



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

ESCUELA SUPERIOR DE CIENCIAS MARINAS



EVALUACION DE LA CALIDAD BACTERIOLOGICA DEL AGUA DE  
MAR Y Mytilus californianus EN LA ZONA COSTERA  
NOROCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA, MEXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**OCEANOLOGO**

P R E S E N T A

MARIA VICTORIA OROZCO BORBON

NOVIEMBRE DE 1984

## RESUMEN

Las aguas de la zona costera noroccidental de Baja California, se ven afectadas por las descargas residuales domésticas e industriales de la ciudad de Tijuana y Ensenada, B.C., por lo que el presente estudio tuvo como objetivo determinar la calidad bacteriológica del agua de mar y de Mytilus californianus, con la finalidad de detectar épocas con mayor concentración de bacterias y aquellas zonas que presentan mayor peligro para bañistas y consumidores del molusco bivalvo.

Se realizaron ocho muestreos (diciembre 1979 a octubre 1980), en diez sitios localizados a lo largo de la costa. Como bacterias indicadoras de contaminación se usaron a las bacterias coliformes totales y fecales, utilizando el método del número más probable (NMP), con serie de cinco tubos.

Se encontró que las bacterias indicadoras de contaminación presentaron mayores concentraciones en los meses de verano (julio y agosto) y el mes que presentó precipitación pluvial (enero).

Los resultados obtenidos mostraron la capacidad que tienen los mejillones de concentrar bacterias del agua de mar, reflejando éstos la contaminación que existe en el agua.

Se concluyó que en general la calidad bacteriológica de las aguas para uso recreativo es aceptable. Sin embargo, se presentaron concentraciones riesgosas en el mejillón, principalmente en las estaciones cercanas a descargas de poblaciones o centros turísticos así como en verano (julio y agosto) y en enero.


"EVALUACION DE LA CALIDAD BACTERIOLOGICA DEL AGUA  
DE MAR Y MYTILUS CALIFORNIANUS EN LA ZONA  
COSTERA NOROCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA, MEXICO"

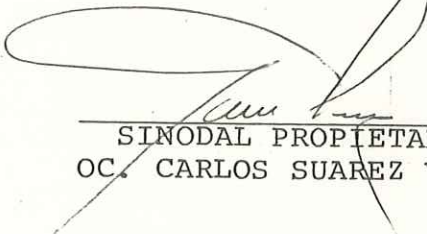
T E S I S

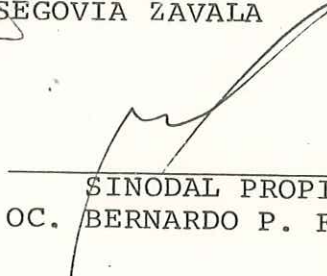
QUE PRESENTA:


MARIA VICTORIA OROZCO BORBON

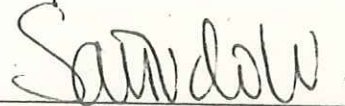
APROBADA POR:

  
PRESIDENTE DEL JURADO  
OC. JOSE ANTONIO SEGOVIA ZAVALA

  
SINODAL PROPIETARIO  
OC. CARLOS SUAREZ VIDAL

  
SINODAL PROPIETARIO  
OC. BERNARDO P. FLORES BAEZ

  
SINODAL SUPLENTE  
OC. SALVADOR GALINDO BECT

  
SINODAL SUPLENTE  
OC. SERGIO A. SAÑUDO WILHELMY

DEDICATORIA

A mis padres  
por su dedicación  
y cariño.

A mi familia

A mis amigos

## AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California, por su apoyo en la realización de la presente tesis, ya que forma parte del proyecto "Diagnóstico Permanente de la Contaminación en el Estado de Baja California" y a la valiosa colaboración de los Oceanólogos ----- Ignacio Rivera Duarte, Fausto Arce Duarte y Miguel - Angel Huerta Díaz.

Mi gratitud al Ocean. José Antonio Segovia --- Zavala por la dirección de este trabajo y a los Oceanólogos Carlos Suárez Vidal, Bernardo P. Flores Baez, Salvador Galindo Bect y Sergio A. Sañudo Wilhelmy, - por sus sugerencias como sinodales del mismo.

Mi sincero agradecimiento a todas las personas que de una u otra manera colaboraron en la realización de este trabajo, especialmente al Profesor ---- Gilberto Flores Muñoz por sus sugerencias y comentarios.

## INDICE

INTRODUCCION .....	1
MATERIALES Y METODOS .....	14
1.- Descripción del área de estudio .....	14
2.- Metodología .....	20
RESULTADOS .....	23
DISCUSION .....	38
CONCLUSIONES .....	49
RECOMENDACIONES .....	50
LITERATURA CITADA .....	51
ANEXOS .....	59

LISTA DE TABLAS

I....Epidemias de enfermedades bacterianas entericas atribuidas al consumo de moluscos crudos ..... 4

II...Epidemias de hepatitis infecciosa atribuidas al consumo de moluscos crudos ..... 5

III..Distribución promedio de bacterias coliformes en agua de mar y Mytilus californianus en la zona costera noroccidental de Baja California ..... 24

IV...Concentración promedio mensual de bacterias coliformes para agua de mar y Mytilus californianus en la zona costera noroccidental de Baja California ..... 25

V....Coeficientes de correlación de bacterias coliformes entre el agua de mar y Mytilus californianus ..... 27

LISTA DE FIGURAS

1....Localización de las estaciones de muestreo para agua de mar y Mytilus californianus en la zona costera noroccidental de Baja California .... 15

2....Concentración promedio de bacterias coliformes fecales para Mytilus californianus ..... 23

3....Concentración promedio de bacterias coliformes fecales para agua de mar ..... 29

- 4....Concentración promedio de bacterias coliformes  
totales en Mytilus californianus ..... 31
- 5....Concentración promedio de bacterias coliformes  
totales para agua de mar ..... 32
- 6....Concentración promedio mensual de bacterias  
coliformes fecales para Mytilus californianus  
..... 33
- 7....Concentración promedio mensual de bacterias  
coliformes fecales para agua de mar ..... 34
- 8....Concentración promedio mensual de bacterias  
coliformes totales para Mytilus californianus  
..... 35
- 9....Concentración promedio mensual de bacterias  
coliformes totales para agua de mar ..... 36
- 10...Concentración de bacterias coliformes fecales para  
agua de mar y Mytilus californianus en la zona  
costera noroccidental de Baja California  
..... 37
- 11...Gráfica comparativa de concentración de bacterias  
coliformes fecales en moluscos y agua de mar,  
precipitación pluvial y temperatura media en  
grados centígrados del agua en los meses de  
muestreo..... 43
- 12...Gráfica comparativa de concentración de bacterias  
coliformes totales en moluscos y agua de mar,  
precipitación pluvial y temperatura media en  
grados centígrados del agua en los meses de  
muestreo ..... 44

## INTRODUCCION

Contaminación marina ha sido definida por el grupo de expertos de la Organización de las Naciones Unidas (1971), como "La introducción directa o indirecta de sustancias o energéticos al medio marino (incluyendo estuarios), que alteran la calidad del agua de mar y dañan la salud humana, afectando las actividades marinas, como la pesca y reduciendo su valor recreativo".

Una de las principales causas de contaminación en las aguas costeras son las descargas de aguas residuales domésticas, las cuales introducen al ecosistema marino diferentes tipos de sustancias contaminantes entre las cuales se encuentran las físicas (turbidez, radioactividad, térmicas), químicas (sustancias orgánicas, sustancias inorgánicas y sustancias tóxicas) y contaminantes bacteriológicos (bacterias patógenas) (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1979a).

Las zonas litorales se utilizan para múltiples actividades como turismo, pesquerías y acuicultura, implicando un control efectivo de la calidad de las aguas.

Los principales problemas de algunas zonas marinas, son riesgos epidemiológicos ligados a descargas de aguas residuales con elevada carga bacteriana de origen entérico, así como de gérmenes patógenos (Aubert, 1969; Bianchi, 1977); en aguas residuales domésticas se ha reportado la presencia de bacterias de tipo: coliformes, estafilococos, estreptococos, proteus, pseudomonas, shigella, leptospira, vibrio así como virus del hepatitis y poliomielitis (Skinner, 1971; Barrow, 1981). Estos microorganismos al penetrar al ecosistema marino son afectados por la dilución, sedimentación y efecto bactericida del agua de mar (Zobell, 1936; Carlucci y Pramer, 1959; Mitchell, 1968), también mencionan a la temperatura, salinidad, producción de antibióticos, luz solar y bacteriófagos como las principales causas de la desaparición de bacterias patógenas en el mar.

Se ha observado que la presencia de algas y algunos protozoarios inhibe el crecimiento de las bacterias coliformes (Hora et al, 1977; Aubert, 1978; Roper y Marshall, 1973). No obstante sobreviven el tiempo suficiente para ocasionar problemas a la salud, principalmente a bañistas y consumidores de moluscos bivalvos, reportándose que Escherichia coli y Salmonella typhosa sobreviven períodos superiores a un mes en agua

de mar (Zobell, 1941; Vaccaro et al, 1950) y Salmonella thyphimurium persiste hasta por siete semanas en tejidos de ostras (Hartland y Timoney, 1979).

La Commission for Western Australia (1961), el Southern California Coastal Water Research Project (1973) y El-Sharkawi (1978), han reportado brotes de epidemias en el hombre atribuidas a baños en agua de mar contaminada por materia fecal.

Debido a que los moluscos bivalvos son filtroalimentadores, tienen la capacidad de alojar y concentrar microorganismos patógenos presentes en el agua de mar (Metcalf y Stiles, 1965; Cabelli y Heffernan, 1970; Hartland y Timoney, 1979; Attree y Aubert, 1980; Barrow, 1981), los cuales al ser consumidos pueden producir fiebre tifoidea, paratifoidea, cólera, disentería bacilar, poliomiелitis y hepatitis (Hoff y Becker, 1968; Bendinelli y Rushi, 1969; Thomson y Thaker, 1972; Mackowiak et al, 1976; Hussong et al, 1981).

La literatura registra algunos antecedentes de epidemias causadas por la ingestión de moluscos bivalvos contaminados (tablas I y II).

Tabla I. Epidemias de enfermedades entéricas atribuidas al consumo de moluscos crudos \*

ENFERMEDAD	MOLUSCO	LOCALIZACION	No. CASOS	ORIGEN DATO
<u>FIEBRE TIFOIDEA</u>				
1931		San Francisco		Geiger y Grey (1932)
1920-34		Francia	100,000	Berlin (1934)
1910	almejas, ostras		41	Old y Gill (1940)
1925	ostras			Lunsden (1925)
1939	ostras		87	Old y Gill (1940)
1900	almejas	Connecticut	1,178	Hart (1945)
1942-45	almejas	Connecticut	96	Hart (1945)
<u>GASTROENTERITIS</u>				
1966	almejas	Connecticut	200	Hart y Christine (1966)
1966	almejas	New Jersey	33	Dismukes, W.E., A.L. Bisno, S. Kotz y R.F. Johnson (1969)
<u>SALMONELOSIS</u>				
1955	mejillones	Toulon, Francia	14	Briscu (1955)

\* Tomada del Southern California Coastal Water Research Project, 1973.

Tabla II. Epidemias de hepatitis infecciosa atribuidas al consumo de moluscos crudos 1955-1966 \*

AÑO	MOLUSCOS	No. CASOS	LOCALIZACION	ORIGEN DATO
1955	Ostras	629	Suecia	Lindberg-Broman (1956)
1961	Ostras	84	Mississippi	Mason y McLean (1962)
1961	Almejas	459	New Jersey	Doughtery (1962)
1963	Almejas	252	Pennsylvania New Jersey	Mosley (1964)
1963	Almejas	119	Connecticut Rhode Island	Mosley (1964)
1966	Almejas	128	New Jersey	Dismukes, W.E., A.L. Bisno, S. Katz y R.F. Johnson (1969)

\* Tomada del Southern California Coastal Water Research Project, 1973.

La seguridad de la salud pública de bañistas y consumidores de moluscos en casi todos los países se establece por medio de estándares bacteriológicos, utilizando para ello indicadores de contaminación.

De acuerdo con la United States Food and Drugs Administration (1974), los indicadores bacteriológicos de contaminación son organismos de un grupo específico, el cual con su presencia demuestra que ha ocurrido contaminación.

