

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE
BAJA CALIFORNIA**

**FACULTAD
DE
CIENCIAS MARINAS**



**"CALIDAD SANITARIA DEL AGUA Y BACTERIAS REDUCTORAS
DE SULFATO EN SEDIMENTOS DE BAHÍA FALSA,
SAN QUINTÍN."**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

O C E A N O L O G O

PRESENTA:

GISSEL DALILA TINOCO ORTA

ENSENADA, BC., NOVIEMBRE DE 1996

RESUMEN

Se evaluó la calidad bacteriológica en agua de mar y carne de ostión en Bahía San Quintín, de enero de 1993 a agosto de 1996. Se utilizó a las bacterias coliformes como organismos indicadores de contaminación, usando la técnica del NMP (Número más probable). Las mayores concentraciones de bacterias coliformes totales y fecales se encontraron en enero y febrero de 1993, cuando ocurrió la más alta precipitación pluvial de los últimos 20 años. La bahía cuenta con una buena calidad bacteriológica para el cultivo de moluscos bivalvos, excepto para los periodos de invierno debido principalmente al transporte de las bacterias por escurrimientos de agua, provocados por la lluvia. Para el producto y en base a las coliformes fecales se determinó que la carne de ostión no cumplió en invierno de 1993 con la norma oficial mexicana debido a la capacidad de los moluscos de concentrar de 10 a 40 veces las bacterias del agua circundante, por lo que la zona estuvo cerrada por un tiempo para protección de los consumidores. Las mayores concentraciones de bacterias coliformes se detectaron en las estaciones 4C, la cuál tiene mayor influencia del arroyo San Simón, 5C ubicada cerca del arroyo y de un cultivo de ostión, 6C localizada en la parte más interna de Bahía Falsa, donde el recambio de agua es más lento y la 8C ubicada en el cultivo de ostión. Para septiembre y noviembre de 1995 se cuantificaron bacterias reductoras de sulfato (BRS) y la especie *Thiobacillus thioparus* con la técnica del NMP. La mayor concentración de BRS se encontró en noviembre en donde posiblemente se dieron las condiciones adecuadas, como: concentración de sulfatos, bajos niveles de oxígeno, cantidad y calidad de materia orgánica. Los valores de pH muestreados fueron de 7.73 y 8.01 para septiembre y noviembre respectivamente. Las estaciones con mayores concentraciones fueron la 6, 10, 11 y 12 ubicadas en la zona de cultivo de ostión. En este trabajo no se detectó la presencia de *Thiobacillus thioparus*, esta especie oxida compuestos de sulfuro, por lo que se asume que no hay un balance entre la sulfato-reducción y la sulfuro-oxidación, o que la oxidación se está llevando a cabo por otra bacteria del mismo género. La presencia de BRS en la bahía da evidencia de las modificaciones que se están llevando a cabo en el medio ambiente de Bahía San Quintín, ya que estas se encuentran en medios ambientes anóxicos.

**“CALIDAD SANITARIA DEL AGUA Y BACTERIAS
REDUCTORAS DE SULFATO EN SEDIMENTO DE BAHÍA
FALSA, SAN QUENTÍN.”**

T E S I S

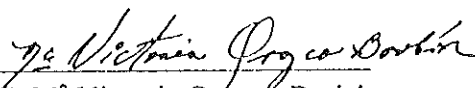
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

O C E A N O L O G O

PRESENTA :

GISSEL DALILA TINOCO ORTA

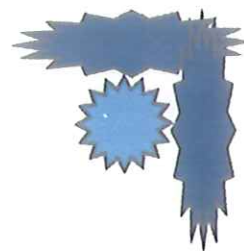
Aprobada por :


M.C. Mª Victoria Orozco Borbón
Presidente del Jurado


M.C. M. Salvador Galindo Bect
Sinodal Propietario


M.C. Héctor Bustos Serrano
Sinodal Propietario

DEDICATORIA



A mi familia, que me han dado tanto de sí mismos

De manera muy especial a mi padre, porque siempre me apoyo en mis malas y buenas decisiones y aunque ya no se encuentra conmigo, se que estaría muy feliz.

A mi madre, mi mejor amiga, la que nunca desvanece, y me infunda valor para seguir luchando bajo cualquier circunstancia y dejarme ser yo misma.

