

**CALIDAD BACTERIOLOGICA DEL AGUA DE MAR
EN LA ZONA COSTERA NOROCCIDENTAL DE
BAJA CALIFORNIA**

**BACTERIOLOGICAL QUALITY OF THE SHORELINE SEA
WATER IN NORTHWESTERN BAJA CALIFORNIA, MEXICO**

Por/By
José Antonio Zegovia Zavala
María Victoria Orozco Borbón
Instituto de Investigaciones Oceanológicas
Apartado postal No. 453
Ensenada, B.C., México

SEGOVIA ZAVALA J. A. y M. V. Orozco Borbón. Calidad bacteriológica del agua de mar en la zona costera noroccidental de Baja California, México. Bacteriological quality of the shoreline sea water in northwestern Baja California, México. *Ciencias Marinas* 12(1): 93-102 (10)

RESUMEN

De diciembre de 1979 a octubre de 1980, se investigó la calidad bacteriológica del agua de mar en la zona costera de los municipios Tijuana y Ensenada, B.C. Se realizaron ocho muestreos en 10 estaciones situadas a lo largo de la zona de estudio, utilizándose como organismos indicadores de contaminación fecal a los coliformes totales y fecales. Se reporta una mayor concentración de bacterias en la época de lluvia (enero) y verano (julio y agosto), siendo los puntos de mayor contaminación y riesgo a la salud los centros turísticos de Punta Bandera y Granada Cove.

ABSTRACT

The bacteriological quality of the sea water was studied from December 1979 to October 1980 in the Tijuana and Ensenada municipalities, B.C. Eight samplings in 10 stations were realized along the studied area, using total and faecal coliforms as indicatory organisms of faecal pollution. A great bacteria concentration was found during rain time (January) and summer (July-August); the places with the highest pollution and risk for human health were Punta Bandera and Granada Cove touristic centers.

INTRODUCCION

La contaminación del agua en la zona costera Noroccidental de Baja California, se debe al rápido crecimiento urbano e industrial y a la falta de infraestructura adecuada para el tratamiento y control de aguas residuales de los municipios del estado, principalmente en las ciudades de Tijuana y Ensenada (Segovia Zavala, 1982). Estas dos ciudades generan aproximadamente 92 millones de litros diarios de aguas residuales domés-

INTRODUCTION

The marine contamination of water in the shoreline in northwestern Baja California es due to the rapid urban and industrial growth and the inexistence of an adequated infrastructure for the control and treatment of the residual waters from state municipalities, especially in Tijuana City and Ensenada City (Segovia-Zavala, 1982). Those two cities generate daily approximaltely 92 million liters of residual (domestic and

ticas e industriales (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1983; Juvenal Rogel, comunicación personal*).

Algunos estudios de contaminación en la zona costera, indican deterioro en la calidad de la misma (Instituto de Investigaciones Oceanológicas, 1982; Segovia Zavala, 1982; Sañudo-Wilhelmy, 1983). Y Segovia y Galindo (1984), reportan cargas orgánicas de consideración que son evacuadas a la zona costera. En general esta zona Noroccidental es utilizada por el turismo y la población con fines recreativos, así como de pesca. Actualmente se reportan que se internan por la Garita Internacional de Tijuana 13 millones de personas por año (Secretaría de Turismo del Estado de Baja California, 1980), lo que da una idea de la actividad y uso turístico de esta zona.

El presente estudio tiene como objetivo determinar la calidad bacteriológica del agua de mar (espacio-tiempo) con la finalidad de detectar posibles áreas peligrosas para los usos recreativos de las playas de la zona Noroccidental de Baja California (Tijuana-Ensenada) utilizando como indicadores de contaminación los coliformes totales y fecales.

MATERIALES Y METODOS

Las estaciones de muestreo fueron ubicadas en base a su accesibilidad y presencia de asentamientos humanos. Se situaron diez estaciones de muestreo, distribuyéndose a lo largo de la costa en estudio, abarcando parte de los Municipios de Tijuana y Ensenada, B.C. (Fig. 1).

Todas las muestras fueron colectadas en la superficie y en marea baja que es cuando se tiene una mayor concentración de bacterias; realizándose ocho muestreos mensuales de diciembre de 1979 a octubre de 1980. Los muestreos y análisis se realizaron de acuerdo a las técnicas de la American Public Health Association (1975), determinándose bacte-

rial) waters. (Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1983; Juvenal Rogel, personal communication).