Los indicadores bacteriológicos de contaminación se usan para demostrar la contaminación del agua por organismos originarios de los desechos de animales de sangre caliente, incluyendo al hombre, animales silvestres y domésticos (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1979a).

Debido a que son difíciles las técnicas de aislamiento, identificación y enumeración de bacterias y virus patógenos en el agua de mar y moluscos, es común usar como indicadores a los miembros del grupo coliforme (Southern California Coastal Water Research Project, 1973).

BACTERIAS COLIFORMES TOTALES.- Se definen como: bacterias aerobias o anaerobias facultativas, no esporuladas en forma de bacilo, las cuales fermentan la lactosa con formación de gas dentro de cuarenta y ocho horas a 35 grados centígrados de incubación (American Public Health Association, 1975). Algunas de las bacterias incluidas en este concepto están ampliamente distribuidas en la naturaleza y no necesariamente son originarias de material fecal. Consecuentemente la detección de coliformes totales como indicadores de contaminación no es muy confiable (Dutka, 1973; Grunnet, 1976).

El grupo coliforme ha sido usado como indicador de la calidad sanitaria del agua desde 1880, cuando Bacillus coli y organismos similares mostraron ser habitantes normales de descargas fecales (United States Department of the Interior, 1968). Este grupo incluye organismos que varían en características bioquímicas y serológicas y en sus orígenes naturales y habitats (heces, suelo, agua, vegetación, etc), incluyendo las siguientes bacterias:

a).- Escherichia coli, E. aureescens, E. freundii y E. intermedia.

b).- Enterobacter aerogenes, E. cloacae.

c).- intermedias bioquímicamente.

Ventajas y limitaciones del grupo coliforme<sup>s</sup> total  
(Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1979a).

a).- La densidad de coliformes es una medida aproximadamente proporcional a la contaminación por desechos fecales.

b).- Si están presentes las bacterias patógenas de origen intestinal las bacterias coliformes también están presentes y en mayor número.

c).- Las bacterias coliformes son más persistentes en el medio ambiente acuático que las bacterias patógenas de origen intestinal.

d).- Las coliformes son generalmente menos dañinas al hombre y pueden determinarse cuantitativamente por procedimientos rutinarios de laboratorio.

e).- Algunos miembros del grupo coliforme tienen una amplia distribución en el medio ambiente, en comparación

con su presencia en los intestinos de animales de sangre caliente.

f).- Algunas cepas del grupo coliforme pueden crecer en aguas contaminadas y por consiguiente esto hace difícil la evaluación de la presencia o grado de contaminación .

BACTERIAS COLIFORMES FECALES.- Se definen como: bacterias aerobias o anaerobias facultativas no esporuladas que fermentan la lactosa con producción de gas a 44.5 grados centígrados en 24 horas (Rodier, 1981).

En contraste con las bacterias coliformes totales, el indicador más digno de confianza que señala una contaminación feciente son las coliformes fecales (Bonde, 1963, 1966).

Cabelli et al (1974), mencionan que las coliformes fecales son los mejores predictores de riesgos a la salud pública, asociados con baños y moluscos contaminados, sin embargo éstas no son indicadores inequívocos de la calidad del agua y de los moluscos bivalvos, ya que se han detectado virus entéricos y bacterias patógenas en aguas donde los estándares para moluscos y agua de baño no han detectado coliformes fecales (Goyal et al, 1979; Peterson

et al, 1984).

Ventajas y limitaciones del grupo coliforme fecal (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1979a).

a).- La gran mayoría de las bacterias coliformes procedentes del intestino de animales de sangre caliente crecen a temperaturas elevadas.

b).- Estas bacterias se presentan cuando están asociadas con contaminación fecal.

c).- El tiempo de sobrevivencia de las bacterias fecales es más corto que el de las coliformes no fecales, por consiguiente una densidad alta de coliformes fecales indica una contaminación relativamente reciente.

d).- Las coliformes fecales no se multiplican fuera de los intestinos de los animales de sangre caliente.

e).- Las excretas de los animales de sangre caliente incluyen algunas coliformes, las cuales no dan positiva la prueba de la temperatura elevada del método para las coliformes fecales.

f).- Actualmente se conoce poco acerca de la sobrevivencia relativa de las bacterias coliformes y de las bacterias patógenas entéricas en aguas estuarinas contaminadas.

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 domésticas, industriales y agrícolas de los diferentes municipios del estado, principalmente en las ciudades de Tijuana y Ensenada (Segovia-Zavala, 1982). Estas dos ciudades en conjunto generan aproximadamente noventa y dos millones de litros diarios de aguas residuales domésticas e industriales (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1983; Juvenal Rogel, comunicación personal \*), las cuales en su mayoría son descargadas en la zona costera, correspondiendo el 83% del volumen a la ciudad de Tijuana y el 17% a la ciudad de Ensenada.

Diversos estudios de contaminación realizados en la zona costera, señalan un alto grado de deterioro en la

\* Comisión Estatal de Servicios Públicos del Estado.

misma (Instituto de Investigaciones Oceanológicas, 1982; Sañudo-Wilhelmy, 1983; Segovia-Zavala, 1982). Sañudo-Wilhelmy (1983) y Segovia y Galindo (1984), mencionan que la carga orgánica promedio en toneladas por día expresada en demanda bioquímica de oxígeno (DBO), para las aguas residuales de Tijuana y Ensenada, son de 7.03 y 1.47 ton/día respectivamente.

En general la zona costera noroccidental de Baja California es utilizada por el turismo y la población principalmente para fines recreativos así como la pesca. Actualmente se internan por la garita internacional de Tijuana aproximadamente trece millones de personas (Secretaría de Turismo del Estado de Baja California, 1980) lo que da una idea de la actividad turística que se genera en la costa.

En base a los antecedentes, el presente estudio tiene como objetivo determinar la calidad bacteriológica del agua de mar y del mejillón Mytilus californianus de la zona costera noroccidental de Baja California en el espacio y tiempo, con la finalidad de detectar posibles áreas peligrosas para los bañistas y consumidores del molusco bivalvo, que es consumido en escala menor, no descartándose su posible explotación comercial, además de

ser un recurso potencialmente importante para las comunidades costeras. Por lo tanto y a falta de estudios al respecto, se hace necesario cuantificar el deterioro en la calidad bacteriológica de las playas recreativas y del molusco bivalvo que pueden ocasionar problemas económicos y de salud en la región.

## MATERIALES Y METODOS

### 1.- Descripción del área de estudio.

El área de estudio se encuentra localizada entre los  $32^{\circ}31'59''$  y los  $31^{\circ}40'$  de Latitud Norte y entre los  $116^{\circ}40'$  a los  $117^{\circ}30'$  de Longitud Oeste (Figura 1). Comprendiendo la región costera noroccidental de Baja California, desde la frontera con Estados Unidos, hasta Punta Banda, B.C.

El clima predominante es templado, semiseco extremo, reportándose la mayor y menor temperatura en agosto y enero respectivamente. Con una temperatura media anual de  $16^{\circ}\text{C}$ , las nieblas ocurren en todas las estaciones del año, principalmente en los meses de verano (Secretaría de Marina, 1974).

Los vientos prevalecientes a lo largo de la costa son del Noroeste, especialmente durante los meses de marzo a octubre. Durante los meses de noviembre a febrero son frecuentes los vientos del sureste, con ocasionales ventarrones moderados, acompañados por lluvias (United

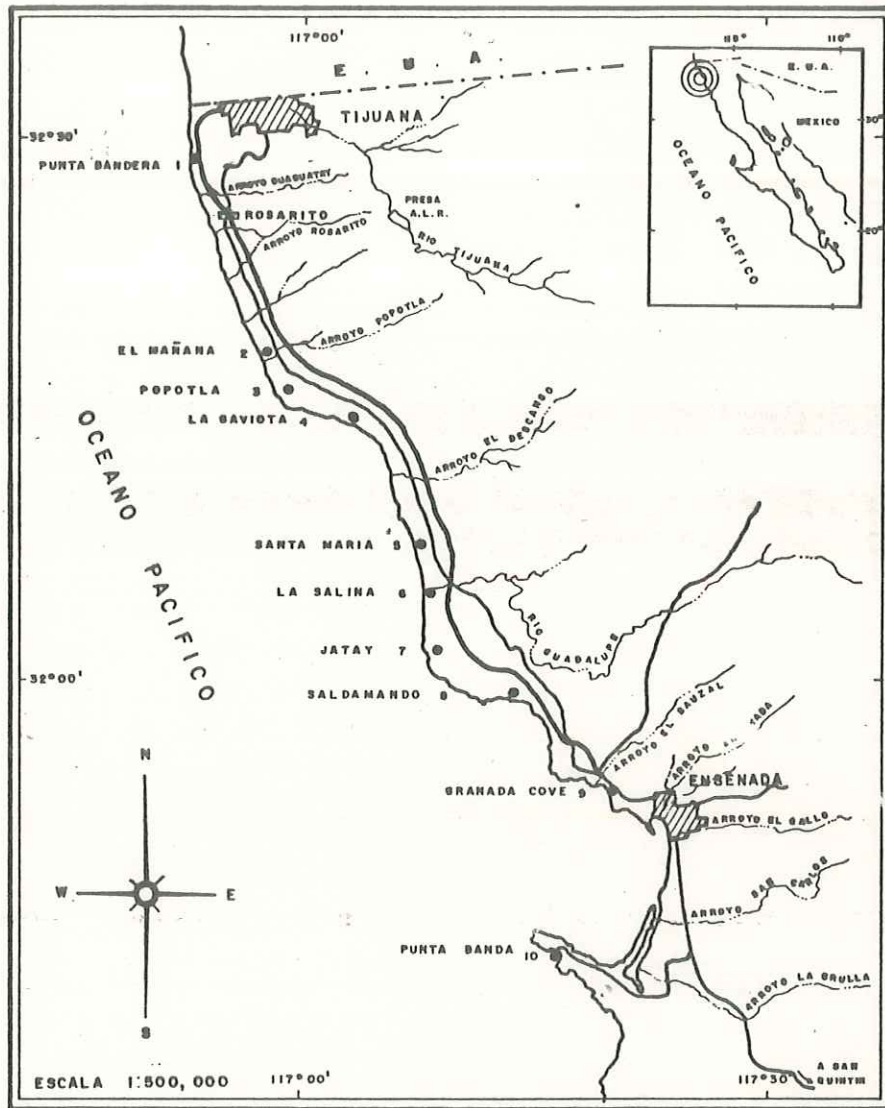


Fig. 1- LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO PARA AGUA DE MAR Y *Mytilus californianus* EN LA ZONA COSTERA NOR- OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA.

States Department of the Interior, 1979).

Las precipitaciones pluviales son escasas y no corresponden a ciclos o periodos normales y uniformes, mucho mas aisladas en las zonas costeras durante el verano, acusando un aumento durante el invierno, aunque en los últimos años las lluvias de invierno han afectado seriamente a la entidad, destacándose las destrucciones ocasionadas por las precipitaciones pluviales ocurridas durante 1979 a 1980.

La ciudad de Ensenada, B.C., presenta un promedio de 254 mm de precipitación anual, con un promedio en enero de aproximadamente 76 mm (United States Department of the Interior, 1979). En cuanto al municipio de Tijuana, presenta un promedio de 273 mm anuales (Negrete et al, 1980).

La erosión hídrica es la más significativa en la entidad y está representada por las corrientes originadas de las precipitaciones pluviales y a la gran variedad de pendientes existentes. En este sentido, las zonas erosionables son las correspondientes a los cauces seguidos por los arroyos intermitentes, provenientes de las montañas. Para el municipio de Tijuana se enumeran

por orden de importancia según Negrete et al (1980) y Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1984), en los siguientes.

Río Tijuana.- Constituye una corriente internacional. A Estados Unidos le corresponde una cuenca de 1,251 kilómetros cuadrados y a México 3,233 kilómetros cuadrados. Generalmente en periodos de lluvias es cuando tiene un mayor gasto; de acuerdo a los boletines hidrológicos de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, durante varios años ha sido desde 0.0 m<sup>3</sup>/seg a un máximo de 72.8 m<sup>3</sup>/seg (Negrete et al, 1980).

Arroyo Guaguatay.- Localizado en el extremo Norte del poblado de Rosarito, el cual se ha visto afectado cuando las lluvias son abundantes como en los últimos años. Su zona de erosión se extiende de Este a Oeste, tiene una longitud de 25 kilómetros y drena un área aproximada de 90 kilómetros cuadrados.