A mi hermano por todo su apoyo y cariño.

A Daniel Ortiz por estar siempre conmigo, en las buenas y en las malas.

A mis amigos de toda la vida, Laura Ma ^u L., Anabel Duarte M. y Luis Carlos Meza S.



Hans y Freud, los quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a la Maestra en Ciencias Ma Victoria Orozco Borbón, por sus consejos, enseñanzas y paciencia en la realización de este trabajo, así como su amistad y cariño brindado.

Un especial agradecimiento a mis sinodales: M.C. Salvador Galindo Bect y M.C. Héctor Bustos Serrano por su valiosa ayuda, disponibilidad y buenos consejos para realizar este trabajo.

A Martín Hernandez Ayón(por ayudarme con los datos), Aarón R. , Chava G. por la ayuda prestada en las salidas de campo y su magnifico humor.

Arturo Ornelas , por su ayuda en el laboratorio, sus buenos comentarios y ánimos para este trabajo.

A Felipe Correa (CM) ,Marco Aurelio (IIO), Julio V y Vinicio Macias (IIO), por prestarme sus estufas de vacío, tanto tiempo.

Al M.C. Víctor Martínez Magaña por prestarme sus datos de materia orgánica. Así como al Ing. Beltran de CONAGUA por los datos de precipitación pluvial y Ramón M.(Dibujante del IIO).

Daniel Ortiz Viveros por el apoyo técnico y Santamaría por su ayuda en la estadística.

Agradezco al Comité Estatal de Moluscos Bivalvos y en particular a los productores de ostión de Bahía Falsa, San Quintín.

A la Facultad de Ciencias Marinas y el Instituto de Investigaciones Oceanológicas por facilitar el uso de sus instalaciones.

A la generación XXXIX "SALMONES" por 5 humorísticos años de aprendizaje sobre la vida. En especial a Chickis (Laura) por aguantarme tanto tiempo y haberme dado sus mejores años, mis grandes amigas de siempre: Aida, Mariana y Selene, que quiero y admiro mucho por ser como son....ustedes mismas y no se dejan derrotar por nada,... siempre adelante!!!. A Héctor, Lacho, Laurita, Letty y Margarita, por su amistad y apoyo.

Ivone y Víctor por ser excelentes compañeros de equipo, en el campo, en los trabajos, en.....ustedes ya saben, en todo, gracias por su amistad!!.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Objetivos	5
2.	MATERIALES Y MÉTODOS	6
2.1	Descripción del área de estudio	6
2.2	Metodología de campo	9
2.3	Metodología de laboratorio	14
2.4	Análisis y procesamiento de datos	16
3.	RESULTADOS	18
4.	DISCUSIÓN	36
5.	CONCLUSIONES	44
6.	LITERATURA CITADA	45
	ANEXO I	54
	ANEXO II	56