Some studies about contamination in the shoreline show a damage of its quality. (Instituto de Investigaciones Oceanológicas, 1982; Segovia-Zavala, 1982; Sañudo-Wilhelmy, 1983). And Segovia and Galindo (1984) report considerable organic charges which are evacuated into the shoreline. In general, this northwestern zone is used by population and tourists as a resort and for fishing activities. Present reports indicate that 13 million people cross Tijuana border line into Mexico each year, (Secretaria de Turismo del Estado de Baja California, 1980), which gives an idea of the touristic activity of this zone.

The objective of this study is to try to determine the bacteriological quality of sea water (space-time) in order to try to determine possible dangerous areas for resort in beaches of the northwestern Baja California (Tijuana-Ensenada), using total and faecal coliforms as pollution index.

MATERIALS AND METHODS

Sampling stations were situated according to their accessibility and to the presence of human settlements. Ten sampling stations were situated along the studied shoreline, comprising a portion of Tijuana and Ensenada municipalities (Fig. 1).

All samples were collected from the sea surface and in low tide, when bacteria concentration is higher. Eight samplings were realized monthly from December 1979 to October 1980. Samplings and analysis were made according to the American Public Health Association (1975), determining total and faecal coliform bacteria by using then more probable number method (MPN) in five tubes series.

RESULTS

The mean concentration of the distribution of total and faecal coliform bacteria (between Punta Bandera and Punta Banda)

* Comisión Estatal de Servicios Públicos del Estado.

