares a la costa mostraron los valores máximos de 216 CT NMP/100gr; 98 CF NMP/100gr y 317 CT NMP/100gr, 133 CF NMP/100gr para 1988 y 1989 respectivamente (Tabla X) en el transecto III que incluye a Islas Coronado y estación J. Con respecto a la materia orgánica para 1988, el porcentaje mayor fue de 1.107 % M.O. (Tabla X), se presentó frente a Punta Descanso (Transecto VII). Para 1989, no se muestreó éste transecto, pero el valor máximo de materia orgánica fue de 0.569 % M.O (Tabla X) y se obtuvo en el transecto VI, ubicado a 8.75 km al norte del transecto VII.

El análisis estadístico de Mann-Whitney por transectos perpendiculares a la costa entre los años 1988 y 1989, no mostró diferencias significativas (Tabla XI, Anexos 1-5).

Los valores promedio por transectos perpendiculares a la costa para 1990, mostraron mayores concentraciones de bacterias coliformes totales (17,167 CT NMP/100gr) en los transectos II y III (Tabla X), que incluyen las Islas Coronado y la Termoeléctrica de Rosarito, B.C., respectivamente. Para

TABLA VIII - PRUEBA NO PARAMETRICA DE Kruskal-Wallis  
(95 %) ENTRE AÑOS (1988 - 1989 - 1990).

AÑO	COLIFORME TOTAL		COLIFORME FECAL		MATERIA ORGANICA	
	N	S / N.S.	N	S / N.S.	N	S / N.S.
1988	23	S	23	S	19	S
1989	19		19		19	
1990	15		15		20	

S = Significativo  
NS = No Significativo

TABLA IX - PRUEBA NO PARAMETRICA DE Mann-Whitney  
(95 %) ENTRE AÑOS (1988 - 1989 - 1990).

AÑOS	COLIFORME TOTAL		COLIFORME FECAL		MATERIA ORGANICA	
	N	S / N.S.	N	S / N.S.	N	S / N.S.
88 - 89	23 - 19	S	23 - 19	S	19 - 19	S
88 - 90	23 - 15	S	23 - 15	S	19 - 20	S
89 - 90	19 - 15	S	19 - 15	S	19 - 20	S

S = Significativo  
NS = No Significativo

TABLA X - CONCENTRACION PROMEDIO POR TRANSECTOS PERPENDICULARES A LA COSTA DE BACTERIAS COLIFORMES (NMP/100 gr), PORCENTAJE PROMEDIO DE MATERIA ORGANICA EN SEDIMENTOS MARINOS PARA LA ZONA FRONTERIZA MEXICO-E.U.A. DE 1988, 1989, 1990.

TRANSECTOS	COLIFORMES TOTALES									COLIFORMES FECALES									MATERIA ORGANICA								
	1988			1989			1990			1988			1989			1990			1988			1989			1990		
	N	$\bar{X}$	INTERVALO	N	$\bar{X}$	INTERVALO	N	$\bar{X}$	INTERVALO	N	$\bar{X}$	INTERVALO	N	$\bar{X}$	INTERVALO	N	$\bar{X}$	INTERVALO	N	$\bar{X}$	INTERVALO	N	$\bar{X}$	INTERVALO	N	$\bar{X}$	INTERVALO
I	4	25	20 40	4	65	20 110	4	10,353	490 24,000	4	20	20 20	4	50	20 110	4	180	68 330	2	0.295	0.191 0.399	4	0.142	0.040 0.329	4	1.131	0.168 3.642
II	3	20	20 20	3	107	50 140	3	17,167	3500 24,000	3	20	20 20	3	50	20 80	3	1210	130 2200	3	0.218	0.079 0.315	3	0.124	0.040 0.223	4	0.530	0.151 0.934
III	3	216	37 490	3	317	220 460	3	17,167	3500 24,000	3	98	20 230	3	133	50 220	3	497	210 790	2	0.228	0.167 0.289	3	0.166	0.089 0.233	3	1.225	0.181 2.544
IV	3	70	20 170	3	137	20 270	2	13,200	2400 24000	3	20	20 20	3	43	20 90	2	3955	110 7800	1	0.203	0.203 0.203	3	0.325	0.111 0.690	4	1.127	0.421 2.404
V	4	94	20 220	4	124	20 260	-	-	-	4	20	20 20	4	73	20 130	-	-	-	4	0.417	0.105 0.490	4	0.354	0.121 0.653	2	1.855	1.563 2.147
VI	4	20	20 20	1	20	20 20	-	-	-	4	20	20 20	1	20	20 20	-	-	-	3	1.003	0.253 1.907	1	0.569	0.569 0.569	-	-	-
VII	1	20	20 20	-	-	-	-	-	-	1	20	20 20	-	-	-	-	-	-	3	1.107	0.666 1.938	-	-	-	-	-	-

INTERVALO

MINIMA 0.191  
 MAXIMA 0.399

TABLA XI - PRUEBA NO PARAMETRICA DE Mann-Whitney  
( 95 % ) ENTRE TRANSECTOS PERPENDICULARES  
A LA COSTA DE 1988 - 1989 .

TRANSECTOS 88 - 89	COLIFORMES TOTALES	COLIFORMES FECALES	MATERIA ORGANICA
I I'	N. S.	—	N. S.
II II'	—	—	N. S.
III III'	N. S.	N. S.	N. S.
IV IV'	—	—	—
V V'	—	—	N. S.
VI VI'	—	—	—
VII VII'	—	—	—

S = Significativo  
NS = No Significativo

coliformes fecales su mayor concentración (3,955 CF NMP/100gr) se presentó frente a Punta Descanso (Transecto IV, Tabla X). El porcentaje mayor de materia orgánica fue de 1.855 % M.O (Tabla X) frente a La Misión, B.C. (Transecto V). El análisis estadístico de Mann-Whitney no mostró diferencias significativas entre los transectos (Anexos 6-8).

### 3.3 Descripción anual por transectos paralelos:

Los valores promedio por transectos paralelos a la costa para 1988 y 1989, mostraron mayores concentraciones de bacterias coliformes en los transectos II y III, con 111 CT NMP/100gr; 50 CF NMP/100gr y 171 CT NMP/100gr; 88 CF NMP /100gr respectivamente (Tabla XII).

El análisis estadístico de Mann-Whitney entre transectos paralelos a la costa para 1988 y 1989 mostró diferencias significativas en el transecto III (Tabla XIII) para coliformes totales y fecales. Sin embargo, no existen diferencias significativas entre transectos para un mismo año (Anexo 9-11).

Con respecto a la materia orgánica en 1988 el mayor porcentaje (0.764 % M.O.) se presentó en el transecto I (Tabla XII), la prueba no paramétrica de Mann-Whitney mostró diferencias significativas entre transectos (Anexo 12); en 1989 el valor máximo fue de 0.408 % M.O. en el transecto III. El análisis estadístico no paramétrico de Mann-Whitney no mostró diferencias significativas entre los transectos (Anexo 13).

TABLA XIII: CONCENTRACION PROMEDIO POR TRANSECTOS PARALELOS A LA  
 COSTA DE BACTERIAS COLIFORMES (NMP/100 gr), PORCENTAJE  
 PROMEDIO DE MATERIA ORGANICA EN SEDIMENTOS MARINOS PARA  
 LA ZONA FRONTERIZA MEXICO - U.S.A. DE 1988, 1989, 1990.

	COLIFORMES TOTALES						COLIFORMES FECALES						MATERIA ORGANICA														
	1988		1989		1990		1988		1989		1990		1988		1989		1990										
	N	$\bar{X}$	INTERVALO	N	$\bar{X}$	INTERVALO	N	$\bar{X}$	INTERVALO	N	$\bar{X}$	INTERVALO	N	$\bar{X}$	INTERVALO	N	$\bar{X}$	INTERVALO									
I	6	23	20 37	5	88	20 220	4	13105	920 24000	6	20	20	5	72	20 220	4	2063	110 7800	6	0.764	0.079 1.938	5	0.109	0.040 0.175	5	0.749	0.151 2.147
II	7	111	20 490	5	164	20 460	3	9330	490 24000	7	20	20	5	42	20 130	3	719	68 1300	6	0.296	0.105 0.666	5	0.161	0.080 0.328	4	1.325	0.168 2.544
III	10	65	20 220	9	171	20 340	2	24000	24000 24000	10	20	20	9	88	20 170	2	1205	210 2200	6	0.703	0.315 0.849	9	0.408	0.040 0.690	3	0.544	0.361 0.851
IV	-	-	-	-	-	-	6	25133	2400 96000	-	-	-	-	-	-	6	1143	110 4500	-	-	-	-	-	-	8	1.329	0.443 3.642

INTERVALO

MINIMA 920

MAXIMA 24000

TABLA XIII - PRUEBA NO PARAMETRICA DE Mann-Whitney  
( 95 % ) ENTRE TRANSECTOS PARALELOS  
A LA COSTA .