LISTA DE TABLAS

Tabla I	Fechas y periodos de muestreo para bacterias coliformes totales y fecales en Bahía San Quintín.	10
Tabla II	Concentración promedio de bacterias coliformes totales y fecales de enero de 1993 a agosto de 1996 en Bahía San Quintín.	19
Tabla III	Distribución promedio de bacterias coliformes totales y fecales, durante los muestreos de 1993-1996 en Bahía San Quintín.	24
Tabla IV	Porcentaje de muestras que excedieron los máximos permisibles de coliformes totales y fecales para el cultivo de moluscos bivalvos, en Bahía San Quintín.	26
Tabla V	Concentración de bacterias coliformes en carne de ostión <i>Crassostrea gigas</i> durante los muestreos de 1993-1996 en Bahía San Quintín.	28
Tabla VI	Valores de temperatura y salinidad promedio para los periodos de muestreo en Bahía San Quintín.	30
Tabla VII	Concentración promedio de bacterias reductoras de sulfato (BRS), <i>Thiobacillus thioparus</i> en sedimento y variables fisicoquímicas en agua, de Bahía San Quintín.	31
Tabla VIII	Distribución de bacterias reductoras de sulfato (BRS) y <i>Thiobacillus thioparus</i> en sedimento y variables fisicoquímicas en el agua durante los muestreos de 1995, en Bahía San Quintín.	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localización del área de estudio en la Bahía San Quintín, B. C.	7
Figura 2	Localización del área de estudio y estaciones de muestreo para bacterias coliformes totales y fecales en la Bahía San Quintín, B. C.	11
Figura 3	Localización del área de estudio y estaciones de muestreo para bacterias reductoras de sulfato en la Bahía San Quintín, B. C.	13
Figura 4	Porcentaje de materia orgánica en Bahía San Quintín, durante octubre-noviembre de 1992 (Martínez-Magaña, 1995).	15
Figura 5	Distribución de bacterias coliformes totales y fecales en comparación con la salinidad y temperatura, durante 1993 en Bahía San Quintín.	20
Figura 6	Distribución de bacterias coliformes totales y fecales en comparación con la salinidad y temperatura, durante 1994 en Bahía San Quintín.	21
Figura 7	Distribución de bacterias coliformes totales y fecales en comparación con la salinidad y temperatura, durante 1995 en Bahía San Quintín.	22
Figura 8	Distribución de bacterias coliformes totales y fecales en comparación con la salinidad y temperatura, durante 1996 en Bahía San Quintín.	23
Figura 9	Distribución de bacterias reductoras de sulfato (BRS $100g^{-1}$) y variables fisicoquímicas durante septiembre de 1995 en Bahía San Quintín.	32
Figura 10	Distribución de bacterias reductoras de sulfato (BRS $100g^{-1}$) y variables fisicoquímicas durante noviembre de 1995 en Bahía San Quintín.	33

1. INTRODUCCIÓN

Las bacterias representan un grupo muy diverso de organismos, los cuales juegan un papel muy importante en el medio ambiente en el que se encuentran, ya que llevan a cabo importantes procesos metabólicos, muchos de los cuales actúan en beneficio del hombre, pero también existen los que afectan a éste, directa o indirectamente. En el medio ambiente marino existe una amplia distribución, abundancia y variedad de bacterias. La presencia o ausencia de diferentes tipos de bacterias se determina por: el pH, la temperatura, salinidad, niveles de oxígeno, condiciones de oxido-reducción, acumulación de materia orgánica y otros factores. El tipo de bacterias presentes en un medio ambiente, por ejemplo bahías, estuarios y lagunas costeras, pueden determinar las características propias de estos, por lo que son ampliamente utilizadas en diversos estudios.

Las zonas costeras en particular bahías, estuarios y lagunas costeras son importantes por su gran productividad la cual es primordial para el desarrollo de algunas especies de importancia ecológica y económica. La fertilidad de estos cuerpos de agua se deben al intercambio de agua por efecto del flujo y reflujo de la marea, a la reserva propia de la laguna y en gran parte a los pastos marinos que funcionan como trampas de nutrientes (Margalef, 1982).

Las lagunas costeras en México son de gran importancia económica y pesquera, porque representan un gran potencial para el desarrollo de la acuicultura ya que el país cuenta con más de 123 lagunas que abarcan el 33% de sus litorales y cubren una superficie aproximada de 12,600 km² (Yáñez-Arancibia, 1982). En donde es propicio el cultivo de peces, crustáceos y moluscos como camarón, langostino, ostión, abulón, tilapia, carpa, trucha y bagre (Secretaría de Pesca, 1990).

Desde los años setenta se han realizado investigaciones para impulsar la acuicultura en lagunas y cuerpos costeros de Baja California, relacionados principalmente con aspectos del cuadro ambiental, como las variables fisicoquímicas y ecológicas que puedan ser utilizadas para el establecimiento de cultivos principalmente de ostión y mejillón.

Diversos estudios realizados en Bahía San Quintín (Chávez-de-Nishikawa y Alvarez-Borrego, 1974; Lara-Lara y Alvarez-Borrego, 1975; Islas-Olivares *et al.*, 1978; Alvarez-Borrego y Alvarez-Borrego, 1982; Islas-Olivares, 1982), demostraron que esta laguna cuenta con condiciones favorables para el establecimiento de cultivos, de tal manera que en Bahía Falsa en 1976 se estableció el primer cultivo de ostión japonés (*Crassostrea gigas*) en México, con una producción anual promedio de 624 toneladas en 1993 (Dirección de Pesca del Estado de Baja California, 1993).