Arroyo Popotla.- Se encuentra localizado al Sureste del municipio de Tijuana y es donde desembocan una serie de corrientes procedentes de varias cañadas. Drena un área de aproximadamente 85 kilómetros cuadrados.

Arroyo el Descanso.- Se extiende de Este a Oeste, localizado al sur del municipio de Tijuana, desemboca en el mar drenando una superficie de 80 kilómetros cuadrados, dentro de las cuales se encuentran los poblados de El Descanso y Alvarez.

Arroyo Rosarito.- Dentro de su área erosiva se ubican las pequeñas localidades de San José, La Esperanza, San Miguel y San Patricio, las cuales también se ven afectadas en épocas de lluvias. Este arroyo se ubica al Sur del poblado de Rosarito drenando un área de 70 kilómetros cuadrados.

Para la parte Norte del municipio de Ensenada y para la Bahía de Todos Santos, el aporte de descargas y sedimentos es provocada por los arroyos intermitentes únicamente durante las lluvias de invierno.

Los responsables de las descargas según la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1984), en orden de importancia son:

Río Guadalupe.- Tiene un recorrido de 115 kilómetros y desemboca en el Océano Pacífico en el sitio conocido como la Misión, el área total drenada es de 2,420

kilómetros cuadrados.

Arroyo Anima-La Grulla.- Tiene una longitud de 75 kilómetros y drena un área de 390 kilómetros cuadrados, desemboca en el Océano Pacífico, cerca del poblado de Maneadero, B. C.

San Carlos.- Aporta sedimentos al Estero de Punta Banda, drenando un área de aproximadamente 720 kilómetros cuadrados, con una longitud de 60 kilómetros.

Ensenada.- La orientación de su cauce principal es de Noreste a Suroeste, tiene una longitud aproximada de 32 km. y drena un área cercana a los 240 kilómetros cuadrados.

El Gallo.- Tiene una longitud aproximada de 25 kilómetros y drena un área cercana a los 240 kilómetros cuadrados.

El Sauzal.- Tiene una longitud aproximada de 12 km. y drena un área aproximada a los 50 kilómetros cuadrados, su cauce principal tiene una orientación de Noreste a Suroeste.

La demografía en los dos municipios es como sigue: en 1979 la población de Tijuana ascendía a 654,000 habitantes de los cuales el 95.77% correspondían a la zona urbana de la ciudad cabecera y el 4.23% a la zona rural, encontrándose dispersa en poblados y rancherías. Los de mayor importancia en la zona costera perteneciente al municipio de Tijuana son Rosarito, con 15,835 habitantes y Ejido Primo Tapia con 739 habitantes (Negrete et al, 1980).

En cuanto al municipio de Ensenada, en 1979 su población fue estimada en 193,363 personas, de las cuales 134,610 correspondían a la zona urbana de Ensenada y el resto a la población rural (Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas del Estado, 1980).

## 2.- Metodología.

Después de un reconocimiento previo que se hizo a la zona de estudio, las estaciones de muestreo fueron escogidas en base a su accesibilidad, abundancia del molusco y presencia de asentamientos humanos.

Las diez estaciones de muestreo se distribuyeron a lo largo de la costa de estudio, abarcando parte del municipio de Tijuana y Ensenada (Figura 1).

Todas las muestras fueron colectadas en marea baja que es cuando se presentan mejores condiciones de colecta. Se realizaron ocho muestreos mensuales de diciembre de 1979 a octubre de 1980.

En cada estación se tomaron muestras de agua de mar y mejillón colectándose 15 mejillones en cada una. Las muestras fueron almacenadas en una hielera a 4 grados centígrados hasta su procesamiento en el laboratorio. Los análisis se realizaron con las técnicas descritas por la American Public Health Association (1970; 1975) y fueron bacterias coliformes totales y coliformes fecales, utilizando el método del número más probable (NMP) con serie de cinco tubos.

Para demostrar diferencias entre los meses y estaciones de muestreo se utilizó el método estadístico no paramétrico Kruskal-Wallis, mencionado por Sokal y Rohlf (1980).

El análisis de correlación para las bacterias

coliformes entre el mejillón y el agua de mar se hizo por el método estadístico no paramétrico señalado por Thomas et al (1976).

## RESULTADOS

La concentración promedio de la distribución (Punta Bandera-Punta Banda) de bacterias coliformes totales y fecales para molusco fueron de 5,747 y 228 bacterias en 100 ml respectivamente y para agua de mar fué de 335 y 26 bacterias en 100 ml. En general los valores máximos ocurrieron en las estaciones 1, 3 y 9 siendo las menores en la estación 7 (Tabla III).

Respecto a la variación temporal (diciembre 1979 a octubre 1980) para el molusco, las concentraciones promedio de bacterias coliformes totales variaron entre 137 a 16000 y para las coliformes fecales entre 71 a 580 en 100 ml. En el agua de mar las concentraciones promedio de bacterias coliformes totales fluctuaron entre 22 y 1,600 y para las coliformes fecales entre 6 y 69 en 100 ml. Ocurriendo en general los máximos en los meses de julio y agosto y los mínimos en octubre. (Tabla IV).

Los resultados obtenidos confirman la capacidad que tienen los mejillones de concentrar bacterias del agua de mar. El factor de concentración por el molusco para las

TABLA III. Distribución promedio de bacterias coliformes en agua de mar y *Mytilus californianus* de la Zona Costera Noroccidental de Baja California de Diciembre 1979 a ---- Octubre 1980 (NMP/100 ml)

ESTACION	M O L U S C O				A G U A D E M A R				R A Z O N	
	C. TOTALES		C. FECALES		C. TOTALES		C. FECALES		C.MOLUSCO / C. AGUA	
	$\bar{X}$	MIN MAX	$\bar{X}$	MIN MAX	$\bar{X}$	MIN MAX	$\bar{X}$	MIN MAX	TOTALES	FECALES
1	12,399	790 16,000	696	230 1,700	514	170 1,600	80	20 220	24	9
2	3,519	40 16,000	114	20 350	270	2 1,600	15	1.8 50	13	8
3	5,299	70 16,000	360	70 1,300	376	7 1,600	26	6 63	14	14
4	4,429	20 16,000	141	20 540	265	1.8 1,600	14	1.8 50	17	10
5	4,633	20 16,000	89	1.8 350	265	1.8 1,600	12	1.8 43	18	8
6	4,625	50 16,000	72	1.8 330	288	1.8 1,600	7	1.8 20	16	10
7	3,353	20 16,000	42	1.8 180	247	1.8 1,600	5	1.8 20	14	9
8	4,269	20 16,000	43	1.8 170	266	1.8 1,600	10	1.8 50	16	5
9	11,004	230 16,000	604	110 2,200	551	20 1,600	70	9 230	20	9
10	3,943	110 16,000	121	1.8 350	303	9 1,600	21	1.8 63	13	6
	$\bar{X}$ 5,747		$\bar{X}$ 228		$\bar{X}$ 335		$\bar{X}$ 26		$\bar{X}$ 16	$\bar{X}$ 9

TABLA IV. Concentración promedio mensual de bacterias coliformes para agua de mar y *Mytilus californianus* en la Zona Costera Noroccidental de Baja California de Diciembre 1979 a Octubre - 1980 (NMP/100 ml).

M E S	M O L U S C O				A G U A D E M A R			
	C. TOTALES		C. FECALES		C. TOTALES		C. FECALES	
	$\bar{X}$	MIN MAX	$\bar{X}$	MIN MAX	$\bar{X}$	MIN MAX	$\bar{X}$	MIN MAX
DICIEMBRE	3,098	270 16,000	71	1.8 230	84	20 280	9	1.8 33
ENERO	13,960	9,200 16,000	575	110 1,700	472	280 920	63	20 170
MARZO	2,791	130 16,000	84	1.8 460	76	1.8 350	9	1.8 33
JUNIO	3,984	80 16,000	87	1.8 520	173	1.8 540	10	1.8 50
JULIO	16,000	16,000	580	110 2,200	1,600	1,600 16,000	69	7 230
AGOSTO	4,412	630 16,000	260	20 920	178	31 920	26	2 79
SEPTIEMBRE	1,578	330 9,000	98	1.8 540	72	20 280	17	1.8 94
OCTUBRE	137	20 790	73	1.8 490	22	1.8 170	6	1.8 33

coliformes totales fué mayor que para las fecales, con valores de 16 y 9 en 100 ml. respectivamente, observándose los mayores en las estaciones 1 y 9 (totales) y las menores en las estaciones 10 y 2 (fecales; Tabla III).

Lo anterior se verifica mediante un análisis de correlación (Tabla V), donde se muestra que a un nivel de significancia de 0.05 hay un alto grado de relación entre el molusco y agua de mar para la mayoría de las estaciones, con excepción de la estación 1, para coliformes totales.

Los análisis estadísticos para establecer diferencias espacio temporal entre concentraciones de bacterias para agua de mar y mejillón mostraron los siguientes resultados.

Respecto a las estaciones, el molusco y agua de mar muestran que la concentración de bacterias coliformes fecales fué significativamente mayor (0.05) en las estaciones 1, 3 y 9, Figuras 2 y 3 (Anexo 1).

El análisis para coliformes totales en mejillón y agua de mar no mostró diferencias significativas al 0.05

Tabla V. Coeficientes de correlación de bacterias coliformes entre el agua de mar y Mytilus californianus en la zona costera Noroccidental de Baja California de Diciembre -- 1979 a Octubre 1980

ESTACION	COEFICIENTE DE CORRELACION	
	C. TOTALES	C. FECALES
1	.47	.90
2	.94	.92
3	.95	.96
4	.80	.97
5	.79	.99
6	.86	.88
7	.93	.65
8	.81	.89
9	.67	.98
10	.96	.99

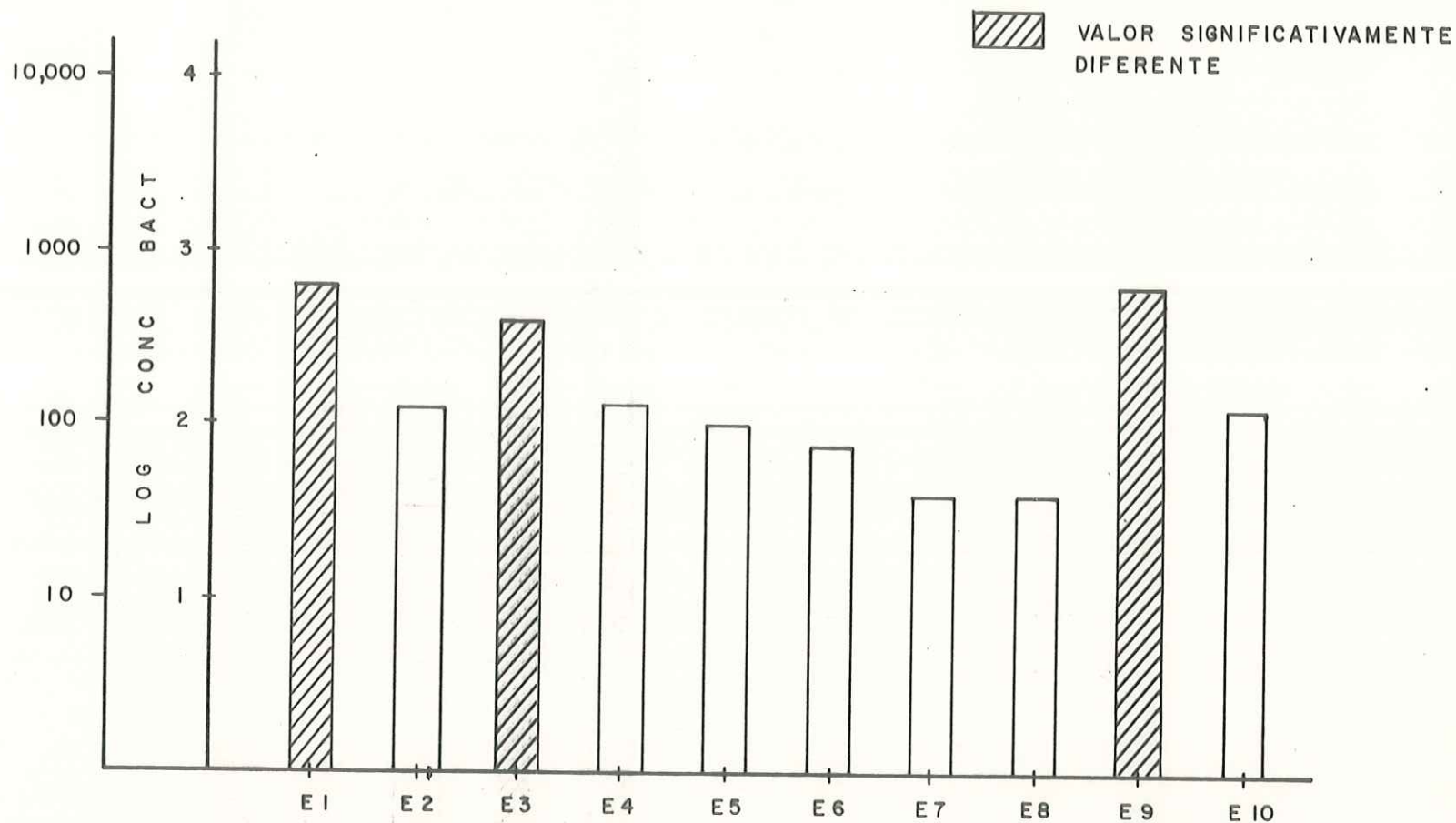


Fig. 2- CONCENTRACION PROMEDIO DE BACTERIAS COLIFORMES FECALES PARA Mytilus californianus EN LA ZONA COSTERA NOROCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA DE DICIEMBRE 1979 A OCTUBRE 1980 — ( NMP / 100 ml )