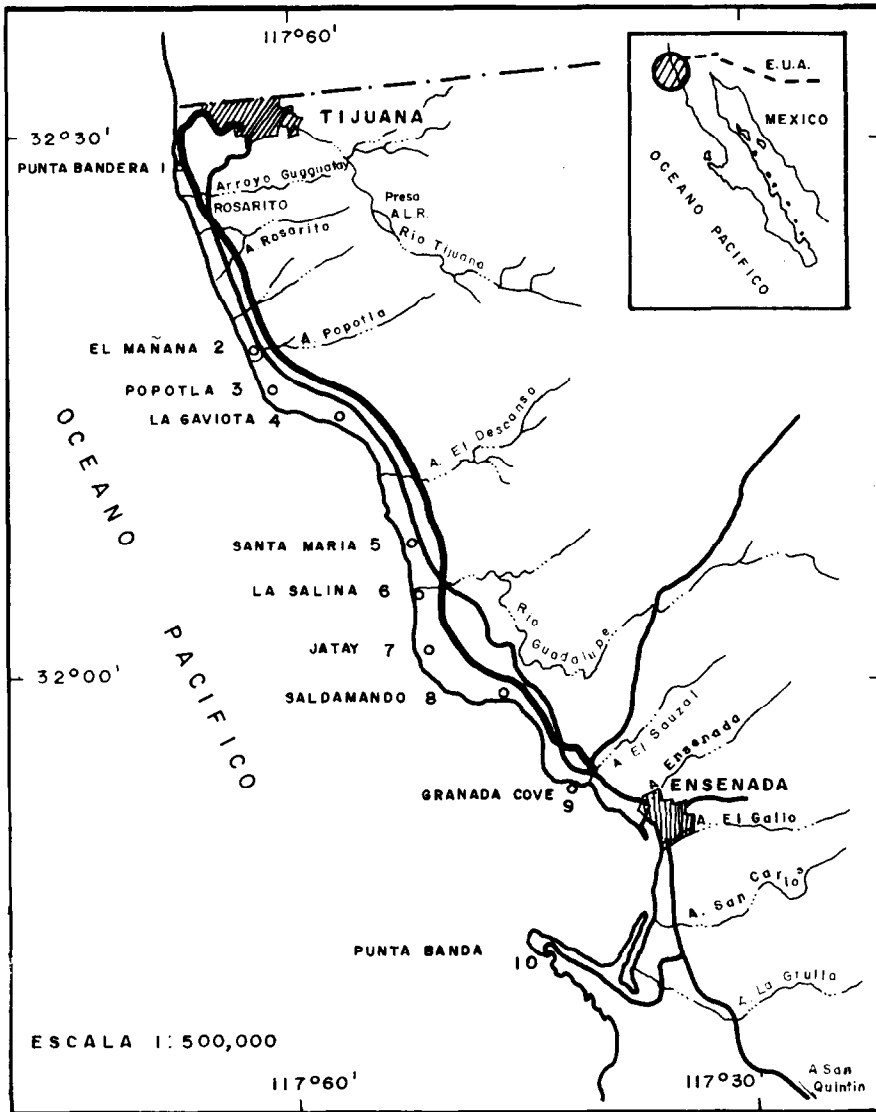


FIG. 1. Localización de las estaciones de muestreo para agua de mar en la zona costera noroccidental de Baja California, México.
 Localization of sampling stations for sea water in northwestern Baja California shoreline, Mexico.

rias coliformes totales y fecales por el método del número más probable (NMP) con serie de cinco tubos.

RESULTADOS

La concentración promedio de la distribución (entre Punta Bandera y Punta Ban-

was 335 and 26 bacteria in 100 ml respectively. In general, maximal concentrations occurred in stations 1, 3 and 9, being significantly (0.05) higher for faecal coliform bacteria (Table I, Table II); total coliforms did not show significant differences. The minimal values were found in station 7.

CALIDAD BACTERIOLOGICA DEL AGUA DE MAR

da) de bacterias coliformes totales y fecales fue de 335 y 26 bacterias en 100 ml, respectivamente. En general las concentraciones máximas ocurrieron en las estaciones 1, 3 y 9, siendo estas significativamente (0.05) mayores para bacterias coliformes fecales (Tabla I, Tabla II); para coliformes totales no se mostró diferencias significativas. Los valores menores se presentaron en la estación 7.

Respecto a la variación en el Tiempo (diciembre de 1979 a octubre de 1980), las concentraciones promedio de bacterias coliformes totales variaron entre 22 a 1600 y las coliformes fecales entre 6 y 69 bacterias por 100 ml, ocurriendo básicamente los máximos en los meses de verano (julio y agosto) y los mínimos en octubre (Tabla III). El análisis estadístico comprueba lo anterior, ya que se presentan diferencias significativamente mayores (0.05) para los meses de enero, julio y agosto (Tabla IV) en coliformes fecales; y para coliformes totales las diferencias fueron las mismas exceptuando agosto y las menores para el mes de octubre (Tabla IV).

Para establecer el grado de calidad sanitaria, se compararon las concentraciones de bacterias coliformes fecales con los límites establecidos para aguas de uso recreativo con contacto primario (200 coliformes fecales/100 ml), determinándose que el 2.5% de las muestras sobrepasan los límites, siendo las estaciones 1 y 9 las que presentan una mayor alteración en la calidad sanitaria y las estaciones 7 y 8 son las de mejor calidad.

DISCUSION

Las concentraciones de bacterias coliformes totales y fecales presentaron un considerable grado de fluctuación en su distribución espacio tiempo, esto posiblemente debido a diferencias en las condiciones climáticas, corrientes, configuración de la costa y aportes por descargas de aguas negras.

La alta concentración de bacterias coliformes en la estación 1 (Punta Bandera) se debe a que se encuentra ubicada a 1900 metros del emisor de aguas negras de la ciudad de Tijuana, B.C. (Punta Los Buenos) y su cercanía a centros turísticos, además de ser

TABLE I. Distribución promedio de bacterias coliformes en agua de mar de la zona costera noroccidental de Baja California de diciembre 1979 a octubre 1980 (NMP/100 ml).
TABLE I: Main coliform bacteria distribution in sea water from northwestern Baja California shoreline from December 1979 to October 1980 (NMP/100 ml).