TRANSECTOS 88 - 89	COLIFORMES TOTALES	COLIFORMES FECALES	MATERIA ORGANICA
I I'	N. S.	—	N. S.
II II'	N. S.	N. S.	N. S.
III III'	S.	S.	N. S.

S = Significativo  
NS = No Significativo

Los valores promedio por transectos paralelos a la costa para 1990, mostraron concentraciones mayores de bacterias coliformes en el transecto IV, con 25,133 CT NMP/100gr y en el transecto I con 2,063 CF NMP/100gr (Tabla XII). El análisis estadístico de Mann-Whitney no mostró diferencias significativas entre los transectos (Anexos 14-15).

Con respecto a la materia orgánica, el mayor porcentaje se presentó en el transecto IV con 1.329 % M.O. (Tabla XII). De acuerdo al análisis estadístico de Mann-Whitney se presentaron diferencias significativas entre los transectos (Anexo 16).

#### 4. DISCUSION

La variación en las concentraciones de bacterias coliformes en los años de muestreo, se deben a las características del sedimento (porcentaje de materia orgánica y tamaño de grano), su comportamiento (movimiento de las corrientes) y a la batimetría. Las mayores concentraciones de bacterias coliformes en 1990 concuerdan con el mayor porcentaje de materia orgánica, asociado con tamaño de grano fino (limo y arcilla). Estas concentraciones se ven incrementadas por la influencia de factores externos, tales como efluentes de aguas residuales (químicos antropogénicos como clorinados orgánicos y metales) que se derivan de descargas industriales y/o urbanas y a los niveles naturales en los sedimentos.

El contenido de carbón orgánico del sedimento, se caracteriza por su gran variabilidad, en espacio y tiempo (San Diego Marine Consultants, 1959), al igual que el número de bacterias.

En este estudio se observó que las mayores concentraciones de bacterias indicadoras en los sedimentos marinos superficiales se encuentran en las estaciones ubicadas frente al emisor Punta Loma, Calif. y alrededor de Islas Coronado, presentando un gradiente de disminución hacia la línea de costa. Los factores que controlan esta distribución son: el contenido de la materia orgánica y el porcentaje de la fracción fina del sedimento. Una distribución similar de metales traza obtuvieron Gutiérrez-Galindo et al. (1990) en la misma zona de estudio.

San Diego Marine Consultants (1959), encontraron que los porcentajes mayores de materia orgánica se localizan fuera de la costa (2.83 % M.O. a 9.6 km de Punta Loma). En general las zonas alejadas de la costa son de baja energía, donde la velocidad de depositación es mayor por lo que se ve aumentada la preservación del material orgánico.

Los resultados obtenidos alrededor de Islas Coronado, muestran una relación con las emisiones de aguas residuales de la planta de tratamiento de Punta Loma, la cual evacúa  $757 \times 10^6$  litros por día (200 mgd) de agua residual con tratamiento primario avanzado, en la isobata de los 60 m.

La Agencia de Protección Ambiental Estadounidense (EPA) encontró que la descarga de Punta Loma, no cumple con los requisitos federales para la calidad de agua en grasas y aceites, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, turbulencia, oxígeno disuelto y bacterias coliformes, y que áreas recreativas cercanas al emisor frecuentemente no satisfacen los límites de calidad de agua para coliformes fecales (citado por Sánchez-Rodríguez, 1990).

Para 1990, las concentraciones de coliformes y porcentaje de materia orgánica en los sedimentos de E.U.A. y alrededor de Islas Coronado, México; así como, la presencia de esporas de Clostridium perfringens, trazan la distribución y movimiento de las descargas de Estados Unidos a Islas Coronado, México, ya que la descarga de Punta Loma es ocho veces más grande que la de Punta Bandera, México, por lo que su emisión de contaminantes es mayor. Debe considerarse también el tiempo que tardan los

contaminantes en degradarse a través de la oxidación una vez en contacto con el mar. Sánchez-Rodríguez, 1990, menciona que expertos en el tema consideran un período de oxidación de siete a ocho horas para un efluente que se descarga directamente sobre la superficie (caso de Tijuana), mientras que la oxidación de las descargas de un emisor submarino es aproximadamente de dos días (Punta Loma).

Las bacterias coliformes en el medio marino, tienen corta sobrevivencia, sin embargo, el hecho de encontrarlas en un área tan amplia, como en el caso de las Islas Coronado, se debe a su dispersión por corrientes; además, las bacterias se adhieren al sedimento y material suspendido, esto provoca que aumente su sobrevivencia de tal manera que los sedimentos proveen un cuadro más integrado del comportamiento de los desechos, que las muestras de agua (Vivian, 1986).

O'Malley et al., (1982) y Learn et al., (1982), encontraron bacterias fecales en sedimentos a 40 millas del sitio de descarga en la costa de Delaware, Maryland, E.U.A.

El hecho de encontrar esporas de C. perfringens únicamente en la estación D (E.U.A.) y estación 27 (Islas Coronado - México), confirman nuestra hipótesis de que la descarga del emisor de Punta Loma, California, (E.U.A.), origina la contaminación de las Islas Coronado, ya que el flujo de las corrientes superficial y abajo de la termoclina, es paralela a las isobatas y es considerablemente mayor que el movimiento perpendicular a la

costa (Hendricks, 1975; 1976; 1977), por lo tanto el efluente recorre distancias considerables tanto a norte como al sur antes de que ocurra mezcla fuera de la costa (Hendricks, 1975).

Vivian, (1986); Sawyer, (1989), reportaron concentraciones bajas de C. perfringens a comparación con Escherichia coli en aguas residuales, pero, encontraron que sus esporas sobreviven por largo tiempo, cuando están sujetas a sedimentación.

Cabelli, (1977); Cabelli et al, (1984), consideró a C. perfringens como un indicador ideal de contaminación fecal en sedimentos marinos, ya que no encontró evidencias de que pueda multiplicarse en agua de mar, además es la medida más exacta y descriptiva de la contaminación en sedimentos marinos.

Cabelli y Pederson, (1982), utilizaron a C. perfringens como trazador del movimiento de la mancha contaminante desde el sitio de descarga.

Ducanson et al, (1986), utilizó las esporas de C. perfringens en sedimentos, para medir la contaminación fecal en aguas costeras y estuarinas, encontró que son un valioso instrumento para el monitoreo de la contaminación remota.

La componente principal de la corriente superficial en la zona de estudio es hacia el sur durante todo el año, ocasionalmente (verano y otoño) se invierte (Sheapar, 1950), mientras que la corriente debajo de la termoclina es hacia el norte (13 cm/s) o en dirección opuesta al movimiento principal de la corriente superficial (Hendricks, 1977), esto significa que, cuando la corriente superficial fluye al norte (verano), las aguas residuales del emisor de Punta Loma son transportadas hacia

el sur (Islas Coronado) por la corriente debajo de la termoclina, las cuales se alinean a la isobata de los 60 m y cuando ocurre la ruptura de ésta, por surgencias, se presenta el afloramiento y resuspensión de bacterias en la columna de agua.

Estudios de dispersión de partículas realizado por Herring y Abati, (1978), en el emisor de Punta Loma, mostraron una dispersión de las partículas a lo largo de las isobatas, con una mayor influencia hacia el norte. Al utilizar partículas fluorescentes como trazadores, no se presentó influencia hacia el sur del emisor.

PELAGOS, (1990), siguieron la trayectoria de partículas fluorescentes en la pluma del emisor de Punta Loma, encontrando una concentración de 380,000 CT/100ml, en la columna de agua a una profundidad de 31 m y presentó una dilución del 97 % hacia el norte (12Km) con una concentración de 12,000 CT/100ml, a una profundidad de 29 m, sin embargo, la dispersión de las partículas se puede también presentar hacia el sur, debido a que las corrientes a lo largo de las isobatas son, tanto al norte como al sur (Hendricks, 1977).

Las concentraciones altas de bacterias frente a Punta Bandera, se deben a las aguas residuales de la ciudad de Tijuana, B.C., cuya descarga es de  $130 \times 10^6$  litros por día -34 mgd- (SCCWRP, 1989b), las cuales son evacuadas por la planta de tratamiento del CESPT, sobre la línea de costa y en superficie. Morales-Chavez y Orozco-Borbón, (1989), determinaron que

bacterias coliformes fecales procedentes de las aguas residuales de la ciudad de Tijuana, forman una mancha superficial de 5 a 8 km de largo y de 2 a 3 km de ancho.