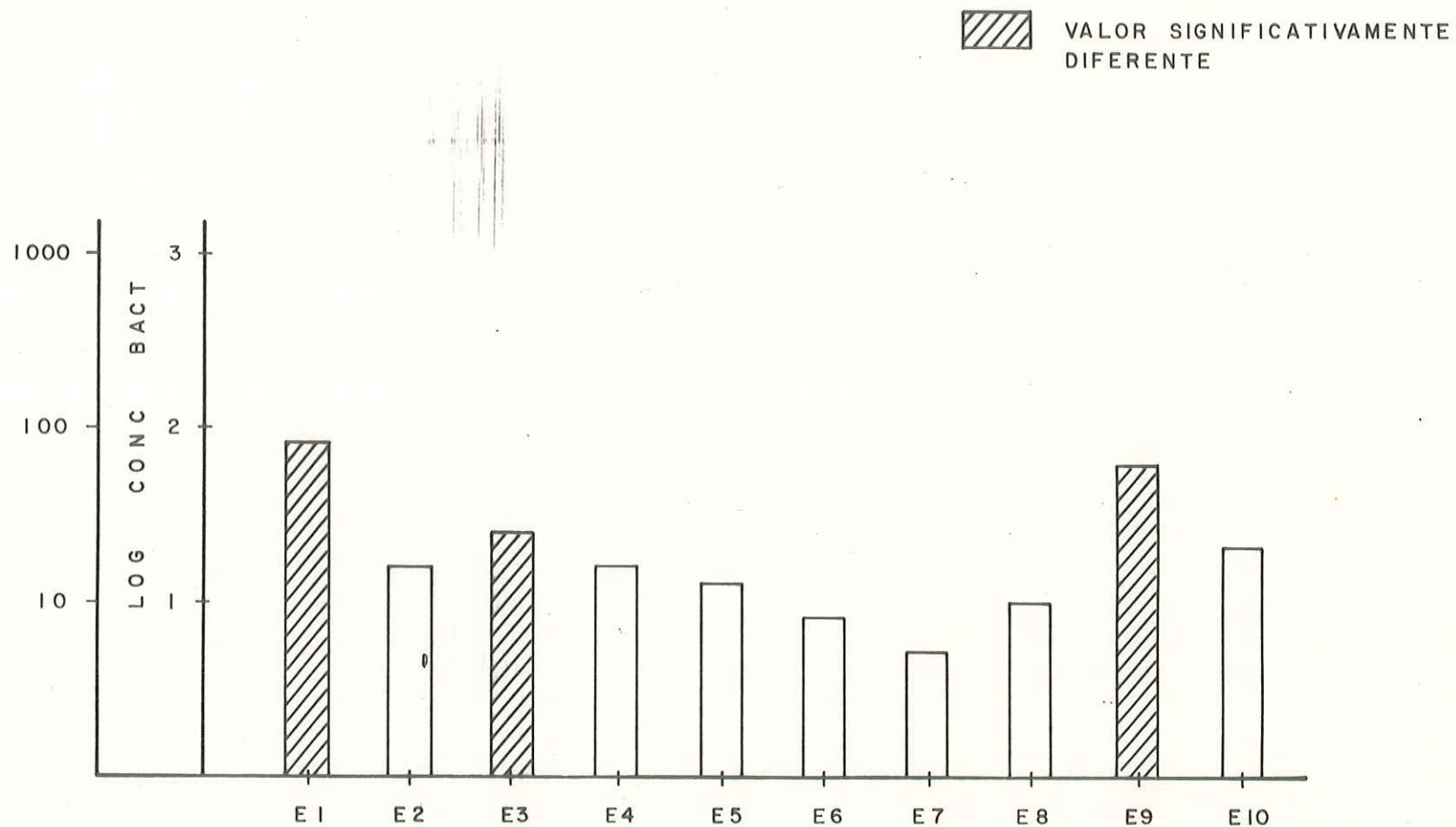


Fig. 3- CONCENTRACION PROMEDIO DE BACTERIAS COLIFORMES FECALES PARA AGUA DE MAR EN LA ZONA COSTERA NOROCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA DE DICIEMBRE 1979 A OCTUBRE 1980 (NMP/100 ml )

entre los lugares de muestreo, Figuras 4 y 5 (Anexo 1).

El análisis respecto a los meses de muestreo para coliformes fecales en el mejillón y agua de mar presenta una diferencia significativamente mayor al 0.05, para los meses de enero, julio y agosto, Figuras 6 y 7 (Anexo 2). Respecto a la concentración de bacterias coliformes totales para mejillón y agua de mar, revelan una diferencia significativamente mayor al 0.05, para los meses de enero y julio y menor para octubre, Figuras 8 y 9 (Anexo 2).

Para establecer el grado de la calidad sanitaria, se comparan las concentraciones de bacterias coliformes fecales en el agua de mar y molusco (Fig. 10), contra los límites establecidos para aguas de uso recreativo con contacto primario y consumo de moluscos bivalvos, observándose que el 2.5% y el 25% de las muestras sobrepasan los límites, siendo las estaciones 1 y 9 las que presentan una mayor alteración en la calidad sanitaria del agua de mar y del mejillón. Mientras que las estaciones 7 y 8 son las que presentan una mejor calidad bacteriológica.

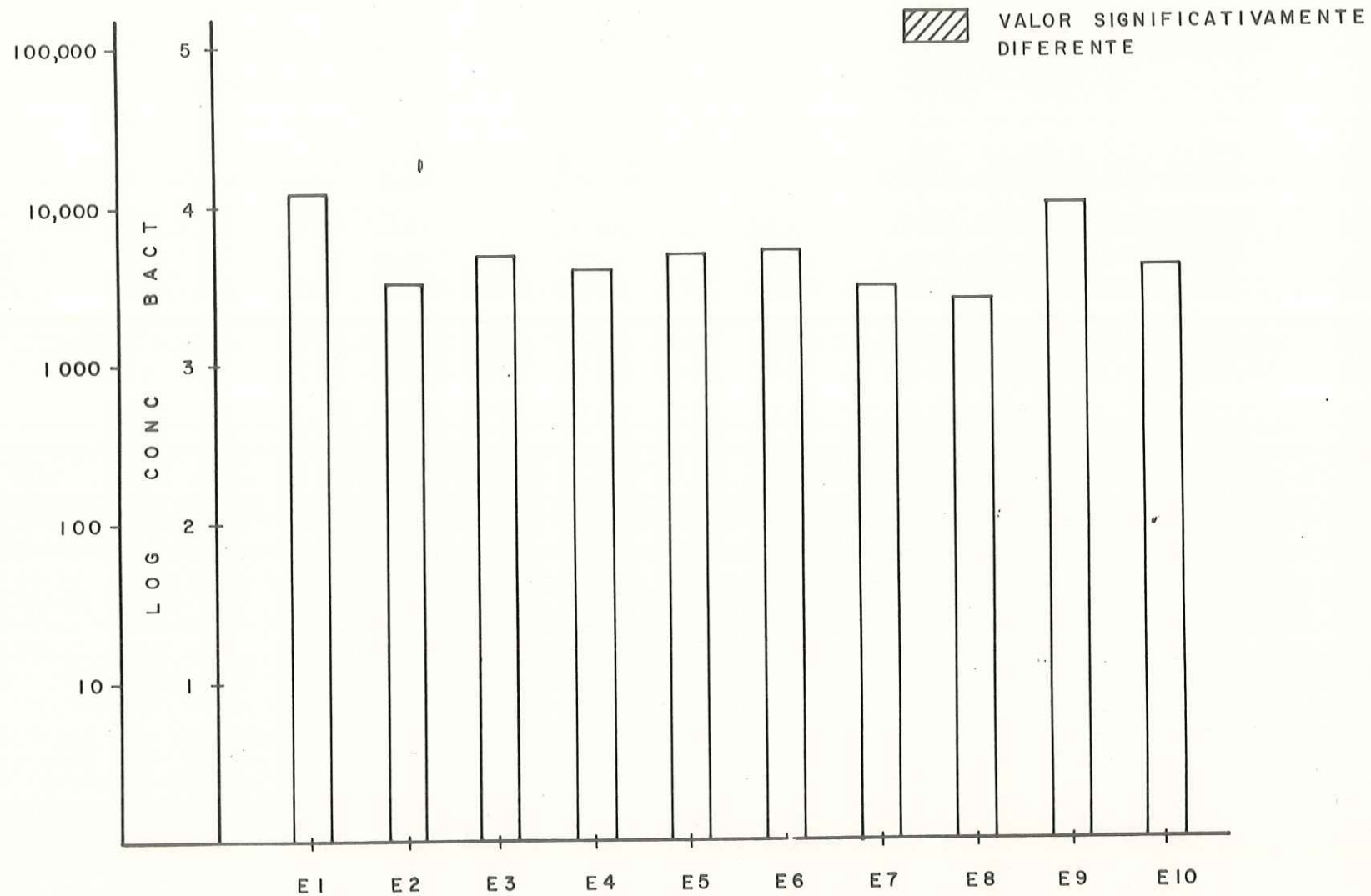


Fig. 4 - CONCENTRACION PROMEDIO DE BACTERIAS COLIFORMES TOTALES PARA Mytilus californianus EN LA ZONA COSTERA NOROCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA DE DICIEMBRE 1979 A OCTUBRE 1980 ( NMP / 100 ml )