ESTACION	C. TOTALES		C. FECALES	
	X	Min. Máx.	X	Min. Máx.
1	514	170 1,600	80	20 220
2	270	2 1,600	15	1.8 50
3	376	7 1,600	26	6 63
4	265	1.8 1,600	14	1.8 50
5	265	1.8 1,600	12	1.8 20
6	288	1.8 1,600	7	1.8 20
7	247	1.8 1,600	5	1.8 20
8	266	1.8 1,600	10	1.8 50
9	551	20 1,600	70	9 230
10	303	9 1,600	21	1.8 63

X = 335 X = 26

With respect to temporal variations (December 1979 to October 1980), main concentrations of total coliform bacteria varied between 22 and 1 600 and faecal coliforms from 6 to 69 bacteria by 100 ml, the maxima occurring in summer (July and August) and the minima in october (Table III). Statistical analysis proves the preceding statements, since high significant differences (0.05) were found, from January, July and August

TABLA II. Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis de una sola vía al 95% de confianza entre las estaciones de muestreo para los coliformes totales y fecales de agua de mar en la zona costera noroccidental de Baja California, dic. 1979-oct. 1980 (S = significativa NS= no significativa).

TABLE II. Results of Kruskal-Wallis one way non parametric test at 95% of confidence between sampling stations for total and faecal coliforms from sea water in northwestern B.C. shoreline. Dec. 1979 to Oct. 1980 (S= significative NS= non significative).

PARAMETROS ANALISIS MULTIPLE	COLIFORMES FECALES AGUA DE MAR	COLIFORMES TOTALES AGUA DE MAR
PTA. BANDERA - EL MAÑANA	S	NS
PTA. BANDERA - POPOTLA	NS	NS
PTA. BANDERA - LA GAVIOTA	S	NS
PTA. BANDERA - STA. MARIA	S	NS
PTA. BANDERA - LA SALINA	S	NS
PTA. BANDERA - JATAY	S	NS
PTA. BANDERA - SALDAMANDO	S	NS
PTA. BANDERA - GRANADA COVE	NS	NS
PTA. BANDERA - PUNTA BANDA	S	NS
EL MAÑANA - POPOTLA	NS	NS
EL MAÑANA - LA GAVIOTA	NS	NS
EL MAÑANA - STA. MARIA	NS	NS
EL MAÑANA - LA SALINA	NS	NS
EL MAÑANA - JATAY	NS	NS
EL MAÑANA - SALDAMANDO	NS	NS
EL MAÑANA - GRANADA COVE	S	NS
EL MAÑANA - PUNTA BANDA	NS	NS
POPOTLA - LA GAVIOTA	NS	NS
POPOTLA - STA. MARIA	S	NS
POPOTLA - LA SALINA	S	NS
POPOTLA - JATAY	S	NS
POPOTLA - SALDAMANDO	S	NS
POPOTLA - GRANADA COVE	NS	NS
POPOTLA - PUNTA BANDA	NS	NS
LA GAVIOTA - STA. MARIA	NS	NS
LA GAVIOTA - LA SALINA	NS	NS
LA GAVIOTA - JATAY	NS	NS
LA GAVIOTA - SALDAMANDO	NS	NS
LA GAVIOTA - GRANADA COVE	S	NS
LA GAVIOTA - PUNTA BANDA	NS	NS
STA. MARIA - LA SALINA	NS	NS
STA. MARIA - JATAY	NS	NS
STA. MARIA - SALDAMANDO	NS	NS
STA. MARIA - GRANADA COVE	S	NS
STA. MARIA - PUNTA BANDA	NS	NS
LA SALINA - JATAY	NS	NS
LA SALINA - SALDAMANDO	NS	NS
LA SALINA - GRANADA COVE	S	NS
LA SALINA - PUNTA BANDA	NS	NS
JATAY - SALDAMANDO	NS	NS
JATAY - GRANADA COVE	S	NS
JATAY - PUNTA BANDA	S	NS
SALDAMANDO - GRANADA COVE	S	NS
SALDAMANDO - PUNTA BANDA	NS	NS
GRANADA COVE - PUNTA BANDA	S	NS

CALIDAD BACTERIOLOGICA DEL AGUA DE MAR

una zona desprotegida y expuesta a fuerte oleaje y corrientes, lo que puede liberar bacterias del sedimento. Van Donsel y Geldreich (1971) y Gerba (1976), señalan como causa del incremento, frecuencia de aislamiento y posibilidad de sobrevivencia de coliformes y bacterias patógenas a disturbios del sedimento.

Las estaciones 3 (Popotla) y 9 (Granada Cove), presentan altas concentraciones debido al aporte de aguas negras de los mismos campos turísticos. Arce-Duarte (1984), señala a la última zona como poco afectada en comparación de la rada del puerto de Ensenada, B.C., sin embargo no se descarta la influencia que puede tener las descargas de aguas residuales domésticas e industriales de Ensenada y El Sauzal, B.C., en la sobrevivencia de bacterias en la zona.