La zona de influencia de la descarga para verano en base a las bacterias coliformes fecales (<200 CF/100ml), se determinó por el I.I.O., (1986), fué de 4 km de la costa y se extendió desde Rosarito, B.C. al límite internacional con Estados Unidos, donde se presentaron concentraciones tres veces mayores a las permitidas por la legislación mexicana (SARH, 1979), sin embargo, éstas no son lo suficientemente altas, para mantener las concentraciones de bacterias coliformes totales y fecales reportadas por Water Utilities Department, (1991), de la ciudad de San Diego, en Imperial Beach y Silver Strant, cuyos promedios fueron de 174,278 CT/100ml y 66,882 CF/100ml respectivamente (Fig. 15), esto hace suponer que la contaminación en esas playas proviene de :

a) **Río Tijuana:** Debido a la saturación o ruptura de colectores en el sector este de la ciudad, principalmente en la mesa de Otay el efluente no logra llegar al colector central, el cuál fluye hacia el Río Tijuana siguiendo el dren natural de la zona y continúa cruzando la frontera. Es la principal fuente de contaminación en Imperial Beach. En la época de mayores descargas sucedidas entre 1984 y 1985 aproximadamente 11 km de playa fueron declarados en cuarentena por altos registros de bacterias coliformes. A pesar de que en 1986 y 1987 decreció el flujo de drenaje, en marzo de 1988 se reportó un fuerte incremento.

BACTERIAS COLIFORMES  
PLAYAS SAN DIEGO

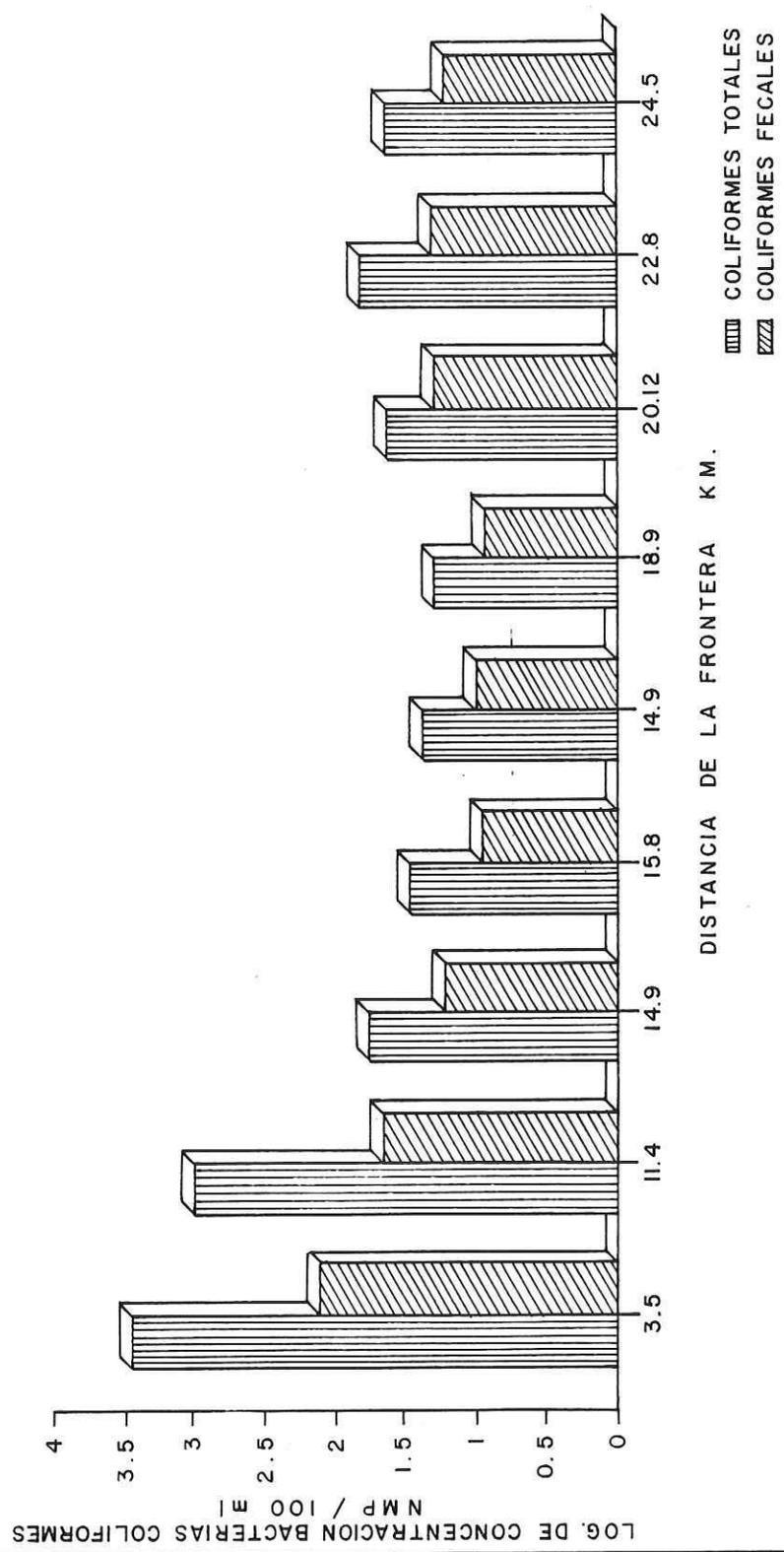


FIG. 15 - CONCENTRACION BACTERIAS COLIFORMES TOTALES Y FECALES  
( NMP / 100 ml ) EN PLAYAS DE SAN DIEGO, CALIF., EN EPOCA  
DE VERANO .

De acuerdo con las autoridades de ésta ciudad y con base en los registros del International Boundary and Water Commission (IBWC), éste flujo de aguas servidas es actualmente superior a los  $45 \times 10^6$  litros diarios (12 mgd). Debido a éstas descargas parte de las playas de Imperial Beach, han sido declaradas una vez más en cuarentena con altos registros de bacterias coliformes. Otro daño ocasionado por esta misma fuente es la alteración al ecosistema del estuario Río Tijuana que se considera reserva ecológica de los Estados Unidos (Sánchez-Rodríguez, 1990).

El delta del río forma un parteaguas en el flujo de la corriente superficial adyacente a la costa (Fig. 16), transportando los contaminantes hacia el norte (Imperial Beach) y sur (línea fronteriza Estados Unidos-México). Esto concuerda con las concentraciones de bacterias coliformes y DBO encontradas en la línea fronteriza por el I.I.O. (1986).

b) Derrames de aguas servidas a través de los cañones que desembocan en la frontera: En éste caso se trata del efluente proveniente de las colonias populares localizadas en las partes altas de Tijuana (Francisco Villa, Obrera, Tenochtitlan, Cañón del Sol y otros) que no es colectado por el sistema de drenaje de la ciudad. El efluente sigue el dren natural del terreno y desemboca en la frontera en los Cañones del Sol, de las Cabras y del Matadero (Fig. 17). En la época de mayor flujo (1983-1985) se estimó que el efluente transportado por éstos cañones era

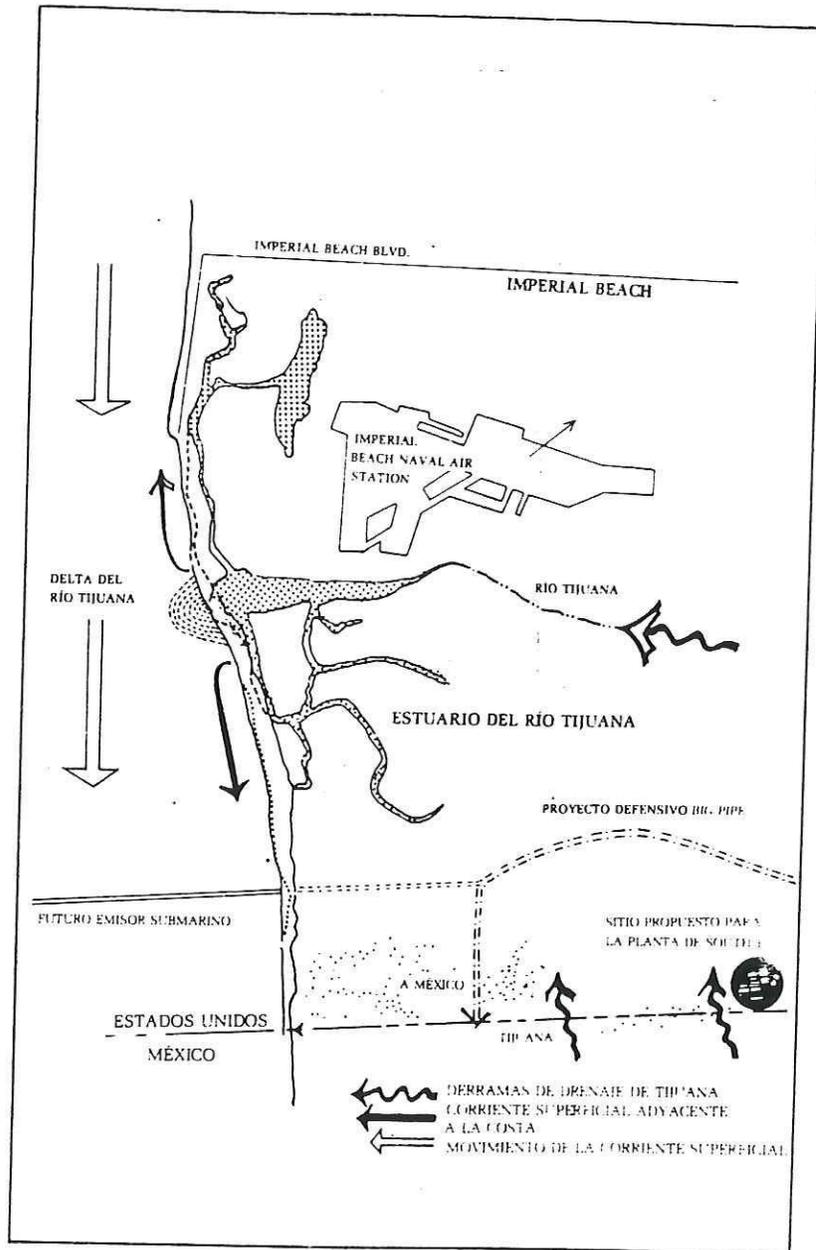


Fig.16 LA ZONA DEL ESTUARIO DEL  
RÍO TIJUANA

(Tomado de Sánchez-Rodríguez, 1990.)