▨ VALOR SIGNIFICATIVAMENTE  
DIFERENTE

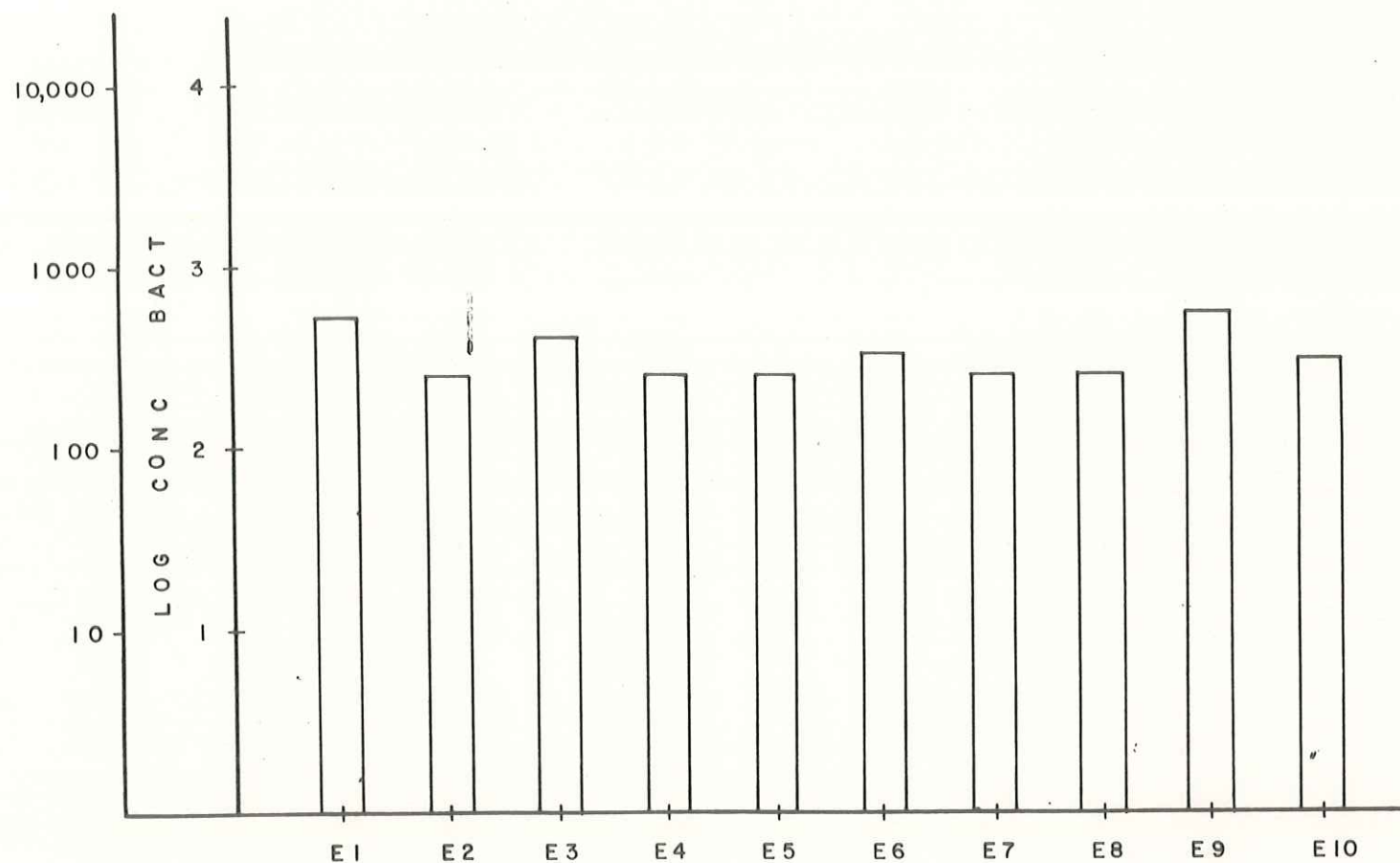


Fig. 5- CONCENTRACION PROMEDIO DE BACTERIAS COLIFORMES TOTALES  
PARA AGUA DE MAR EN LA ZONA COSTERA NOROCCIDENTAL DE  
BAJA CALIFORNIA DE DICIEMBRE 1979 A OCTUBRE 1980 -  
( NMP / 100 ml )

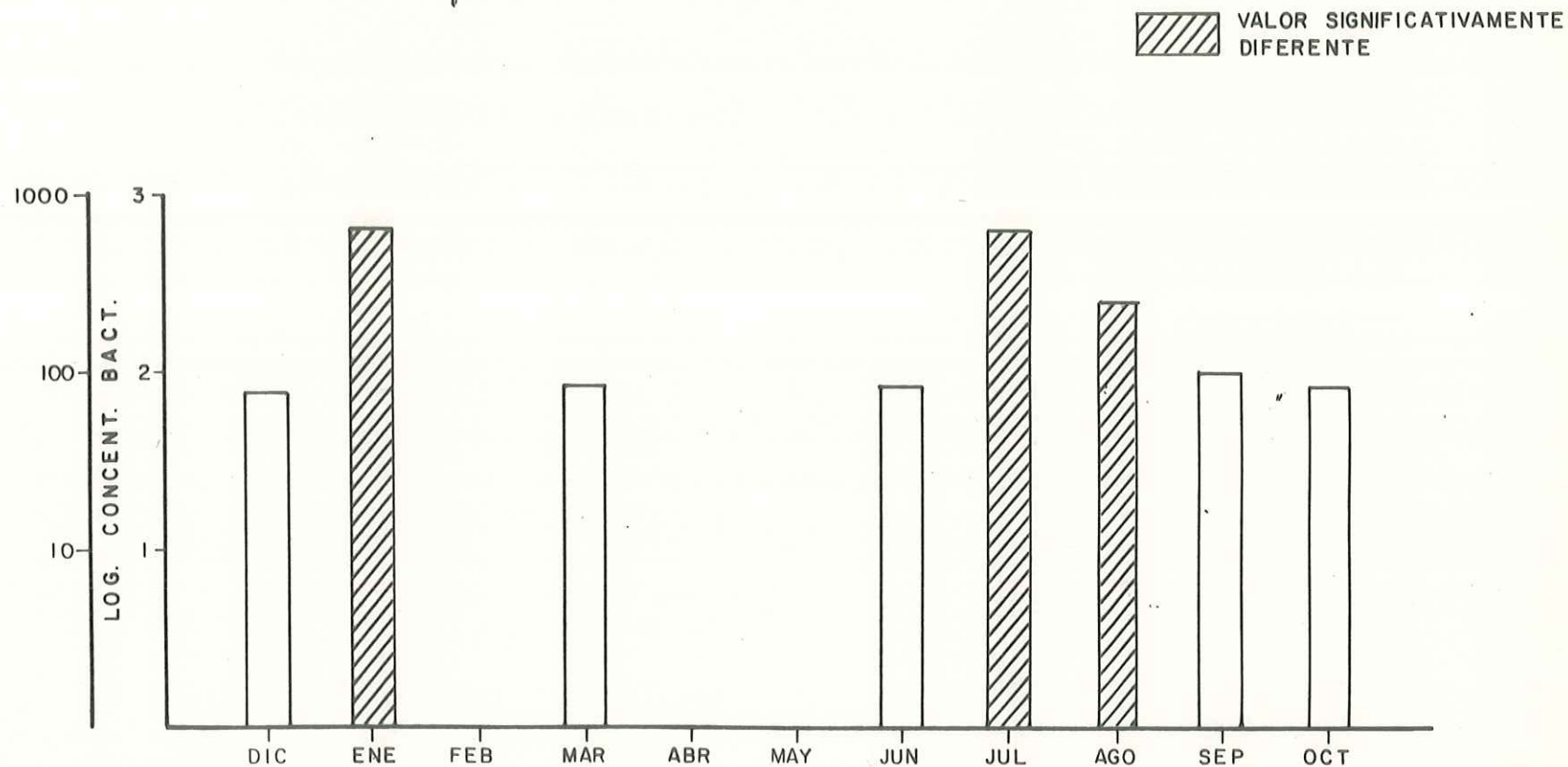


FIG. 6 - CONCENTRACION PROMEDIO MENSUAL DE BACTERIAS COLIFORMES FECALES PARA Mytilus californianus EN LA ZONA COSTERA NOROCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA DE DICIEMBRE 1979 A OCTUBRE 1980. ( NMP / 100 ml )

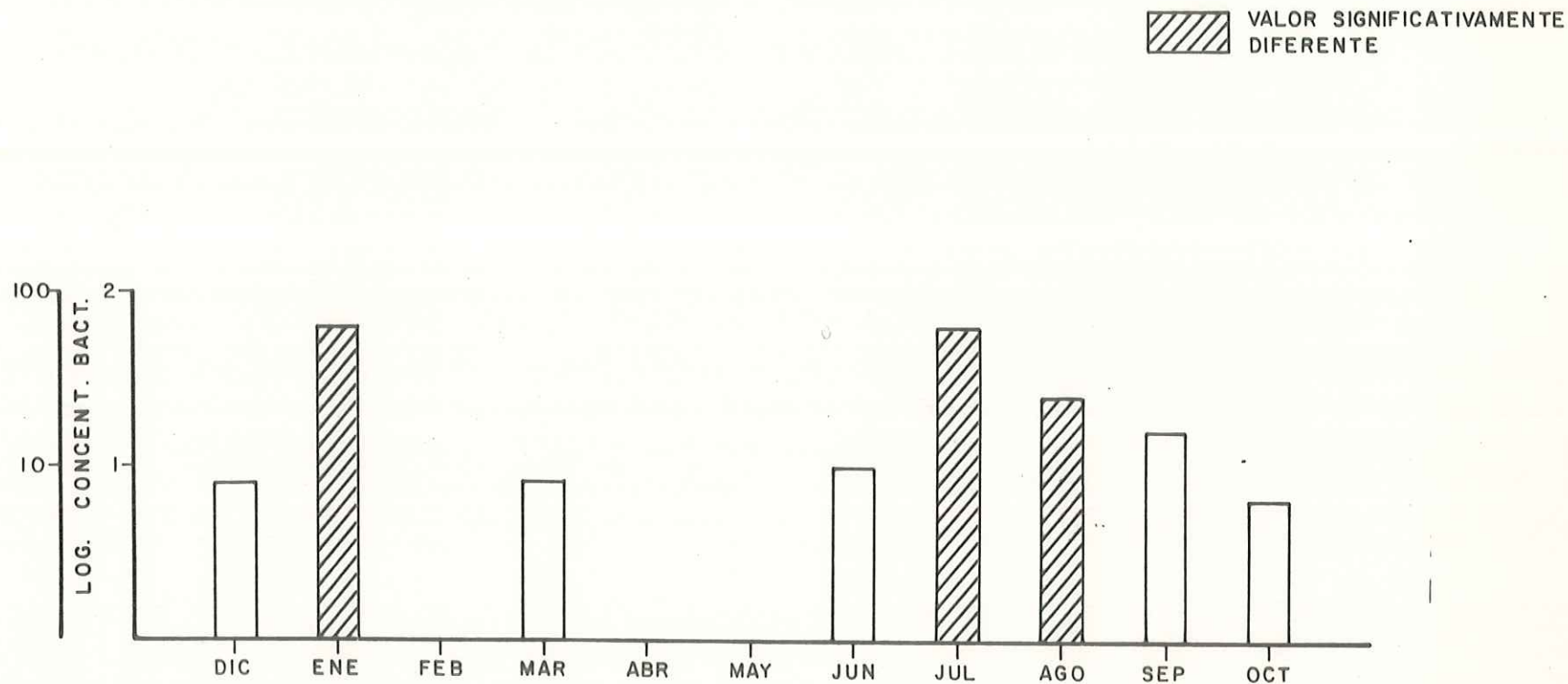


FIG. 7 - CONCENTRACION PROMEDIO MENSUAL DE BACTERIAS COLIFORMES FECALES PARA AGUA DE MAR EN LA ZONA COSTERA NOROCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA DE DICIEMBRE 1979 A OCTUBRE 1980. ( NMP/100 ml )