En las estaciones donde no existen descargas urbanas próximas, las concentraciones de bacterias coliformes se deben a los desechos de animales de sangre caliente como aves y mamíferos que se encuentran en las partes bajas y aportan bacterias mediante las heces fecales. Presnell y Miescier (1971), mencionan que las fuentes de contaminación por bacterias coliformes y salmonellas son organismos como el mapache (*Procyon lotor sp*), rata almizclera (*Ondatra zibethicus*), rata de campo (*Musculus sp.*), conejo (*Silvillaque floridanus*) y aves marinas como *Podylimbusypy rallus*.

Las diferencias significativas entre los meses de muestreo se deben básicamente a cambios climáticos, así como al incremento en la población flotante que hace uso de la franja costera. Las altas concentraciones de bacterias coliformes en el mes de enero, se relacionan con el máximo de precipitación pluvial (Fig. 2 y 3), en esta época la zona de estudio se erosiona y por medio de un número considerable de arroyos son conducidos al mar las bacterias removidas del terreno. El New York Sea Grant Institute (1975), menciona que la Bahía de Moriches, New York, se ve incrementada considerablemente en concentración de bacterias coliformes después de lluvias y escurrimientos; Geldreich (1968), establece el peligro que

TABLE III. Concentración promedio mensual de bacterias coliformes para agua de mar en la zona costera noroccidental de Baja California de diciembre 1979 a octubre 1980 (NMP/100 ml).

TABLE III. Monthly average concentrations of coliform bacteria in sea water of the northwestern Baja California shoreline from December 1979 to October 1980 (NMP/100 ml).

MES	C. TOTALES		C. FECALES	
	X	Min Máx	X	Min Máx
Diciembre	84	20 280	9	1.8 33
Enero	472	280 920	63	20 170
Marzo	76	1.8 350	9	1.8 33
Junio	173	1.8 540	10	1.8 50
Julio	1,600	1,600 16,000	69	7 230
Agosto	178	31 920	26	2 79
Septiembre	72	20 280	17	1.8 94
Octubre	22	1.8 170	6	1.8 33

(Table IV) in faecal coliforms; and for total coliforms the differences were not significant, except in August, and the lowest in October (Table IV).

In order to establish the sanitary condition of sea water, faecal coliform bacteria concentration was compared to the established limit for water to be used in recreation in "first contact" (200 faecal coliform/100 ml), specifying that 2.5% of the samples exceeds this limit, especially in stations 1 and 9; stations 7 and 8 were the best ones.

DISCUSSION

Total and faecal coliform bacteria concentrations showed a considerable fluctuation in their spacial temporal distribution, maybe due to climatic differences, marine currents, shoreline configuration and residual water input.

The high concentration of coliform bacteria in station 1 (P. Bandera), is due to its proximity (1 900 m) to the Tijuana's residual waters issue (Punta Los Buenos), and to its proximity to the touristic centers; besides it

TABLA IV. Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis de una sola vía al 95% de confianza entre los meses de muestreo para las coliformes totales y fecales de agua de mar en la zona costera noroccidental de Baja California - dic. 1979 - oct. 1980 (S= significativa NS= no significativa).

TABLE IV. Results of Kruskal-Wallis one way non parametric test with 95% of confidence among sampling months for total and faecal coliform of sea water in northwestern Baja California shoreline (Dec. 1979 - Oct. 1980). (S =significantive NS = non significantive).

PARAMETROS ANALISIS MULTIPLE	COLIFORMES FECALES AGUA DE MAR	COLIFORMES TOTALES AGUA DE MAR
Dic. - Enero	S	S
Dic. - Marzo	NS	NS
Dic. - Junio	NS	NS
Dic. - Junio	S	S
Dic. - Agosto	S	NS
Dic. - Sept.	NS	NS
Dic. - Oct.	NS	S
Enero - Marzo	S	S
Enero - Junio	S	S
Enero - Julio	NS	NS
Enero - Agosto	NS	S
Enero - Sept.	S	S
Enero - Oct.	S	S
Marzo - Junio	NS	NS
Marzo - Julio	S	S
Marzo - Agosto	S	NS
Marzo - Sept.	NS	NS
Marzo - Oct.	NS	S
Junio - Julio	S	S
Junio - Agosto	S	NS
Junio - Sept.	NS	NS
Junio - Oct.	NS	S
Julio - Agosto	NS	S
Julio - Sept.	S	S
Julio - Oct.	S	S
Agosto - Sept.	S	NS
Agosto - Oct.	S	S
Sept. - Oct.	NS	S