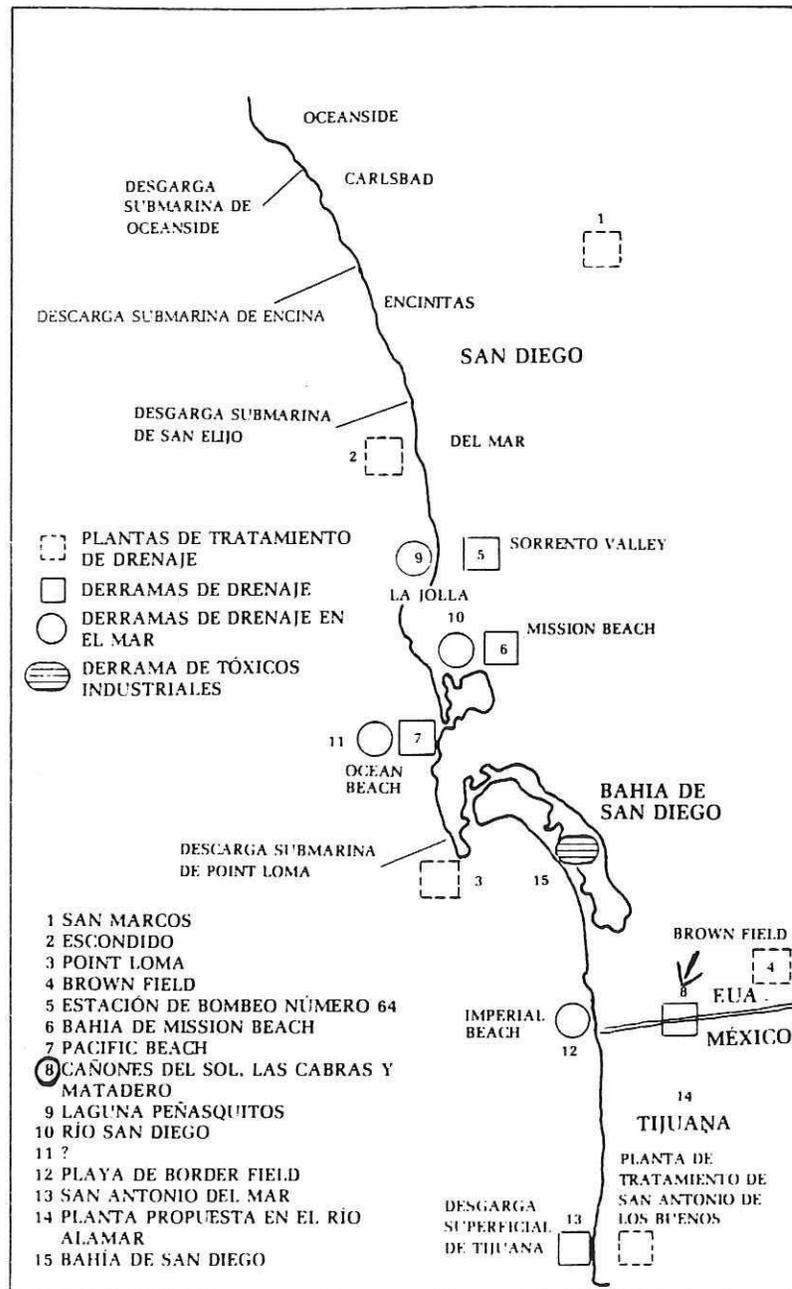


Fig. 17 LOCALIZACION DE LOS CAÑONES DEL SOL, LAS CABRAS Y MATADERO

(Tomado de Sánchez-Rodríguez, 1990.)

aproximadamente de  $15 \times 10^6$  litros diarios (4 mgd). Actualmente se estima que éste flujo ha decrecido gracias a la extensión de la red del drenaje de Tijuana (Sánchez-Rodríguez, 1990).

c) **Derrames en Playas de Tijuana:** Cuando no funciona el sistema de bombeo de la planta de tratamiento a Punta Bandera sus desechos se vierten directamente al litoral.

En el caso particular de Tijuana, B.C., los procesos físicos son los factores principales que influyen en la distribución de residuos líquidos vertidos en las aguas costeras, estos factores (corriente litoral, corriente inducida por viento y difusión), juegan el papel más importante en la distribución de contaminantes; debido a que es una zona expuesta al oleaje y de alta energía.

Algunos investigadores, reportan que el movimiento de las aguas someras en la Cuenca del sur de California, se deben principalmente al esfuerzo del viento (Gaul y Steward, 1960; Lentz, 1984).

El área de estudio, presenta vientos predominantemente del norte y noroeste, durante la mayor parte del año, generando un tren de olas en esa dirección (Judge, 1960; Marmolejo-Lara, 1985). La corriente litoral generada por el oleaje incidente, produce un transporte de sedimento hacia el sur en la zona costera (Marmolejo-Lara, 1985; Morales-Chávez et al, 1986; Cupul-Magaña et al, 1987). Alvarez-Sánchez, et al, 1987, reporta que las corrientes predominantes son hacia el sur durante la mayor parte del año, sin embargo, también se reportan corrientes en dirección norte durante verano y otoño (Shepard, 1950; Emery,

1960; Judge, 1960; Szunalsky, 1970; Tsuchiva, 1979; Godínez-Sandoval, 1986; Alvarez-Sánchez et al., 1990) que producen un transporte de sedimento hacia el norte en la zona costera (Ureña-Portales, 1986).

Alvarez-Sánchez et al., (1986), reporta que la dispersión de contaminación en la zona costera de Tijuana, B.C. es predominantemente paralelo a la costa y el transporte hacia el norte es de duración de uno a varios días.

Alvarez-Sánchez et al., (1990), encontraron que el flujo de las corrientes superficiales es paralelo a las isobatas (casi paralelo a la costa) con una marcada variación temporal; reportan para Junio una circulación del flujo hacia el sur (promedio de 0.21 cm/s) y para Julio y Septiembre la dirección es en sentido opuesto (norte), con una velocidad de 0.18 cm/s.

Godínez-Sandoval, (1986) y Bravo-Chávez, (1989), encontraron que la dispersión de los contaminantes en la zona costera frente a Tijuana es principalmente hacia el sur y paralela a la costa (isobatas) y abarca 9 km de longitud a partir de Punta Bandera con influencia hasta 300 m de la costa.

Punta Descanso presenta como característica topográfica una pendiente abrupta (Fig. 18), la cual actúa como trampa de sedimento, lo que ocasiona una mayor depositación (Castro-Castro<sup>2</sup>, com. per.). Esto se ve reflejado con los resultados obtenidos para esa zona, ya que presentaron concentraciones altas de bacterias coliformes y materia orgánica en los diferentes años de muestreo; las cuales se deben a las aguas residuales de la ciudad de Tijuana, B.C. y emisor de Punta