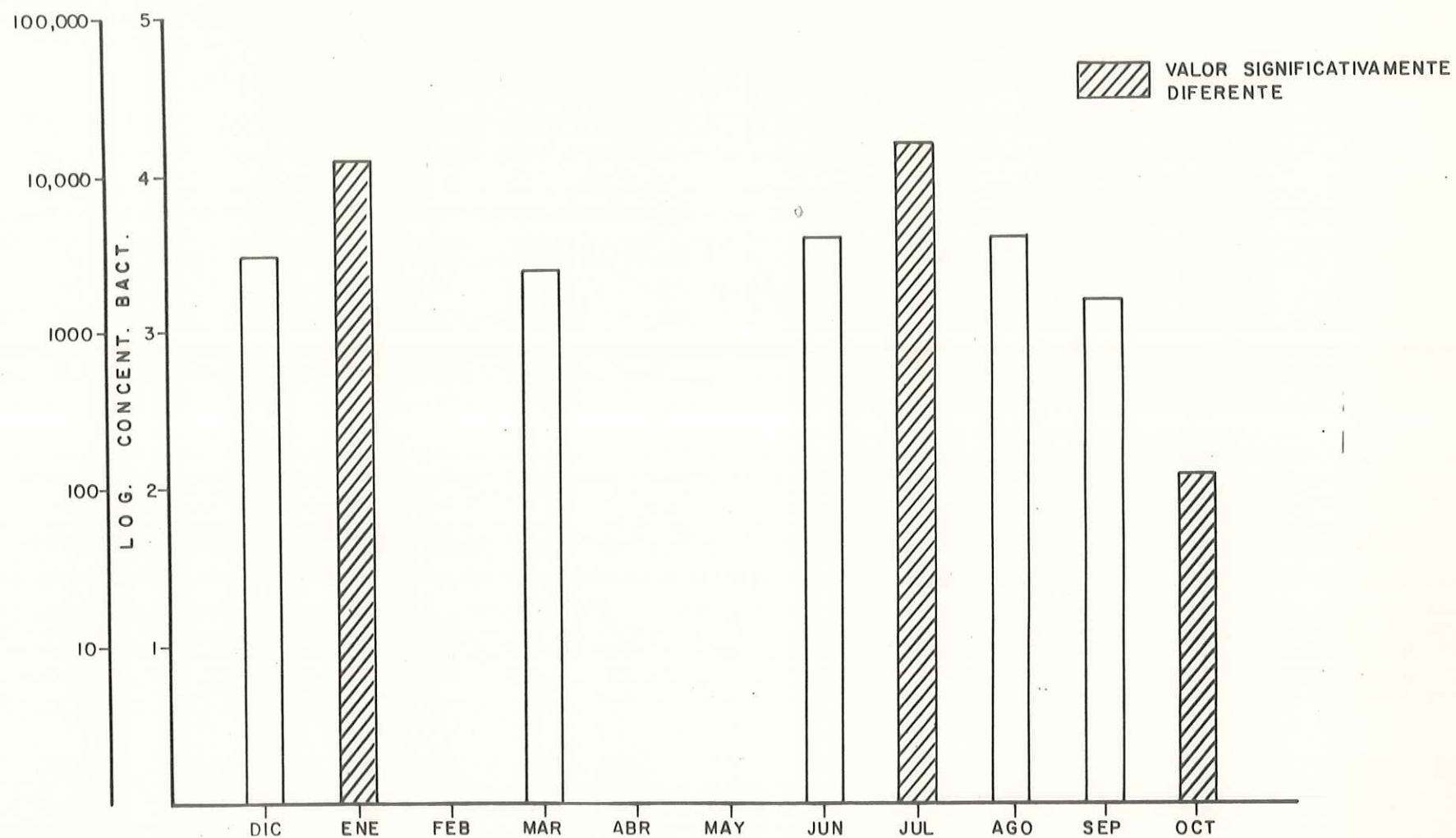


FIG. 8 = CONCENTRACION PROMEDIO MENSUAL DE BACTERIAS COLIFORMES TOTALES PARA Mytilus californianus EN LA ZONA COSTERA NOROCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA DE DICIEMBRE 1979 A OCTUBRE 1980. ( NMP/100 ml )

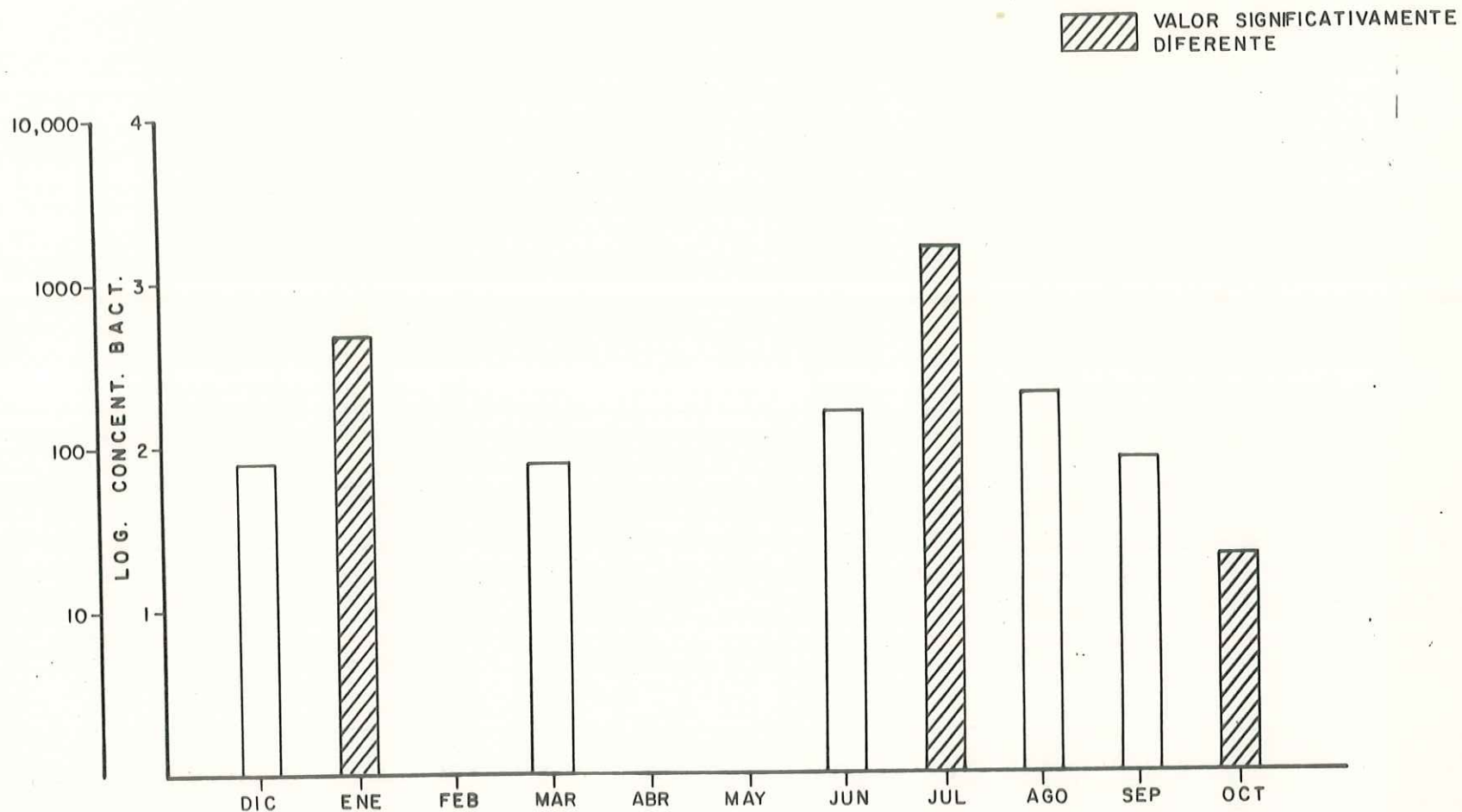


FIG. 9 - CONCENTRACION PROMEDIO MENSUAL DE BACTERIAS COLIFORMES TOTALES PARA AGUA DE MAR EN LA ZONA NOROCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA DE DICIEMBRE 1979 A OCTUBRE 1980 ( NMP / 100 ml )

## DISCUSION

El número de bacterias coliformes totales y fecales en el mejillón y agua de mar presentaron un considerable grado de fluctuación en su distribución espacial y en los meses de muestreo; posiblemente debido a diferencias en las condiciones climáticas, corrientes, configuración de la costa y aportes por descargas de aguas negras.

Se encontró una mayor concentración de bacterias coliformes en el mejillón que en el agua, debido a la capacidad de éstos para concentrar bacterias presentes en el mar. Atree y Aubert (1980), señalan que los mejillones bombean de cincuenta a cien litros diarios de agua para alimentarse, concentrando bacterias suspendidas en el medio marino. Kelly et al (1960), mencionan que la acumulación de bacterias en la carne de los moluscos es de diez a cuarenta veces más alta que en el agua de mar, Plusquellec et al (1983), indican que el factor de concentración de bacterias coliformes fecales por el mejillón es de 13.2 y que esta propiedad de concentración constituye una alternativa para evaluar los niveles de contaminación en el agua.

En el presente estudio los factores de concentración por el mejillón para las coliformes totales fueron mayores que para las coliformes fecales, esto posiblemente se deba a que existe un mayor número de bacterias coliformes totales que coliformes fecales, además de que éstas sobreviven por un período más corto en el medio ambiente marino.

Las altas correlaciones observadas para las bacterias coliformes totales y fecales y entre el mejillón y agua de mar se deben a que las bacterias coliformes se presentan en el mejillón en función de la disponibilidad de bacterias en el agua de mar. Cabelli y Heffernan (1970) y Plusquellet et al (1983), mencionan que la calidad sanitaria de los moluscos bivalvos es directamente proporcional a la calidad bacteriológica del agua en que crecen.

Para las coliformes totales, los valores más bajos de los coeficientes de correlación obtenidos (estaciones 1 y 9), posiblemente se deban a que para estas zonas el proceso de autodepuración realizado por el mejillón es más lento debido a los altos niveles de contaminación encontrados, sin descartar otros factores como son la temperatura del agua, turbidez y salinidad que pudieran

dar lugar a una acumulación progresiva de bacterias por el mejillón. Houser (1965), señala que los procesos de autodepuración en los moluscos bivalvos son influidos por niveles de contaminación, temperatura del agua, presencia de especies químicas en las actividades fisiológicas de los moluscos bivalvos, salinidad y variaciones en las capacidades de los individuos.

La diferencia significativa entre las coliformes fecales en agua de mar y mejillón se debe a la presencia de fuentes de contaminación inducida por el agua residual proveniente de la ciudad de Tijuana (est. 1) así como a descargas de campos turísticos (ests. 3 y 9).

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 (Punta Los Buenos) y su cercanía a centros turísticos, además de que es una zona desprotegida y expuesta a fuertes oleajes 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.

La estación 3 (Popotla), presentó alta concentración de bacterias coliformes debido al aporte de una descarga de aguas negras del campo turístico Popotla.

La concentración de bacterias en la estación 9 (Granada Cove), se debe fundamentalmente a las descargas de los campos turísticos. Arce-Duarte (1984), señala a esta zona como poco afectada en comparación con la rada del puerto, sin embargo no se descarta la influencia que pueda tener las descargas de aguas residuales domésticas e industriales de la ciudad de Ensenada y el Sauzal, en la sobrevivencia de las bacterias en la zona.

En las estaciones donde no existen descargas urbanas próximas, las concentraciones de bacterias coliformes pueden deberse a los desechos de animales de sangre caliente, aves y mamíferos que se encuentran en las partes bajas, por el efecto de sus heces fecales. Presnell y Hiescier (1971), mencionan que las fuentes de contaminación por bacterias coliformes y salmonelas en zonas productoras de moluscos bivalvos, son el mapache (Procyonlotor\_sp), rata almizclera (Ondatra\_zibethicus), rata de campo (Musculus\_sp\_), conejo (Silvilagae floridanus) y aves marinas como Podilymbusypy\_rallus.

Para las bacterias coliformes totales en agua de mar y mejillón, la homogeneidad en las estaciones se debe a que este tipo de bacterias se distribuyen ampliamente en la naturaleza (heces, agua, aire, suelo y vegetación) y su presencia no indica necesariamente una contaminación fecal directa proveniente de descargas por aguas negras.

Para las bacterias coliformes totales y fecales, las diferencias significativas entre los meses de muestreo se deben a cambios climatológicos así como al incremento en la población flotante.

Las altas concentraciones de bacterias coliformes en el mes de enero se relacionan con el máximo de precipitación pluvial (figs. 11 y 12).