Además del conocimiento de las variables ambientales y técnicas de cultivo, es necesario determinar la calidad bacteriológica de los cuerpos de agua donde se cultivan moluscos bivalvos, ya que estos, por ser filtroalimentadores, acumulan y concentran microorganismos del medio ambiente, de los cuales algunos son patógenos, que ocasionan enfermedades como fiebre tifoidea, paratifoidea, cólera, hepatitis y padecimientos gastrointestinales (Salas, 1989; Corre *et al.*, 1991; De Mesquita *et al.*, 1991; Jehl-Pietri *et al.*, 1991).

En 1979 se realizó el primer estudio sanitario de calidad de agua y producto en Bahía San Quintín, B.C. declarándola área aprobada para el cultivo de moluscos bivalvos de acuerdo de los lineamientos de operación del Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos (PMSMB) para consumo nacional y de exportación, la cual se llevó a cabo en 1985.

Desde 1989 se han realizado estudios bacteriológicos sistemáticos en agua y en el ostión *Crassostrea gigas* en Bahía Falsa, los resultados muestran la ausencia casi total de bacterias coliformes en agua de mar, lo cual indica una buena calidad bacteriológica para el cultivo de moluscos bivalvos (Orozco-Borbón *et al.*, 1994). Sin embargo, se ha detectado en el sedimento la presencia de ácido sulfhídrico resultado de la producción de biodepositos por el cultivo, la cual se calcula en $1780 \text{ g m}^{-2}\text{año}^{-1}$ de detritus (Acosta-Ruiz, 1985).

Los biodepositos están constituidos del 9 al 23 % de materia orgánica y pseudoheces, éstas grandes cantidades de materia orgánica se acumulan en el sedimento (Tsuchiya y Kurihara, 1980), siendo un buen sustrato para bacterias del tipo sulfhidrante y desnitrificantes; las cuales liberan al medio subproductos de su metabolismo, el que produce modificaciones en el medio ambiente sedimentario como son: disminución o eliminación de oxígeno disuelto en el agua intersticial del sedimento, formación de ácido sulfhídrico y formación de amonio (Villareal-Chávez, 1993).

Un grupo de bacterias anaeróbicas estrictas que se encuentran comúnmente en áreas anóxicas, son las sulfhidrantes o reductoras de sulfato, las cuales utilizan como aceptores electrónicos compuestos oxidados del azufre como los sulfatos, tiosulfatos y azufre elemental, los cuales al ser reducidos producen ácido sulfhídrico (Jorgensen, 1983).

El ácido sulfhídrico presente en zonas costeras puede ser oxidado por bacterias del género *Thiobacillus*, y da evidencia de los procesos llevados a cabo. Se manifiesta por el ennegrecimiento de los sedimentos y por la producción de gas, lo cual ocasiona olores desagradables; además, el ácido sulfhídrico es tóxico para los organismos, principalmente para moluscos bivalvos, lo cual produce medios ambientes improductivos (Jorgensen, 1980; Oeschger y Storey, 1990; Kristensen, *et al.*, 1992).

Por otra parte se conoce que cambios en el potencial redox resultado de la actividad bacteriana pueden afectar la solubilidad de los metales, influyendo sobre el ciclo de esos elementos, lo que produce una liberación o incremento de especies reducidas de metales en forma soluble como el aluminio, hierro, manganeso, zinc y cobre. En particular se tiene conocimiento que la metilación del mercurio ocurre más rápidamente en sedimentos anóxicos en presencia de bacterias reductoras de sulfato (Gilmour, 1992).

En un estudio sobre metales pesados realizado en Bahía San Quintín por Pro-García (1990), se encontró que los biodepósitos generados en la zona ostrícola contribuyen al enriquecimiento de Cd, Cu, Zn, Al y Mn lo que pudiera estar relacionado con bacterias reductoras de sulfato.

En vista de la importancia que reviste el tener conocimiento de las bacterias reductoras de sulfato en el sedimento de las zonas de cultivo, como puede ser el cultivo de ostión japonés *Crassostrea gigas* en Bahía Falsa y debido a que no existe a la fecha ningún estudio al respecto, se realizó el presente trabajo para cuantificar las bacterias reductoras de sulfato en sedimento y a las bacterias indicadoras de contaminación en la columna de agua para conocer el estado de salud del área de cultivo.