representan los escurrimientos urbanos provocados por lluvias y determina que la contaminación bacteriológica proviene de material fecal aportado por perros, roedores, etc.

El incremento de concentración de bacterias en el verano (julio-agosto) puede deberse al aumento de la temperatura del agua (Figura 2 y 3) así como a la población flotante

is an unprotected zone, in front of marine waves and currents, and this mechanical action can liberate bacteria from sediment. Van Donsel and Geldreich (1971) and Gerba (1976) point out the sediment disturbance as the reason for the increase, isolation frequency, and survival possibilities of coliforms and pathogenic bacteria.

Stations 3 (Popotla) and 9 (Granada Cove) show high concentrations due to the residual water input from touristic camps. Arce - Duarte (1984) mention Granada Cove as a low-affected zone in comparison with Ensenada's harbor. However, the influence of the domestic and industrial residual waters from Ensenada and El Sauzal, B.C. in bacteria survival in this zone is not discarded.

In stations without near urban discharges, the coliform bacteria concentration is due to the action of hot-blood animals such as birds and mammals which contribute with bacteria in their faecal faeces. Presnell and Miescier (1971) mention raccoons (*Procyon lotor sp.*), muskrats (*Ondatra zibethicus*), rats (*Musculus sp.*), rabbit (*Silvillaque floridanus*) and sea birds like *Podylimbyspy rallus* as coliform bacteria and salmonella source in waters.

The significantive differences among sampling months were basically due to climatic changes, and to the floating population using the shoreline. The high concentrations of coliform bacteria in January are related to the maximal pluvial precipitation (Fig. 2 and 3). In this time, the studied area is eroded by a considerable number of craks and bacteria removed from the land are conveyed into the sea.

The New York Sea Grant Institute (1975) mentions that in Moriches Bay, New York, faecal coliform levels increased after pluvial precipitations and drippings.

Geldreich (1968) establishes the danger represented by urban drippings caused by rain and determines that faecal contamination is provided by dogs, rats, etc.

CALIDAD BACTERIOLOGICA DEL AGUA DE MAR

en esa época. Según la Secretaría de Turismo del Estado de Baja California (1980) señala que en estos meses se internaron por la garita internacional de Tijuana 1'058,561 y 1'119,055 personas por cada mes, lo que da una idea del flujo de turismo que se genera en estas costas. El New York Sea Grant Institute (1975), reporta que en la Bahía del Sur, Nueva York, se observaron incrementos en las bacterias coliformes fecales en condiciones de sequía pero sujetas a un incremento en la densidad de población en época de verano; además se tiene conocimiento que la temperatura es un factor que influye en la sobrevivencia y distribución de bacterias en el medio marino.

Basados en la comparación con los límites establecidos por la legislación mexicana para aguas de uso recreativo con contacto primario (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos 1979), se establece en general que la calidad bacteriológica de las aguas es aceptable con excepción de las estaciones de Punta Bandera y Granada Cove y en un menor grado Popotla y en especial durante los meses de verano, cuando tienen uso por los bañistas pudiendo constituir un problema de salud pública.

The increase in bacteria concentration during summer (July and August) can be due to water temperature increases (Fig. 2 and 3), and to the increase of the floating population in summer. The Secretaria de Turismo del Estado de Baja California (1980) mentions that in these months, about 1 058 561 and 1 119 055 people crossed Tijuana's international border each month, which gives an idea of the touristic stream generated on these coasts. The New York Sea Grant Institute (1975) reports that in South Bay, New York, faecal coliform bacteria increase during drought time but with an increase in population density during summer; it is also known that temperature affects the survival and distribution of bacteria in marine environment.

CONCLUSIONS

A major concentration of coliform bacteria is present during rain time (January) and summer (July and August).