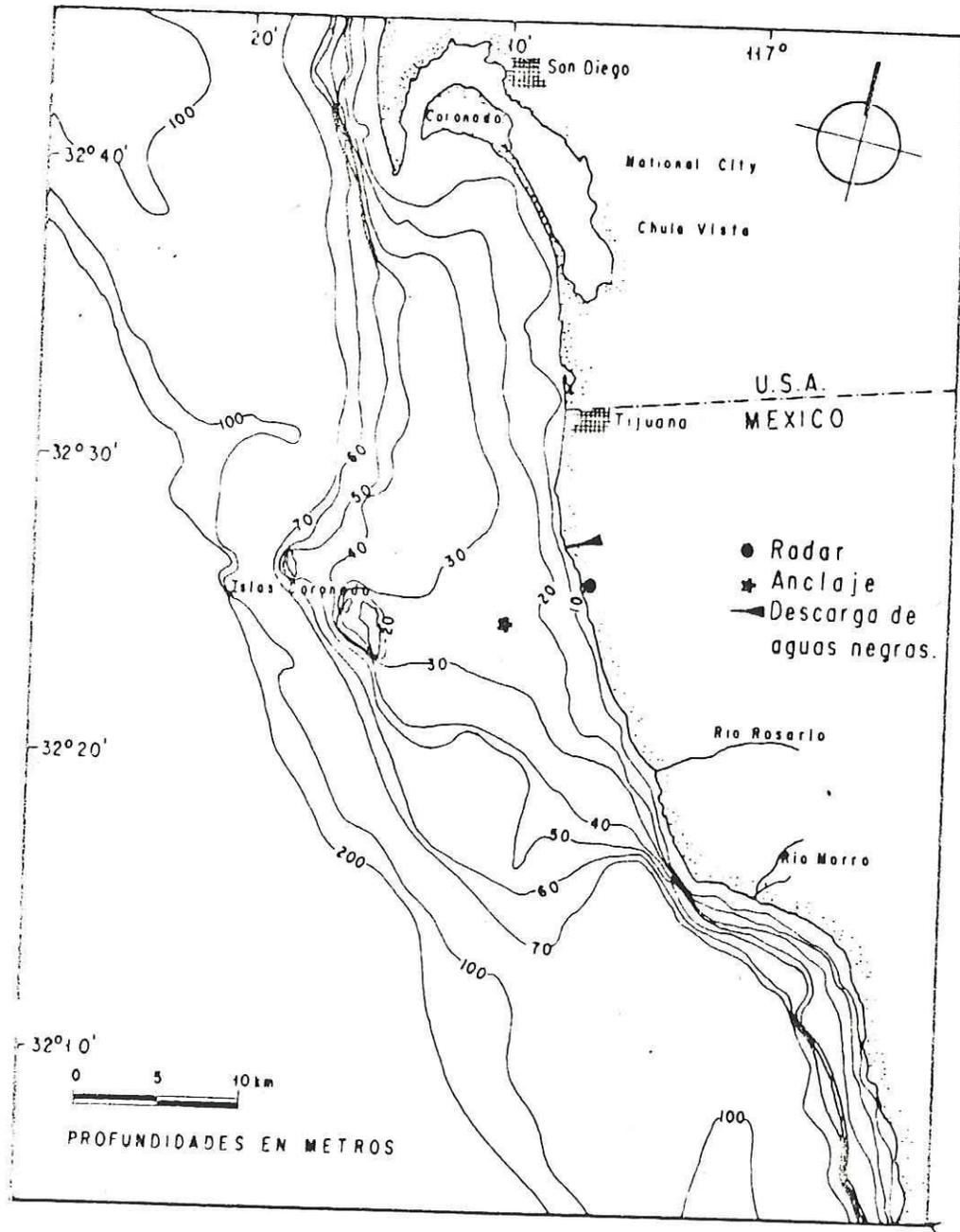


Fig. 18 ,BATIMETRIA EN LA ZONA DE ESTUDIO

Loma, Calif. E.U.A., que son transportados por corrientes superficiales y subsuperficiales respectivamente. Komar, (1976), menciona que el transporte de sedimento perpendicular y paralelo a la costa se debe a las corrientes, vientos y olas.

La importancia de éste trabajo radica en que los datos bacteriológicos obtenidos señalan una contaminación de Estados Unidos; la cuál, esta ligada a otro tipo de contaminación como son residuos industriales (metales pesados, pesticidas, etc.) de difícil control por un tratamiento convencional de aguas residuales; su escasa dilución y degradación una vez depositada al mar. Ortega-Lara, (1991), reportan altas concentraciones de metales pesados en la misma zona de estudio.

## 5. CONCLUSIONES

1.- Las concentraciones máximas de bacterias coliformes y materia orgánica en sedimentos se presentaron en 1990.

2.- La presencia de esporas de Clostridium perfringens, trazan la dispersión de contaminantes de norte (Punta Loma, Calif. E.U.A.) a sur (Islas Coronado, B.C. México).

3.- Las concentraciones altas de bacterias coliformes encontradas alrededor de Islas Coronado, B.C. México, se deben a la descarga del emisor submarino de Punta Loma, Calif. E.U.A.

4.- La contaminación por bacterias frente a Tijuana, B.C., se debe a la descarga de aguas residuales de la planta de tratamiento de Punta Bandera.

5.- El porcentaje máximo de materia orgánica se detectó en Punta Descanso, debido a la batimetría de la zona.

6.- Se observó una relación directa entre bacterias coliformes y materia orgánica.

## 6 . RECOMENDACIONES

1.- Para evitar la contaminación del cuerpo receptor es importante mejorar el tratamiento de las aguas residuales, tanto de Tijuana (Punta Bandera) como de San Diego (Punta Loma).

2.- Es necesario hacer estudios en los sitios de descarga de aguas de desecho, así como de las masas de agua; para la planeación y ubicación de emisores que garanticen su control efectivo en el cuerpo receptor.

Estos estudios deben de llevarse a cabo por un periodo de cuatro años, los cuáles deben comprender investigaciones físicas, químicas, biológicas y geológicas, con lo cuál se obtendrá mayor información sobre la problemática de contaminación fronteriza México - Estados Unidos y dará mayor fuerza a las negociaciones binacionales.

3.- Es importante incorporar el medio marino al Plan Intregal Ambiental Fronterizo México - Estados Unidos (1992 - 1994) para resolver los problemas de contaminación conjuntamente.

4.- Debe de ampliarse la red de drenaje de Tijuana, para que las aguas de desecho no fluyan hacia Río Tijuana y posteriormente al Estuario Río Tijuana que es reserva ecologica de los Estados Unidos evitando así un conflicto binacional.

5.- Es necesario continuar los estudios de corrientes litorales frente a la descarga de Punta Bandera, México y debajo de la termoclina (60 m) en Punta Loma, Calif, así como la utilización de trazadores fluorecentes para seguir las manchas contaminantes.

6.- La planta binacional (actualmente en construcción) debe de tener un tratamiento efectivo para que la descarga no afecte el cuerpo receptor.

## 7 BIBLIOGRAFIA

- American Public Health Association, American Water Work Association and Water Pollution Control Federation. 1985. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 16th ed. Washington, D.C. 1268 pp.
- Alvarez-Sánchez, L., Durazo, R y Hernández, R. 1986. Estudios oceanográficos sobre dispersión en las aguas costeras de Tijuana: Programa de observaciones y resultados preliminares. En: Ecología y Frontera. Ed. U.A.B.C. Escuela de Economía. Tijuana, Baja California. 245 - 248 pp.
- Alvarez-Sánchez, L.G., Godínez, M y Lavín, M.F. 1987. Dispersión frente a la costa de Tijuana, Baja California. En: Resúmenes del VII Congreso Nacional de Oceanografía 27 - 31 de julio. Ensenada, B.C. Instituto Nacional de Pesca.
- Alvarez-Sánchez, L.G.; Godínez, V.M. y Lavín, M.F. 1990. Dispersión en la franja costera de Tijuana, Baja California. Ciencias Marinas, 16 (4): 87 - 109 pp.
- Akama, K. and Otani, S. 1970. Japan Journal of Medical Science. Vol 23. 116 pp.
- Bonde, G.J. 1975. Bacterial indicators of sewage pollution. In: A.L.H. Gameson (Ed). Discharges of sewage from sea outfall. Pergamon Press. Oxford. 37-47 pp.
- Bravo-Chávez, A.B. 1989. Coeficientes de difusión frente a la costa del municipio de Tijuana, B.C. Tesis de Licenciatura en Oceanología. Facultad de Ciencias Marinas. U.A.B.C. Ensenada, B.C. 71 pp.
- Buchanan, R.E. and Gibbons, N.E. 1974. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. 8th. ed. Williams and Wilkings, Baltimore. 332 - 335 pp.
- Cabelli, V.J. 1977. Clostridium perfringens as a water quality indicator. In: Bacterial Indicator / Health Hazard Associated with Water. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, Special Technical Publication. STP 635. 65 - 79 pp.
- Cabelli, V.J. and Pederson, D. 1982. The movement of sewage sludge from the New York Bight dumposite as seen from Clostridium perfringens spores density. In: Oceans 82. Conference Record. IEEE, New York. 995 -999 pp.
- Cabelli, V.J.; Ducanson, R.L; Gaines, J.L; Pedersen, D.; Sims, R.R. and Shokes, R.I. 1984. Chemical and Microbiological tracer of the deposition and movement of sewage particulates. Oceans 1: 272 - 277 pp.