Un aspecto importante del presente estudio, es que provee las bases para futuros estudios de contaminación o cambios ecológicos derivados de los cultivos ostrícolas presentes en la zona de Bahía San Quintín,

1.1 Objetivos

- a) Caracterizar la calidad sanitaria del agua de mar y ostión cultivado en Bahía Falsa, San Quintín.
- b) Estudiar la distribución y abundancia de bacterias reductoras de sulfato en sedimentos superficiales de Bahía Falsa, como una evidencia de posible impacto en la zona por la presencia del ostricultivo.
- c) Cuantificar bacterias del tipo *Thiobacillus thioparus* en sedimentos superficiales de la zona de cultivo de Bahía Falsa.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Descripción del área de estudio.

Bahía San Quintín es una laguna costera que se localiza en la costa noroccidental de la península de Baja California, aproximadamente a 200 km al sur de la ciudad de Ensenada. Se encuentra entre los 30° 24' - 30° 30' de latitud norte y 115° 58' - 116° 01' de latitud oeste (Figura 1). Su área total es de 4000 hectáreas y está dividida en dos brazos: el brazo este se denomina propiamente Bahía San Quintín y el del oeste Bahía Falsa. La bahía se comunica con el mar por medio de una boca estrecha de aproximadamente 400 m de amplitud y a excepción de los canales más profundos (7 m) la bahía tiene aproximadamente menos de 3 m de profundidad (Contreras, 1985).

Los sedimentos varían desde los limos hasta arenas gruesas (Gorsline and Stewart, 1962) y existe abundancia de fanerógamas marinas, tales como *Spartina foliosa*, *Salicornia virginica* y *Zostera marina* (Neuenschwander *et al.*, 1979 citado por Ballesteros-Grijalva *et al.*, 1993).

Bahía San Quintín es una localidad que presenta poca precipitación pluvial, ya que en los últimos años el promedio anual fue de 260 mm, según datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). La temperatura media anual es de 16 °C, la temperatura media de verano es de 24 °C y la invernal de 12 °C. Los vientos dominantes provienen del oeste o noroeste, no obstante en el verano son frecuentes los vientos del sur.

Sus aguas se ven influenciadas principalmente por surgencias que ocurren al sur de la boca (Dawson, 1951 citado por Solis-Bañuelos, 1992), por consecuencia las