In general, the bacteriological quality of the studied shoreline is acceptable, since only 2.5% of the samples exceed the limit

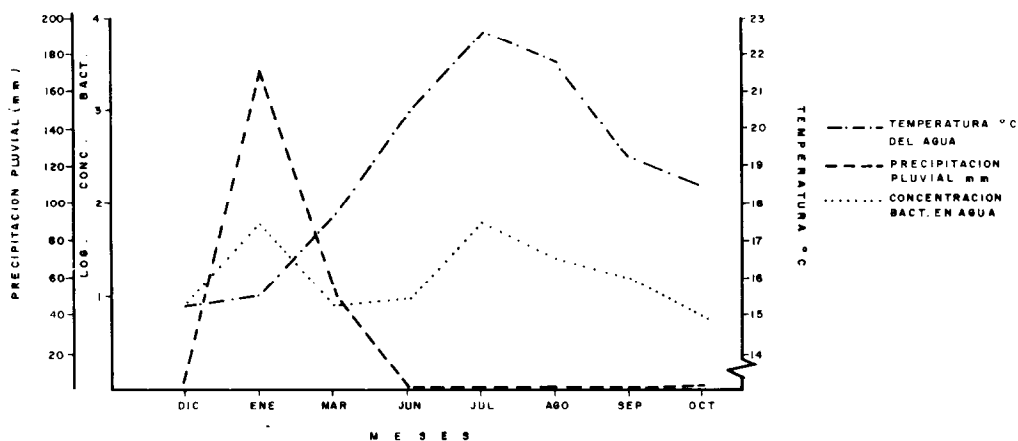


FIG. 2. Gráfica comparativa de concentración de bacterias coliformes fecales, precipitación pluvial y temperatura media del agua en °C en los meses de muestreo. (NMP/ 100 ml). Comparative graphic of faecal coliform bacteria concentration, pluvial precipitation and average sea water temperature (°C) on sampling months (NMP/100 ml).

Segovia-Orozo

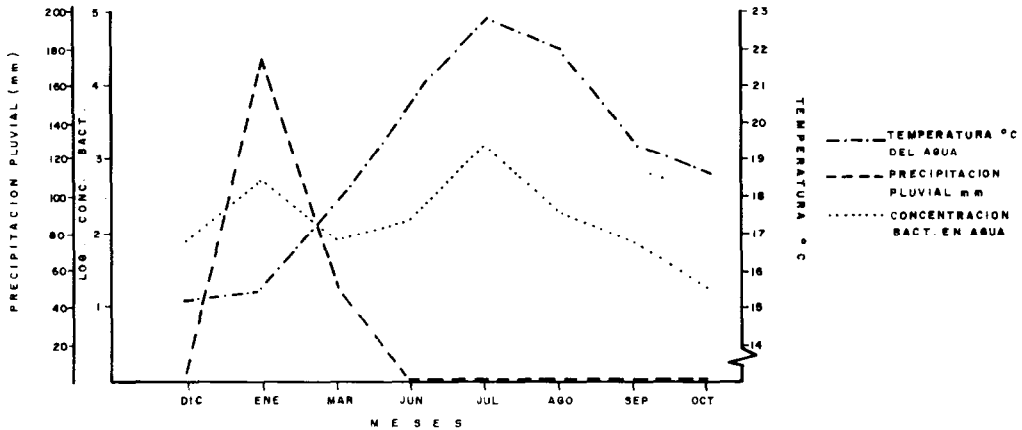


FIG. 3. Gráfica comparativa de concentración de bacterias coliformes totales, precipitación pluvial y temperatura media del agua en °C en los meses de muestreo (NMP/100 ml).
 FIG. 3. Comparative graphic of total coliform bacteria concentration, pluvial precipitation and average sea water temperature (°C) on sampling months (NMP/100 ml).

Cabe aclarar que en el presente trabajo la zona Norte no presenta un cuadro alarmante, debido a que cuando éste se realizó, la descarga de aguas negras de Tijuana, B.C. al litoral era mínima, ya que eran enviadas a Estados Unidos para su tratamiento en Punta Loma California. Sin embargo desde 1981 las descargas al mar se han incrementado, proyectándose evacuar aproximadamente 20 millones de galones diarios (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1983), esperando aumentos de consideración de bacterias coliformes en esta zona fronteriza, corriendo el riesgo de problemas de salud pública.