- Cambridge, J. and Mc Meekin A. 1980. Effect of temperature on activity of predator of *Salmonella typhimurium* and *Echerichia coli* in estuaries waters Austr. J. Mar. Freshwater. Res. Department of Agricultural Science. University of Tasmania. Hobart. Tas. 31: 851 - 855 pp.
- Carlucci, A.F. and Pramer, D. 1959. Factors affecting the survival of bacteria in seawater. *Appl. Microbiol.* 7: 288 - 392 pp.
- Cloern, E.J. and Oremland, R.S. 1983. Chemistry and Microbiology of a sewage spill in South San Francisco Bay. *Estuaries* Vol 6(4) 399 - 406 pp.
- Cupul-Magaña, A.L.; Perez-Higuera, R. y Chee-Barragan, A. 1987. Utilización de los minerales pesados como indicadores de los sedimentos entre Punta los Buenos y Playas de Rosarito, B.C., México. *Ciencias Marinas*. Vol 13 (4): 97 - 109 pp.
- Cushing, D.H. 1971. Upwelling and the production of fish. *Adv. Mar. Biol.* 9:255-334 pp.
- Davies, C.M. and Evison, L.M. 1991. Sunlight and the survival of enteric bacteria in natural waters. *Journal of Applied Bacteriology*. Vol.70 No.3 265-247 pp.
- Deddeh, W.P. 1985. Seeking Treatment. *Sewage Solution in San Diego*. *Oceans* 2: 63,64 pp.
- Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York. 1980. Manual de tratamiento de aguas negras. 6a. ed. Editorial Limusa. México, D.F. 334 pp.
- Ducanson, A.R.; Saad, L.D.; Namdari, H.; Rogers, M.R. and Cabelli, V.J. 1986. Monitoring fecal contamination of marine waters by measuring *C. perfringens* spores in the sediments. *Oceans* 2: 560 - 565 pp.
- Emery, K.O. 1960. The sea off Southern California. John Wile and Sons. Inc. (Publ.). New York: 366 pp.
- Favero, M.S. 1985. Microbiologic indicator of health risk Associated with Swimming, *American J. of Public Health* 75 (9): 1051 - 1054 pp.
- Gaul, R.D. and Steward, B. 1960. Nearshore ocean current off San Diego, California. *Journal of Geophysical Research* 65 (5): 1543 -1556 pp.
- Gauthier, M.J. 1974. Poblaciones bacterianas en el medio marino. Ed. Omega. Barcelona, Esp. 148 - 151 pp.
- Geigy, J.R. 1965. *Tablas Científicas*. 6th. ed. Geigy, S.A. Basilea, Suiza. 436 pp.
- Godínez-Sandoval, V.M. 1986. *Dispersión frente a la costa de Rosarito, B.C.* Tesis de Licenciatura en Oceanología. Facultad de Ciencias Marinas. U.A.B.C. Ensenada, B.C. 69 pp.
- Guinea, J.S. 1979. *Análisis microbiológico de las aguas. Aspectos aplicados*. Ed. Omega Barcelona, Esp. 240 pp.

- Gutiérrez-Galindo, E.A. 1980. Distribution et variation des taux du DDT dans la moule *Mytilus californianus* sur la cote Nord-Occidentale de Base Californie. Rev. Int. Oceanogr. Méd. Tome LVII: 59 - 67.
- Gutiérrez-Galindo, E.A.; Sañudo-Wilhelmy S.A.; Flores-Báez, B.P. 1983. Variación espacial y temporal de pesticidas organoclorados en el mejillón *Mytilus californianus* (Conrad) de Baja California. Parte I. Ciencias Marinas 9(1): 7 - 18.
- Gutiérrez-Galindo, E.A.; Flores-Muñoz, G. 1986. Biological availability of mercury in coastal seawaters of northern Baja California. Ciencias Marinas 12(2): 85 - 89.
- Gutiérrez-Galindo, E.A.; Flores-Muñoz, G.; Villaescusa-Celaya, J.A. y Ortega-Lara, V. 1990. Metales Traza en sedimentos superficiales marinos de la región noroccidental fronteriza México - E.U.A. Reporte preliminar. Instituto de Investigaciones Oceanológicas. U.A.B.C. 32 - 43 pp.
- Haenel, H. 1970. Americal Journal of Clinical Nutrition. Vol 37. 1425 pp.
- Hendricks, T. 1975. Properties of nearshore currents. In Annual report, Coastal Water Research Project, El Segundo, Calif. 167 - 172 pp.
- Hendricks, T. 1976. Measurement of subtermocline currents. In Annual report, Coastal Water Research Project, El Segundo, Calif. 63 - 70 pp.
- Hendricks, T. 1977. Coastal Currents. In Annual report, Coastal Water Research Project, El Segundo, Calif. 53 - 62 pp.
- Hernández-Walls, R. 1986. Circulación inducida por el viento en la zona costera. Tesis de Licenciatura en Oceanología. Facultad de Ciencias Marinas, U.A.B.C. 73 pp.
- Herring, J.R. and Abati, A.L. 1978. Effluent particle dispersion. In Annual report, Coastal Water Research Project, El Segundo, Calif. 113 - 125 pp.
- Holderman, L.V. and Moore, W.E.L. 1973. Anaerobe Laboratory Manual, 2nd. ed. Virginia Polythecnic Institute Anaerobe Laboratory. Blackbura, Virginia. 67 - 89 pp.
- Instituto de Investigaciones Oceanológicas. 1986. Modelo descriptivo de dispersión de contaminantes adyacentes a la descarga de aguas negras de Tijuana, B.C. Informe Final. División de Oceanografía Química. I.I.O. U.A.B.C. Ensenada, B.C. 57 pp.
- Judge, C.W. 1960. Heavy minerals in beach and stream sediments as indicators of shore processes between Monterey and Los Angeles, California. U.S. Army Corps of Engineering Research Center. Thecnical Memorandum No. 33.
- Komar, P.D., 1976. Beach proceses and sedimentation. Prentice Hall, Inc., 168 - - 166 pp.

- Learn, D.W.; O'Malley, M.L.; Muir, W.C. and Pence, G. 1982. Environmental effect of sewage sludge at the Philadelphia dumpsite. In: G.F. Mayer ed. Ecological Stress and the New York Bight: Science and Management. Estuarine Research. Columbia. South Carolina. 481 - 493 pp.
- Leduc, R. et Van Nguyen, V.T. 1990 a. L'abattement des bactéries coliformes dans les étangs aérés facultatif. 1. Cinétique, modélisation et variables biotiques. Water. Poll. Res. J. Canada. Vol. 25 No. 2 201-229 pp.
- Leduc, R. et Gehr, R. 1990 b. L'abattement des bactéries coliformes dans les étangs aérés facultatif. 2. Variables abiotiques. Water. Poll. Res. J. Canada. Vol. 25 No. 2 231-263 pp.
- Lentz, S.J. 1984. Subinertial motions on the Southern California Continental Shelf. Ph. D. Thesis. University California of San Diego: 145 pp.
- Lentz, S.J. and Winant, C.D. 1986. Subinertial currents on the Southern California Shelf. J. of Physical Oceanography. 16: 1737 - 1750 pp.
- Marmolejo-Lara, M. 1985. Control de azolvamiento en una obra de toma de agua marina. Tesis de Licenciatura en Oceanología. Escuela Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C. Ensenada, B.C. 66 pp.
- Matson, E.A.; Hornor, S.G. and Buck, J.D. 1978. Pollution indicators and other microorganisms in River Sediments. J. Wat. Pollut. Control Fed. 50: 1532 - 1545.
- Martin, M.; Stephenson, M.D.; Smith, D.R.; Gutiérrez-Galindo, E.A.; Flores-Muñoz, E. 1988. Use of silver in mussels as a tracer of domestic wastewater discharge. Mar. Pollut. Bull. 19(10): 512 - 520.
- Moore, B.E.; Camman, 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. y Romero-Manzano C. 1986. Evaluación de la contaminación en playas de Tijuana, B.C. en: Ecología y Frontera. Ed. U.A.B.C. Escuela de Economía. Tijuana, B.C. 224 - 235 pp.
- Morales-Chávez, R.; Romero, C.; Encalada, R.; Parés, H.; Martínez, G.; Vargas, J. y Navarro, R. 1987. Apoyo al proyecto de evaluación de la contaminación en playas de Tijuana, B.C. Reporte Técnico. Secretaría de Marina. Dirección General de Oceanografía de Ensenada, B.C.
- Morales-Chávez, R. y Orozco-Borbón, M.V. 1989. Bacteriología en la porción marina frente a Tijuana y Rosarito, B.C. Octavo Congreso Nacional de Oceanografía 21 - 23 Nov. 1990. Mazatlán, Sin. México.