En épocas de lluvias en la zona de estudio existen gran cantidad de arroyos, los cuales erosionan porciones considerables de terrenos, lavando prácticamente la parte superficial de los mismos y removiendo bacterias que finalmente son conducidas al mar. Weber y Trollope (1976), y Horeno y Escacho (1977), encontraron que las concentraciones de bacterias coliformes en moluscos bivalvos varían con los cambios en los factores climáticos, mostrando máximos durante los escurrimientos

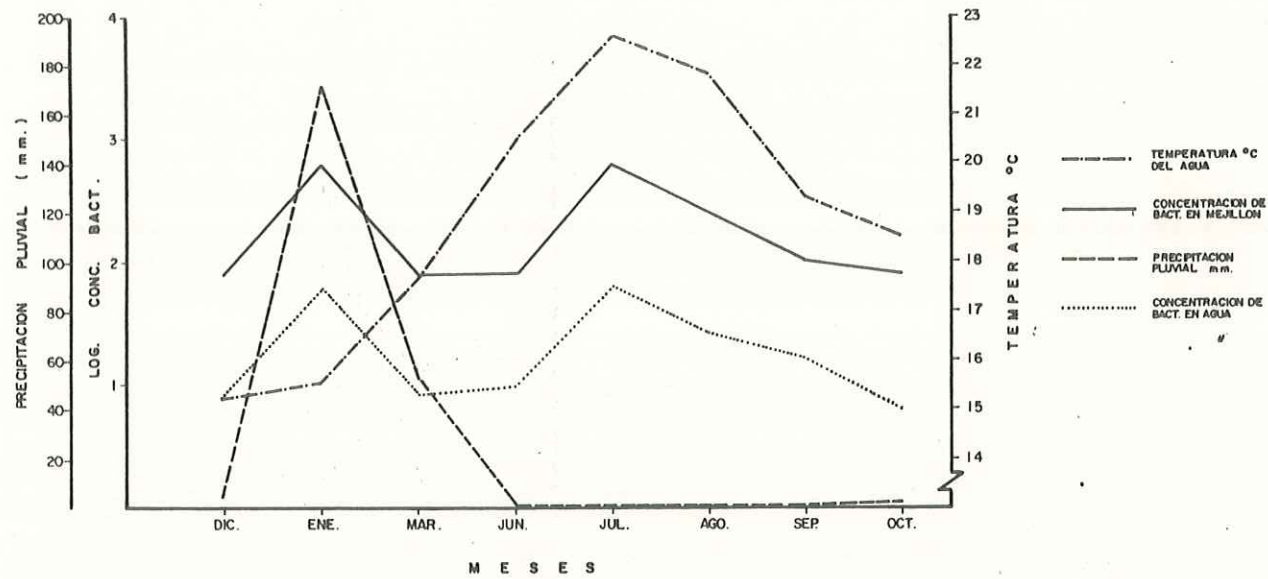


Fig. 11 - GRAFICA COMPARATIVA DE CONCENTRACION DE BACTERIAS COLIFORMES FECALES EN MOLUSCOS Y AGUA DE MAR, PRECIPITACION PLUVIAL Y TEMPERATURA EN °C MEDIA DEL AGUA EN LOS MESES DE MUESTREO. ( NMP/100 ml )

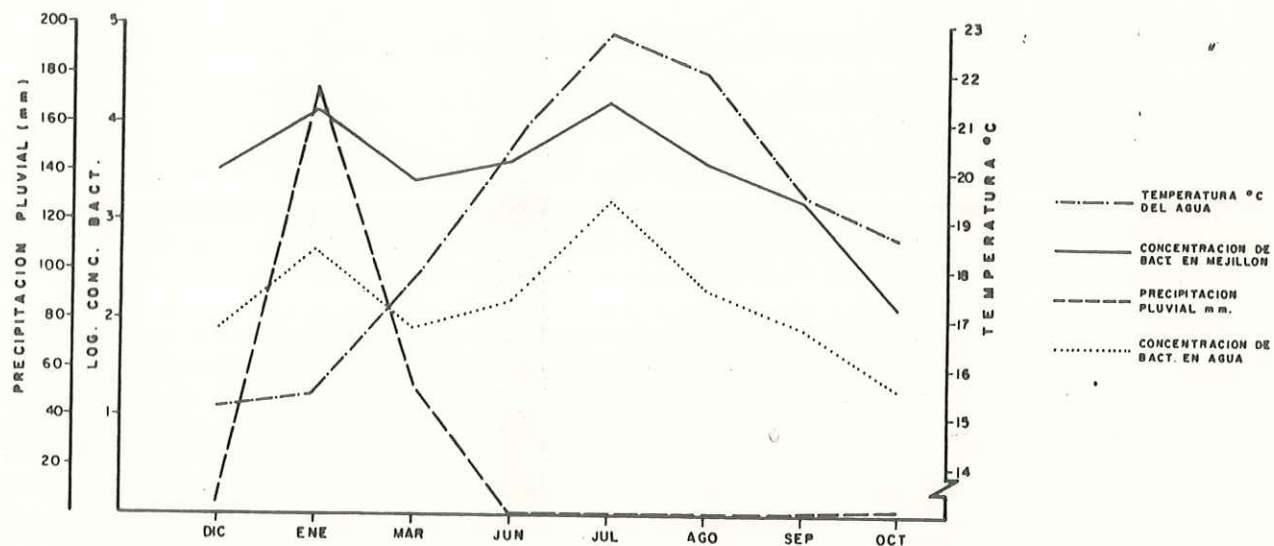


FIG. 12 = GRAFICA COMPARATIVA DE CONCENTRACION DE BACTERIAS COLIFORMES TOTALES EN MOLUSCOS Y AGUA DE MAR, PRECIPITACION PLUVIAL Y TEMPERATURA EN °C. MEDIA DEL AGUA EN LOS MESES DE MUESTREO. (NMP/100 ml)

por lluvias. El New York Sea Grant Institute (1975), menciona que en la bahía de Moriches, New York, los niveles de coliformes se incrementaron de 130 a 16,000 NMP/100 gr, dentro de las seis horas siguientes a lluvias y escurrimientos. Geldreich (1968), estableció el peligro que representan los escurrimientos urbanos provocados por lluvias y determina que la contaminación del agua proviene de material fecal aportado al suelo por perros, roedores y gatos.

El incremento de la concentración de bacterias en el verano (julio y agosto), puede deberse al incremento de la temperatura del agua, así como a la población flotante en dicha época.

Se tiene conocimiento que la temperatura influye en la sobrevivencia y distribución de bacterias en el medio ambiente marino. En los moluscos bivalvos quizá se pueda relacionar la actividad filtroalimentadora y asimilación de bacterias con un incremento en la temperatura del agua. Stefano et al (1977), en un trabajo realizado en el mejillón Mytilus edulis, demostraron que hay una correlación entre la temperatura y el movimiento ciliar, de tal manera que a mayor temperatura le corresponde mayor actividad ciliar ocasionando una mayor filtración,

produciendo como relación directa una mayor contaminación al pasar mayor cantidad de agua por sus branquias.

El incremento en las concentraciones de bacterias coliformes en agua de mar y mejillón en el verano (julio y agosto) puede deberse también al incremento en la población de la zona costera. Para los meses de julio y agosto se internaron por la Garita Internacional de Tijuana 1,058,561 y 1,119,055 personas extranjeras para cada mes respectivamente, lo que da una idea del flujo del turismo que se genera en la costa (Secretaría de Turismo del Estado de Baja California, 1980).

Es bastante conocido que las fluctuaciones de la población modifican las concentraciones de bacterias en el medio ambiente marino. El New York Sea Grant Institute (1975), señala en su estudio en la Bahía del Sur, New York, que se observó un incremento en las bacterias coliformes fecales de 50 a 9,200 en condiciones de sequía, pero sujetas a un incremento en la densidad de población en épocas de verano.

En base a la legislación mexicana para aguas de uso recreativo con contacto primario (200 coliformes fecales/100 ml, Secretaría de Agricultura y Recursos

Hidráulicos, 1979b), en general la calidad bacteriológica de las aguas es buena a excepción de las estaciones 1 (Punta Bandera) y 9 (Granada Cove), que para el mes de julio no fueron aceptables, pudiendo constituir un problema de salud ya que es cuando un número mayor de bañistas concurren a estos lugares.

En cuanto a la calidad bacteriológica del mejillón, este presenta un mayor riesgo desde el punto de vista epidemiológico que el agua de mar, ya que un 25% de las muestras excedieron el límite establecido por la legislación de los Estados Unidos para el consumo de moluscos bivalvos (230 coliformes fecales/100 ml, United States Department of Health Education and Welfare, 1965), principalmente en las estaciones cercanas a descargas (1,3 y 9) y en general para todas las estaciones en el mes de precipitación pluvial (enero) y en verano (julio y agosto).

En el presente trabajo los datos obtenidos en agua de mar no muestran en general una contaminación alarmante, debido a que cuando se realizó la descarga de aguas negras de la ciudad de Tijuana en el litoral era mínima, ya que eran enviadas a Estados Unidos para su tratamiento en Point Loma, California. Sin embargo desde 1981 las

descargas de aguas negras vertidas al mar comenzaron a incrementarse, planeándose que a fines de este año todas las aguas negras de la ciudad, aproximadamente veinte millones de galones diarios, serán vertidos al litoral por medio del canal de alejamiento (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1983).

Es de esperarse que si no se les da un tratamiento adecuado a estas aguas, los niveles de bacterias coliformes aquí presentados sufrirán un incremento, pudiendo ocasionar problemas en la salud de los bañistas y consumidores del molusco.

## CONCLUSIONES

A).- Una mayor concentración de bacterias coliformes para el mejillón y agua de mar ocurrieron en época de lluvia (enero), así como en verano (julio y agosto).

B).- Las estaciones que presentaron mayor concentración de bacterias coliformes, en orden descendente fueron la 1 (Punta Bandera), 9 (Granada Cove) y 3 (Popotla).

C).- El 25% de las muestras para el mejillón excedieron el límite establecido por la legislación de los Estados Unidos para el consumo de moluscos.

D).- El 2.5% de las muestras para agua de mar excedieron el límite establecido por la legislación Mexicana para aguas de uso recreativo con contacto primario.

E).- El mejillón concentra bacterias presentes en el agua de mar, indicando en cierta medida la contaminación del agua.

## RECOMENDACIONES

Para las ciudades de Tijuana y Ensenada se recomienda se establezcan medidas adecuadas para el tratamiento de aguas domésticas e industriales, antes de ser descargadas al mar, por lo que se sugiere el establecimiento de plantas de tratamiento secundario con el objeto de controlar la contaminación bacteriológica.

Se recomienda realizar estudios bacteriológicos en el agua de mar y mejillón en la zona costera, cuando funcione el nuevo canal de alejamiento de aguas negras de la ciudad de Tijuana, ya que si no se tratan adecuadamente es de esperarse que las concentraciones de bacterias aquí mencionadas se incrementen.

Realizar estudios con el objeto de utilizar a el mejillón como indicador de contaminación.

Se recomienda que los mejillones que se utilicen en la alimentación humana se sometan a sistemas de depuración, cumpliendo con las normas establecidas para el consumo de moluscos bivalvos.

## LITERATURA CITADA

- American Public Health Association. 1970. Recommended Procedures for the Examination of Seawater and Shellfish. 4ta. ed. APHA: New York, 203 ps.
- American Public Health Association, American Water Works Association y Water Pollution Control Federation. 1975. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 14ava edición. APHA: New York, 10093 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.
- Atree, P. y J. Aubert. 1980. Etude de la contamination experimentale d'huitres par des bacteriophages. Rev. Int. Oceanogr. Méd. LIX: 71-76.
- Aubert, J. 1969. - Océanographic Médicale. Paris Gauthiers villards ed. 128 ps.
- Aubert, H., H.J. Gauthier y J.M. Gastaud. 1978. Reports interespecies dans le domaine des bacterias et du phytoplancton en milieu marin. La Tribune de CEBEDEAU, 413: 185-197.
- Barrow, G.I. 1981. Microbial pollution of coasts and estuaries: The public health implications. Wat. Poll. Contr. Fed., 80(2): 221-230.

- Bendinelli, M. y A. Ruchi. 1969. Isolation of human enteroviruses from mussels. *Appl. Microbiol.* 18(3): 531-532.
- Bianchi, A.J.M. 1977. L'etude de la structure des populations bactériennes dans les zones polluées. *Rev. Int. Oceanogr. Med.* XLVII: 161-170.
- Bonde, G.J. 1963. Bacterial indicators of water Pollution. Segunda edición. Teknisk Forlag: Copenhagen, 286 ps.
- Bonde, G.J. 1966. Heterotrophic bacteria in a polluted marine environment. *J. Water Poll. Control Fed.* 38(3): 380-386.
- Cabelli, V.J. y W.P. Heffernan. 1970. Accumulation of Escherichia coli by the northern quahaug. *Appl. Microbiol.* 19: 239-244.
- Cabelli, V.J., H.A. Levin., A.P. Dufour y L.J. Cabe. 1974. The development of criteria for recreational waters. Pergamon Press: Oxford, ps.: 63-73.
- Carlucci, A. F. y D. Pramer. 1959. Factors affecting the survival of bacteria in seawater. *Appl. Microbiol.* 7: 288-392.
- Comission for Western Australia. 1961. Typhoid traced to bathing at a polluted beach. *Annual. Rep. Pub. Works: N.Y.* ps.: 92-182.
- Dutka, B.J. 1973. Coliforms are an inadequate index of water quality. *J. Environ. Health.* 36: 39-46.