CONCLUSIONES

Se presenta una mayor concentración de bacterias coliformes en época de lluvia (enero) y en verano (julio y agosto).

En general la calidad bacteriológica de la franja costera estudiada es aceptable, ya que solamente el 2.5% de las muestras excedieron el límite establecido por la legislación mexicana para aguas de uso recreativo con contacto primario. La excepción son Punta Bandera y Granada Cove.

establish by the Mexican legislation for uses of water in a primary contact. The exceptions were Punta Bandera and Granada Cove.

Based on the limits established by the Mexican legislation for recreative uses of water in a primary contact (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1979), we establish, in general, that the bacteriological quality of waters is acceptable, except Punta Bandera and Granada Cove stations, and in a minor level Popotla, especially during summer, when it is used by swimmers and can become a public health problem.

It should be mentioned that in this work the North zone does not show an alarming picture, because when this work was realized, Tijuana's residual water discharges were minimal, since these residual waters were sent into the United States for their treatment in Punta Loma, California. However, since 1981, residual water discharges were increased, and a total evacuations of 20 million gallons daily into the shoreline is in project (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1983); considerable increases in coliform bacteria concentrations in this border zone are expected, with a public health risk.

CALIDAD BACTERIOLOGICA DEL AGUA DE MAR

LITERATURA CITADA

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, American Water Works Association y Water Pollution Control Federation. 1975. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 14va. edición. APHA: New York, 1093 ps.
- ARCE Duarte, F.A., 1984. Efectos de contaminación orgánica en la zona costera de la Bahía de Todos Santos, Baja California. Tesis para obtener la Licenciatura en Oceanología. Escuela Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C., Ensenada, B.C. 75 ps.
- GELDREICH, E.E., L.C. Best, B.A. Kinner y D.J. Van Donsel. 1968. The bacteriological aspects of storm water pollution. *J. Water Pollut. Contr. Fed.*, 40(II): 1861-1872.
- GERBA, C.P. y J.S. McLeod. 1976. Effects of sediments on the survival of *Escherichia coli* in marine waters. *Appl. Environm. Microbiol.* 32:114-120.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLOGICAS (UABC). 1982. Estudio general de contaminación costera en el Estado de Baja California. Informe Anual I.I.O.-S.E.P. Apdo. Postal 453, Ensenada, B.C. 87 ps.
- NEW YORK SEA GRANT INSTITUTE. 1975. Proceedings of a Workshop on the Shellfish Management Program in New York State, 59 ps.
- PRESNELL, M.W. y J.J. Miescier. 1971. Coliforms and fecal coliforms in an oyster growing area. *J. Water Pollut. Control Fed.* 43 (3): 407-416.
- SAÑUDO-Wilhelmy, S.A. 1983. Estimación de la carga orgánica de la ciudad de Tijuana, B.C. Tesis para obtener la licenciatura en Oceanología. Escuela Superior de Ciencias Marinas U.A.B.C., Ensenada, B.C. 81 ps.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS 1979. Reglamento para la prevención y control de la contaminación de las aguas en México. 43 ps.
- ... 1983. Estudio de caracterización de las aguas residuales domésticas de la ciudad de Tijuana, B.C. Subdirección de Programas y Estudios Específicos. Ensenada, B.C.
- SECRETARIA DE TURISMO DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA. 1980. Informe sobre el cruce de personas por la garita internacional de Tijuana, B.C. Centro de Gobierno de Mexicali, B.C. s/p.
- SEGOVIA Zavala, J.A. 1982. Estudio de Contaminación por materia orgánica en la zona industrial de El Sauzal, B.C. Tesis para obtener la licenciatura en Oceanología. Escuela Superior de Ciencias Marinas U.A.B.C., Ensenada, B.C. 96 ps.
- SEGOVIA-Zavala, J.A. y M.S. Galindo, 1984. Fuentes de contaminación por materia orgánica en la Bahía de Todos Santos, Baja California Ciencias Marinas, 10 (1) :19-26.
- VAN DONSEL, D.J. y E.E. Geldreich, 1971. Relationship of salmonella to fecal coliform in bottom sediments. *Water Res.*, 5:1079-1085.