- Moriñigo, M.A.; Muñoz, M.A.; Cornax, R.; Castro, D. and Borrego, J.J. 1990. Evaluation of different enrichment media for the isolation of *Salmonella* from polluted seawater samples. *Journal of Microbiological Methods* 11: 43 - 49 pp.
- Niemmi, C.A. and Warheit, K.I. 1989. Variation in species diversity and the physical environment associated with primary treated sewage effluent. *Oceans* 2: 635 - 640 pp.
- Nishikawa, K.; Sañudo-Wilhelmy, S.A. y Rivera-Duarte, I. 1984. Estado de la contaminación actual en la zona fronteriza México - E.U.A.; Perspectivas para su control y reducción. Reunión de ecología del mar de Cortés. SEDUE 4 - 6 Abril. La Paz, B.C.S. 87 - 91 pp.
- Nishikawa, K.; Gutiérrez-Galindo, E.A.; Sañudo-Wilhelmy, S.A. Flores-Munoz, G.; Martin, M.; Stephenson, M.D. 1988. Marine pollution in the central southern California bight adjacent to the american-mexican border zone. *Rev. Int. Ocenogr. Med.* Tomes 91 - 92: 125 - 150.
- Norton, M.G.; Eagle, R.A.; Nunny, R.S.; Rolfe, M.S.; Hardiman, P.A. and Hampson, B.L. 1981. The field assessment of effects of dumping waste at sea: 8 Sewage sludge dumping in the outer Thames Estuary. *Fish. Res., MAFF Direct. Fish. Res.* Lowesloft. 62 - 72 pp.
- Oka, S.; Ando, Y. and Oishi, K. 1989. Distribution of enterotoxigenic *Clostridium perfringens* in fish and shellfish. *Nippon Suisan Gakkaishi / Bull. Jap. Soc. SCI. Fish.* Vol. 55 No. 1 79 - 86 pp.
- O'Malley, M.L.; Learn, D.W.; Adams, M.N.; Gaines, J.; Sawyer, T.K. and Lewis, E.J. 1982. Microbial contamination of continental shelf sediments by ocean disposal of sewage sludge. *J. Water Pollut. Control* ed. 54: 1311 - 1317.
- Orozco-Borbón, M.V. y Sañudo-Wilhelmy, S.A. 1988. Contaminación por bacterias coliformes, estreptococos y patógenos en el agua de mar y mejillón *Mytillus californianus* en la zona costera noroccidental de Baja California. *Ciencias Marinas.* Vol 14 (3): 1 - 8 pp.
- Ortega-Lara, V. 1991. Metales traza en sedimentos superficiales marinos en la región noroccidental fronteriza México - E.U.A. Tesis de Licenciatura en Oceanología. Facultad de Ciencias Marinas. U.A.B.C. Ensenada, B.C. 75 pp.
- PELAGOS. Corp. 1990. Bacterial disappearance dye tracer study. *Engineering - Science.*
- Robles-Valderrama, P.; Sigona, T. y Cardoso, F. 1979. Saneamiento de moluscos. Subsec. de Planeación Direc. Gral. de Protección y Ordenación Ecológica. SARH. México. 307 pp.
- Rosebury, T. 1962. Microorganisms indigenous to man. *Mc. Graw-Hill.* New York. 87 - 90, 332 - 335 pp.

- San Diego Marine Consultants. 1959. Oceanography condition prior to discharges o waste from proposed disposal system. Final Report. 1958 - 59. 1 - 3 pp.
- Sañudo-Wilhelmy, S.A. 1983. Estimación de la carga orgánica de la ciudad de Tijuana, B.C. Tesis de Licenciatura en Oceanología. Escuela de Ciencias Marinas. U.A.B.C. Ensenada, B.C. 81 pp.
- Sawyer, T.K. 1989. Distribution of microbial agents in marine ecosystems as a consequence of sewage disposal practice. J. Shellfish Res. Vol 7 (3): 555 pp.
- SCCWRP, 1989a. Recent changes and long term trends in the combined mass emissions discharges in to the Southern California Coastal Water Research Project. Annual report. Long Beach, California. 20 - 28 pp.
- SCCWRP, 1989b. Marine Outfalls: 1987 Inputs from wastewater treatment plants, power, and Industries Facilities. South California Coastal Water Research Project. Annual report. Long Beach, California. 30 -37 pp.
- Seamans, P. 1988. Wastewater creates a border problem. Journal Water Pollution Control Federation. Vol 6 (10): 1799 - 1800 pp.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1979. Actualización al boletín hidrológico. No.28. Tomo II. Subdirecc. de Hidrología. México, D.F.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1979b. Reglamento para la prevención y control de la contaminación de las aguas en México. 43 pp.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1985. Manual de Microbiología del agua. 3a. ed. Subsecretaría de Infraestructura. Direcc. Gral. de Desarrollo Tec. Subdirección de Inv. y Entrenamiento. México, D.F.
- Shepard, F.P. 1950. Longshore current observation in Southern California. Scripps Institution of Oceanography. Beach erosion board. Thecnical Memorandum No. 13: 54 pp.
- Segovia-Zavala, J.A. y Delgadillo-Hinojosa, F. 1986. Diagnóstico y alternativas de reducción y control de la disposición de aguas residuales sobre la zona costera fronteriza (100 Kms.). México En : Ecología y Frontera. Ed U.A.B.C. Escuela de Economía. Tijuana, B.C. 236 - 244 pp.
- Segovia-Zavala, J.A.; Delgadillo-Hinojosa, F. y Orozco-Borbón, M.V. 1989. Estudio marino de contaminación fronteriza México - E.U.A. Dirección General de Investigaciones y Estudios Superiores. IV Simposium Binacional Contaminación Ambiental. Tijuana, B.C.
- Seyfried, P.L.; Richard, M.S.; Tobi, S.; Brown, N.E. and Ness, P.S. 1985. A prospective study of swimming relates illness II. Morbidity and the microbiological quality of waters, Amer. Journal of Public Health. 75(9): 1071 - 1074.

- Stephenson, M.D.; Martin, M.; Lange, E.; Flegal, A.R. and Martin, J.H. 1979. Tracer metal concentration in the California mussels, *Mytilus californianus*. California Mussel Watch 1977 - 1978. Water Quality Monit. Rep. No. 79 - 22. Nov. Calif. U.S.A. 1 - 110 pp.
- Stull, J.K. 1989. Contaminants in sediments near a major marine outfall: History, Effects and Future. *Oceans 2*: 481 - 484 pp.
- Sokal, R.R. and Rohlf, F.J. 1980. *Biometry*. ed. H. Blume. Madrid, España, 832 pp.
- Szunalski, A. 1970. Litoral environment observation program in California, preliminary report. Us Army Coastal Engineering Research Center Miscellaneous Paper 2 - 70: 14 pp.
- Tsuchiya, M. 1979. Inshore circulation in the Southern California Bight. 1974 - 1977. *Deep - Sea Research*. 27A: 99 - 118 pp.
- Ureña-Portales, E. 1986. Transporte litoral a la costa en playas de Tijuana, B.C. Tesis de Licenciatura en Oceanología. Facultad de Ciencias Marinas. U.A.B.C. Ensenada, B.C. 46 pp.
- Van Donsen, D.L. and Geldrich, E.E. 1971. Relationship of Salmonella to Fecal Coliform in Botton Sediments. *Wat. Res.* 5: 1079 - 1087 pp.
- Vivian, C.M.G. 1986. Tracer of sewage sludge in the marine environment: A review. In: *The Science of the Total Environmental*. Elsevier Science Publisher B.V. Amsterdam. Vol 53. 5 - 40 pp.
- Water Utilities Departament. 1991. Ocean Monitoring Program. City of San Diego. State of California. Engineering - Science.
- Winant, C.D. 1980. Downwelling over the Southern California Shelf. *J. of Physical Oceanography*. 10(5): 791 - 799 pp.
- Winant, C.D. and A.W. Bratkovitch. 1981. Temperature and current on the Southern California Shelf: A description of the variability. *Journal of Physical Oceanography* 11 (1): 71 - 86 pp.
- Winant, C.D. 1983. Longshore coherence of currents on the Southern California Shelf during the summer. *J. Physicals Oceanography*. 13(1): 54 - 64 pp.
- Winant, C.D. and Beardsley, R.C. 1987. Moored wind, temperature, and currents observations made during coastal ocean dynamics experiments 1 and 2 over the Northern California Shelf and Upper Slope. *J. of Geophysical Research*. 92(C2): 1569 - 1604 pp.
- Yáñez-Arancibia, A. 1986. *Ecología de Lagunas Costeras*. A.G.T., S.A. México. 41 pp.

## 8 ANEXOS

ANEXO 1 - PRUEBA NO PARAMETRICA DE Mann-Whitney  
( 95 % ) ENTRE TRANSECTOS PERPENDICULARES  
A LA COSTA DE COLIFORMES TOTALES  
( JULIO 1988 ).

	I	II	III	IV	V	VI	VII
I	-	-	N.S.	N.S.	N.S.	-	-
II		-	-	-	-	-	-
III			-	N.S.	N.S.	-	-
IV				-	N.S.	-	-
V					-	-	-
VI						-	-
VII							-

ANEXO 2 - PRUEBA NO PARAMETRICA DE Mann-Whitney  
( 95 % ) ENTRE TRANSECTOS PERPENDICULARES  
A LA COSTA DE MATERIA ORGANICA  
( JULIO 1988 ).