- El-Sharkawi, F. 1978. Thyphoid\_ epidemiology "Alexandria case study" the relation between the state of pollution on Alexandria swimming beaches and the occurrence of thyphoid among bathers. Coastal Pollution Control. WHO Training Course Danina Denmark. Volume III: 777-790.
- Geldreich, E.E., L.C. Best, B.A. Kenner 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.
- Goyal, S.H., CH.P. Gerba y J.L. Hierlnick. 1979. Human enterovirusos in oysters and their overlying waters. Appl. Environ. Microbiol. 37: 572-581.
- Grunnet, K. y A.S.P. Gundstrup. 1976. F3, A3 y A4 bacteriological examination of sewage and receiving water. Coastal Pollution Control. W.H.O Training Course Danina Denmark, 1:632-647.
- Hartland, B.J. y J.F. Timoney. 1979. In vivo clearance of enteric bacteria from the hemolymph of the hard clam and the american oyster. Appl. Environ. Microbiol. 37(3): 517-520.
- Hoff, J.C. y R.C. Becker. 1968. The accumulation and elimination of crude and clarified poliovirus suspensions by shellfish. American Journal of Epidemiology. 90(I): 53-61.
- Houser, L.S. 1965. Sanitation of shellfish growing area, part I, and sanitation of the harvesting and processing of shellfish. U.S Public Health Service Report no. 33, Wash.: D.C. 32 ps.

Hussong, D., J.H. Damare, R.M. Weiner y R.R. Colwell. 1981. Bacteria associated with false-positive most probable number coliforms test results for shellfish and estuaries. Applied and Environmental Microbiology, 41(I): 35-45.

Instituto de Investigaciones Oceanológicas (UABC). 1982. Estudio General de Contaminación Costera en el Estado de Baja California. Informe Anual IIO-SEP. Apdo. Postal 453, Ensenada, B.C. 87 ps.

Kelly, C.B., W. Arcisz y M. Presnell. 1960. Bacterial accumulation by the oyster, Crassostrea virginica, on the Gulf Coast. Tech. Rep. F 60-4, RATSEC, USPHS.

Mackowiak, P.A., C.J. Caraway y B.J. Portney. 1976. Oyster associated hepatitis: lessons from Louisiana experience. Am. J. Epidemiol. 103: 181-191.

Metcalf, T.G. y W.C. Stiles. 1965. The accumulation of the enteric viruses by the oyster Crassostrea virginica. Journal. Infect. Dis. 115: 68-76.

Mitchell, J.R., H.W. Presnell, E.W. Akin, J.H. Cummins y O.C. Liu. 1966. Accumulation and elimination of poliovirus by the eastern oyster. Amer. J. Epidemiol. 84: 40-50.

Mitchell, J.R. 1968. Factors affecting the decline of non marine microorganisms in seawater. Water Research. 2: 635-643.

Hora, B., I. Bernardez y B. Regueiro. 1977. IBM 1130 computation process in the study of biophysical constants variation of pathogenous bacteria by phytoplankton. Rev. Int. Oceanogr. Med. XLVII: 203-208.

Moreno, B. y M.E. Escacho. 1977. Indices de contaminación de origen fecal en el mejillón Mytilus edulis L sin depurar de la Ría de Arosa. Rev. San. Hig. Pub., 51: 1129-1144.

Negrete-Hurtado, H., D. Perez y W. Whilhelmy. 1980. Ordenamiento del territorio municipal de Tijuana. Tesis profesional para obtener la Licenciatura en Arquitectura. UABC. Mexicali, B. C. 200 ps.

New York Sea Grant Institute. 1975. Proceedings of a workshop on the Shellfish Management Program in New York State, 59 ps.

Organización de las Naciones Unidas. 1971. Report of the second session of the Inter-Governmental working group on marine pollution A/Conf. 48 IWGMP. II/5.

Peterson, M.E., B.J. Yokes y D.M. Lim. 1984. Recovery of selected pathogens from Naples Bay, Florida, and associated waterways. Estuaries 7(2): 133-138.

Plusquellec, A., M. Beucher y Y. Le Gal. 1983. Enumeration of the bacterial contamination of bivalves in monitoring the marine bacterial. Marine Pollution Bulletin. 14(7): 260-263.

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.

Rodier, J. 1981. Análisis de las aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. Ed. Omega: Barcelona España. 1059 ps.

Roper, N.H. y K.C. Marshall. 1978. Biological control agents of sewage bacteria in marine habitats. Aust. J. Mar. Fresh. Water. Res. 29: 235-243.

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. UABC. Ensenada, B.C. 81 ps.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica. 1979 a. Procedimientos para la certificación de áreas de cultivo para la explotación y exportación de moluscos bivalvos, 2a. edición. México, D.F. s/p.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1979 b. Reglamento para la prevención y control de la contaminación de las aguas en México. 43 ps.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 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.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1984. Hidrografía del estado de Baja California, un informe. Residencia de Aprovechamientos Hidráulicos. Ensenada, B.C. s/p.

Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas del Estado de B.C. 1980. Plan municipal de desarrollo urbano de Ensenada. Vol I: 528 ps.

Secretaría de Marina. 1974. Estudio geográfico de la región de Ensenada, B.C. Dirección General de Oceanografía y Señalamiento Marítimo. México, D.F., 465 ps.

Secretaría 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, 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. UABC. Ensenada, B.C. 96 ps.
- Segovia-Zavala, J.A. y H.S. Galindo. 1984. Fuentes de contaminación por materia orgánica en la Bahía de Todos Santos, Baja California. Ciencias Marinas, 10(1): 19-26.
- Sokal, R.R. y F.J. Rohlf. 1980. Biometria. H. Blume Ed.: Madrid, España. 832 ps.
- Southern California Coastal Water Research Project. 1973. The ecology of the southern California bight: implications for water quality management. X. Public health y aesthetics. SCCWRP TR 104. 361-409.
- Stefano, G.B., E.J. Catapane y I.M. Stefano. 1977. Temperature dependent ciliary rhythmicity in Mytilus edulis and the effects of monoaminergic agents on its manifestation. Biol. Bull, 153: 618-629.
- Sykes, G. y F.A. Skinner. 1971. Microbial aspects of pollution. Academic Press Inc.: New York. 289 ps.
- Thomas, R.A., B.L. Joiner y B.F. Ryan. 1976. Winitab Student Handbook. Duxbury Press: Boston, Massachusetts. 341 ps.
- Thomson, W.K. y C.L. Thacker. 1972. Incidence of Vibrio parahaemolyticus in shellfish from eight Canadian Atlantic sampling areas. J. Fish. Res. Board Canada. 2: 633-635.

United States Department of the Interior. Fed. Wat.  
Poll. Contr. Ad. 1968. Water Quality  
Criteria. Wash. D.C. 234 ps.

United States Department of the Interior. Bureau of  
Land Management. 1979. Final Environmental  
Statement OCS Sale. 1(48): 1050 ps.

United States Department of Health, Education and  
Welfare. 1965. National Shellfish Sanitation  
Program. Manual of operation. Public Health  
Service no 33, Superintendent of Documents.  
Government Printing Office-189.

United States Food and Drug Administration. 1974.  
National shellfish sanitation program.  
Washington, D.C. 250 ps.

Vaccaro, R.F., M.P. Briggs, C.L. Carey y B.H.  
Ketchum. 1950. Viability of Escherichia coli in  
sea water. Amer. J. Pub. Health. 40:  
1257-1266.

Van Donsel, D.J. y E.E. Geldreich. 1971.  
Relationship of salmonella to faecal coliform in  
bottom sediments. Water Res., 5: 1079-1085.

Weber, D.L. y D.R. Trollope. 1976. Quantitative  
bacteriology of Mytilus edulis on sewage polluted  
shores. Journal. Appl. Bacteriology. 41(3):  
XV.

Zobell, C.E. 1936. Bactericidal actions of seawater.  
Proc. Soc. Exper. Biol. Med. 34: 113-116.

Zobell, C.E. 1941. The occurrence of coliform bacteria  
in oceanic water. J. Bacteriology. 42: 284.

ANEXOS

ANALISIS MULTIPLE	PARAMETROS	COLIFORMES FECALES AGUA DE MAR	COLIFORMES FECALES MEJILLON	COLIFORMES TOTALES AGUA DE MAR	COLIFORMES TOTALES MEJILLON
	PTA. BANDERA - EL MAÑANA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
	PTA. BANDERA - POPOTLA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
	PTA. BANDERA - LA GAVIOTA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
	PTA. BANDERA - STA. MARIA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
	PTA. BANDERA - LA SALINA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
	PTA. BANDERA - JATAY	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
	PTA. BANDERA - SILDAMANDO	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
	PTA. BANDERA - GRANADA COVE	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
	PTA. BANDERA - PUNTA BANDA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
	EL MAÑANA - POPOTLA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
	EL MAÑANA - LA GAVIOTA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
	EL MAÑANA - STA. MARIA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
	EL MAÑANA - LA SALINA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
	EL MAÑANA - JATAY	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
	EL MAÑANA - SILDAMANDO	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
	EL MAÑANA - GRANADA COVE	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
	EL MAÑANA - PUNTA BANDA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
	POPOTLA - LA GAVIOTA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
	POPOTLA - STA. MARIA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
	POPOTLA - LA SALINA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
	POPOTLA - JATAY	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
	POPOTLA - SILDAMANDO	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
	POPOTLA - GRANADA COVE	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
	POPOTLA - PUNTA BANDA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA

ANEXO 1. Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskall-Wallis de una sola vía al 95% de confianza entre las estaciones de muestreo para las coliformes totales y fecales de agua de mar y Mytilus californianus en la zona costera noroccidental de Baja California Dic. 1979 - Oct. 1980.

ANALISIS MULTIPLE	PARAMETROS	COLIFORMES FECALES AGUA DE MAR	COLIFORMES FECALES MEJILLON	COLIFORMES TOTALES AGUA DE MAR	COLIFORMES TOTALES MEJILLON
LA GAVIOTA	- STA. MARIA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
LA GAVIOTA	- LA SALINA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
LA GAVIOTA	- JATAY	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
LA GAVIOTA	- SALDAMANDO	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
LA GAVIOTA	- GRANADA COVE	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
LA GAVIOTA	- PUNTA BANDA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
STA. MARIA	- LA SALINA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
STA. MARIA	- JATAY	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
STA. MARIA	- SALDAMANDO	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
STA. MARIA	- GRANADA COVE	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
STA. MARIA	- PUNTA BANDA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
LA SALINA	- JATAY	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
LA SALINA	- SALDAMANDO	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
LA SALINA	- GRANADA COVE	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
LA SALINA	- PUNTA BANDA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
JATAY	- SALDAMANDO	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
JATAY	- GRANADA COVE	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
JATAY	- PUNTA BANDA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
SALDAMANDO	- GRANADA COVE	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
SALDAMANDO	- PUNTA BANDA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
GRANADA COVE	- PUNTA BANDA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA

..... CONTINUACION ANEXO 1

ANEXO 2. 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 y *Mytilus californianus* en la zona costera noroccidental de Baja California - Dic. 1979 - Oct. 1980.

PARAMETROS ANÁLISIS MÚLTIPLE	COLIFORMES FECALES AGUA DE MAR	COLIFORMES FECALES MEJILLON	COLIFORMES TOTALES AGUA DE MAR	COLIFORMES TOTALES MEJILLON
DIC. - ENERO	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA
DIC. - MARZO	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
DIC. - JUNIO	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
DIC. - JULIO	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA
DIC. - AGOSTO	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
DIC. - SEPT.	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
DIC. - OCT.	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA
ENERO - MARZO	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA
ENERO - JUNIO	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA
ENERO - JULIO	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
ENERO - AGOSTO	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA
ENERO - SEPT.	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA
ENERO - OCT.	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA
MARZO - JUNIO	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
MARZO - JULIO	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA
MARZO - AGOSTO	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
MARZO - SEPT.	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
MARZO - OCT.	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA
JUNIO - JULIO	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA
JUNIO - AGOSTO	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
JUNIO - SEPT.	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
JUNIO - OCT.	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA
JULIO - AGOSTO	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA
JULIO - SEPT.	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA
JULIO - OCT.	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA
AGOSTO- SEPT.	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA
AGOSTO- OCT.	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA
SEPT. - OCT.	NO SIGNIFICATIVA	NO SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA	SIGNIFICATIVA