	I	II	III	IV	V	VI	VII
I	-	N.S.	N.S.	-	N.S.	N.S.	N.S.
II		-	N.S.	-	N.S.	N.S.	N.S.
III			-	-	N.S.	N.S.	N.S.
IV				-	-	-	-
V					-	N.S.	N.S.
VI						-	N.S.
VII							-

ANEXO 3 = PRUEBA NO PARAMETRICA DE Mann-Whitney  
 ( 95% ) ENTRE TRANSECTOS PERPENDICULARES  
 A LA COSTA DE COLIFORMES TOTALES  
 ( SEPTIEMBRE 1989 ) .

	I	II	III	IV	V	VI	VII
I	—	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	—	—
II		—	N.S.	N.S.	N.S.	—	—
III			—	N.S.	N.S.	—	—
IV				—	N.S.	—	—
V					—	—	—
VI						—	—
VII							—

ANEXO 4 = PRUEBA NO PARAMETRICA DE Mann-Whitney  
 ( 95% ) ENTRE TRANSECTOS PERPENDICULARES  
 A LA COSTA DE COLIFORMES FECALIS  
 ( SEPTIEMBRE 1989 ) .

	I	II	III	IV	V	VI	VII
I	—	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	—	—
II		—	N.S.	N.S.	N.S.	—	—
III			—	N.S.	N.S.	—	—
IV				—	N.S.	—	—
V					—	—	—
VI						—	—
VII							—

ANEXO 5 = PRUEBA NO PARAMETRICA DE Mann-Whitney  
 ( 95 % ) ENTRE TRANSECTOS PERPENDICULARES  
 A LA COSTA DE MATERIA ORGANICA  
 ( SEPTIEMBRE 1989 ) .

	I	II	III	IV	V	VI	VII
I	-	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	-	-
II		-	N.S.	N.S.	N.S.	-	-
III			-	N.S.	N.S.	-	-
IV				-	N.S.	-	-
V					-	-	-
VI						-	-
VII							-

ANEXO 6 = PRUEBA NO PARAMETRICA DE Mann-Whitney ( 95 % ) ENTRE TRANSECTOS  
 PERPENDICULARES A LA COSTA DE  
 COLIFORMES TOTALES ( JUNIO 1990 ) .

	I	II	III	IV	V
I	-	N.S.	N.S.	-	-
II		-	N.S.	-	-
III			-	-	-
IV				-	-
V					-

ANEXO 7 - PRUEBA NO PARAMETRICA DE Mann -  
Whitney ( 95 % ) ENTRE TRANSECTOS  
PERPENDICULARES A LA COSTA DE  
COLIFORMES FECALES ( JUNIO 1990 ).

	I	II	III	IV	V
I	-	N.S.	N.S.	N.S.	-
II		-	N.S.	N.S.	-
III			-	N.S.	-
IV				-	-
V					-

ANEXO 8 - PRUEBA NO PARAMETRICA DE Mann -  
Whitney ( 95 % ) ENTRE TRANSECTOS  
PERPENDICULARES A LA COSTA DE  
MATERIA ORGANICA ( JUNIO 1990 ).

	I	II	III	IV	V
I	-	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
II		-	N.S.	N.S.	N.S.
III			-	N.S.	N.S.
IV				-	N.S.
V					-

ANEXO 9 - PRUEBA NO PARAMETRICA DE Mann-Whitney  
 ( 95 % ) ENTRE TRANSECTOS PARALELOS A  
 LA COSTA DE COLIFORMES TOTALES ( JULIO 1988 ).

	I	II	III
I	—	N.S.	N.S.
II		—	N.S.
III			—

ANEXO 10 - PRUEBA NO PARAMETRICA DE Mann-Whitney  
 ( 95 % ) ENTRE TRANSECTOS PARALELOS A  
 LA COSTA DE MATERIA ORGANICA ( JUNIO 1990 ).

	I	II	III
I	—	N.S.	N.S.
II		—	S.
III			—

ANEXO 11 - PRUEBA NO PARAMETRICA DE Mann-Whitney  
 ( 95 % ) ENTRE TRANSECTOS PARALELOS A  
 LA COSTA DE COLIFORMES TOTALES ( SEP. 1989 ).

	I	II	III
I	-	N.S.	N.S.
II		-	N.S.
III			-

ANEXO 12 - PRUEBA NO PARAMETRICA DE Mann-Whitney  
 ( 95 % ) ENTRE TRANSECTOS PARALELOS A  
 LA COSTA DE COLIFORMES FECALES ( SEP. 1989 ).

	I	II	III
I	-	N.S.	N.S.
II		-	N.S.
III			-

ANEXO 13 - PRUEBA NO PARAMETRICA DE Mann-Whitney  
 ( 95 % ) ENTRE TRANSECTOS PARALELOS A  
 LA COSTA DE MATERIA ORGANICA ( JUL. 1988 ).

	I	II	III
I	-	N.S.	S.
II		-	N.S.
III			-

ANEXO 14 - PRUEBA NO PARAMETRICA DE Mann-Whitney ( 95 % ) ENTRE TRANSECTOS  
 PARALELOS A LA COSTA DE COLIFORMES  
 TOTALES ( JUNIO 1990 ) .

	I	II	III	IV
I	-	N.S.	-	N.S.
II		-	-	N.S.
III	-	-	-	-
IV				-

ANEXO 15 = PRUEBA NO PARAMETRICA DE Mann-Whitney (95 %) ENTRE TRANSECTOS PARALELOS A LA COSTA DE COLIFORMES FECALES ( 1990 ).

	I	II	III	IV
I	-	N.S.	N.S.	N.S.
II		-	N.S.	N.S.
III			-	N.S.
IV				-

ANEXO 16 = PRUEBA NO PARAMETRICA DE Mann-Whitney (95%) ENTRE TRANSECTOS PARALELOS A LA COSTA DE MATERIA ORGANICA ( SEPTIEMBRE 1989 ).

	I	II	III	IV
I	-	N.S.	N.S.	N.S.
II		-	N.S.	N.S.
III			-	N.S.
IV				-

ANEXO 17 = CONCENTRACION DE COLIFORMES TOTALES,  
 FECALES (NMP/ 100 gr ), MATERIA ORGANICA  
 (%) Y LODOS (%) EN SEDIMENTO PARA  
 JULIO DE 1988 Y SEPTIEMBRE 1989.

ESTACION	JULIO 1988				SEPTIEMBRE 1989			
	CT	CF	COT	LODOS	CT	CF	COT	LODOS
A	20	10	0.191	15.890	50	20	0.121	95.30
B	40	20		0.108	20	20	0.080	0.400
C	20	20		0.285	80	50	0.040	0.300
D	20	20	0.399	27.915	110	110	0.329	89.900
F	20	20	0.315	13.520	140	50	0.223	7.60
G	20	20	0.260	8.412	50	20	0.109	0.30
H	20	20	0.079	0.577	130	80	0.040	0.30
I	37	20	0.167	8.510	220	220	0.089	0.10
J	490	230	0.289	0.146	460	130	0.177	0.10
K	120	45		0.052	270	50	0.233	0.40
L	40	20	0.676	44.340	340	170	0.626	64.60
M	20	20		2.413	120	90	0.690	96.20
N	170	20	0.203	0.017	270	20	0.111	0.30
O	20	20		0.065	20	20	0.175	25.40
P	20	20	0.303	0.780	20	20	0.121	99.50
Q	20	20	0.105	0.189	20	20	0.328	71.60
R	150	20	0.771	41.129	195	120	0.653	45.00
S	220	20	0.490	9.852	260	130	0.314	17.30
T	20	20	0.849	66.963	20	20	0.569	39.10
U	20	20		0.689				
V	20	20	0.253	0.436				
W	20	20	1.907	62.461				
X			1.938	56.620				
Y	20	20	0.666	56.857				
Z			0.718	50.536				

ANEXO 18 - CONCENTRACION DE COLIFORMES TOTALES,  
 FECALES ( NMP/100 gr), MATERIA ORGANICA  
 (%) Y LODOS (%) EN SEDIMENTO PARA  
 JUNIO 1990 .

ESTACION	J U N I O 1 9 9 0			
	C T	C F	C O T	L O D O S
8	-	-	1.563	22.780
11	-	-	2.147	40.146
12	24 000	7 800	0.917	46.093
13	-	-	2.404	69.212
14	-	-	0.421	2.899
15	2 400	110	0.767	20.238
21	24 000	490	0.951	80.347
23	24 000	790	2.544	61.107
24	3 500	210	0.185	9.781
25	24 000	130	0.151	0.621
26	3 500	1 300	0.185	0.173
27	24 000	2 200	0.851	41.482
28	-	-	0.934	28.135
35 o' A	16 000	330	3.642	26.305
36	24 000	210	0.361	12.817
37	490	68	0.168	0.846
38	920	110	0.353	20.716
B	11 000	330	1.402	41.822
C	5 400	1 100	0.443	31.577
D	92 000	4 500	0.936	49.266