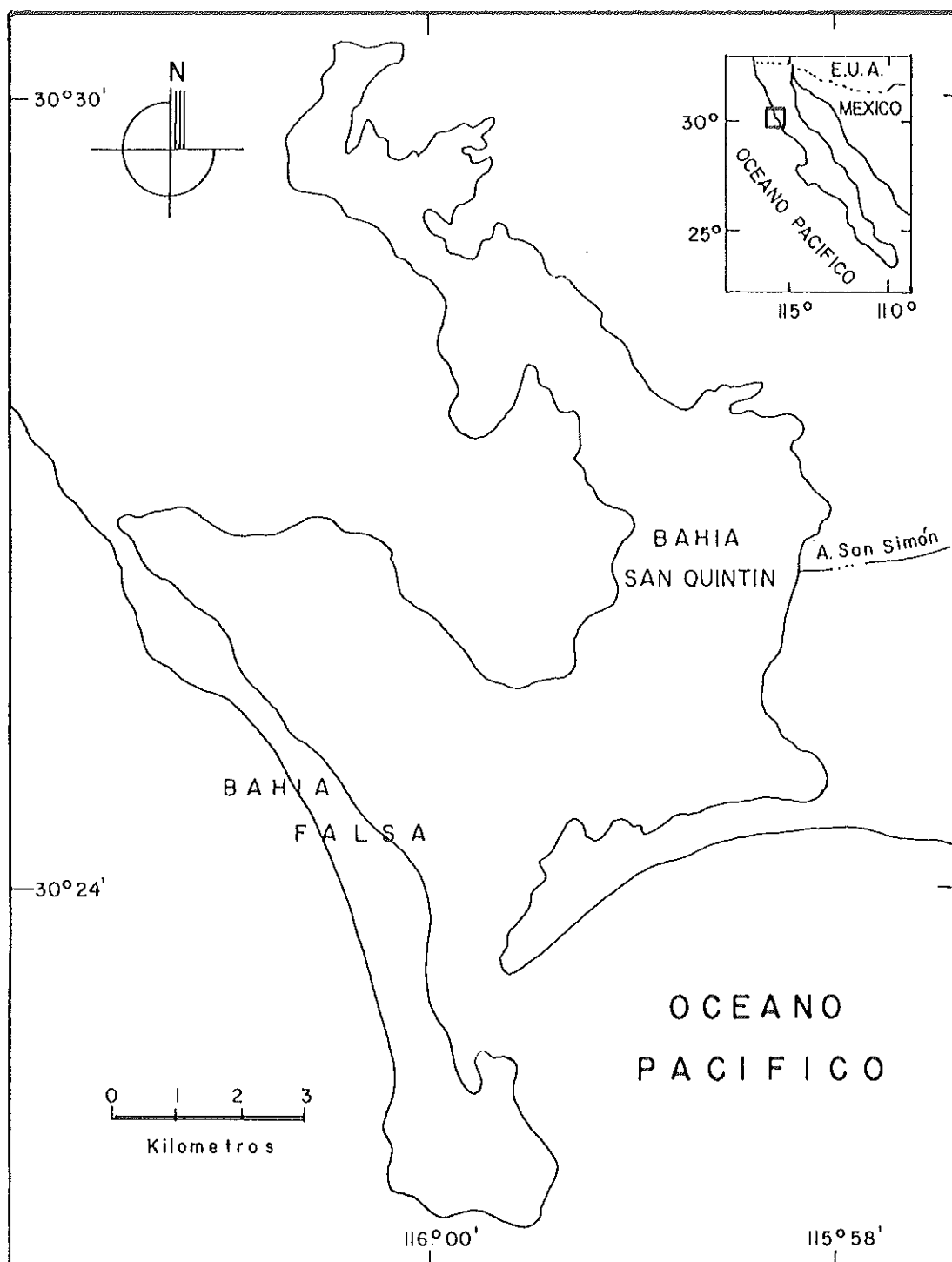


FIGURA 1. Localización del área de estudio en la Bahía San Quintín, B. C.

menores temperaturas se localizan en el verano (Chávez-de-Nishikawa *et al.*, 1974 y Alvarez-Borrego *et al.*, 1975).

Las corrientes se deben principalmente a las mareas las cuales presentan velocidades de 20-80 cm/seg. Durante el reflujo, la distribución es similar (Del Valle-Lucero, 1979).

Bahía Falsa tiene una longitud de 7 km con un ancho de 2 km en promedio. El canal principal situado al este, tiene una profundidad máxima de 15 m en su confluencia con el canal de la boca. La mayor parte de esta bahía tiene menos de 2 m de profundidad en marea baja y presenta un bajo central, que ocupa un 40% del área total que emerge durante las mareas bajas equinocciales (Villareal-Chávez, 1993). En esta región se practica el cultivo de ostión japonés *Crassostrea gigas*, siendo uno de los principales centros ostrícolas productivos en el país (Islas-Olivares, 1975).

En esta zona el arte de cultivo utilizado es el estante o rack. Este es un sistema desarrollado por los cooperativistas, que consiste en la fabricación de estructuras armadas con tubos de plástico o madera afianzadas en el piso de la bahía sobre las cuales se colocan tubos transversales de PVC (cinco líneas) que soportan cuerdas donde se encuentran los ostiones, estas son las denominadas sartas.

La estructura denominada estante o rack ocupa 9.12 m² de área más otra porción que se le llama zona de amortiguamiento, esto es con el fin de que los estantes no queden tan cercanos uno de otro y se facilite la rotación.

Aproximadamente cada año se hace la rotación de la localización de los cultivos en la zona. Para el año de 1993 se contaba con 3150 estantes, para 1996 se cuenta con

5130, de las 14 granjas productoras solo una exporta su producto a Estados Unidos (García-Esquivel¹, Garduño-Franco², com. per.).

2.2 Metodología de campo.

Se utilizaron datos de bacterias coliformes totales y fecales de la zona de cultivo del ostión japonés *Crassostrea gigas*. Estos datos fueron proporcionados por el Comité Estatal del Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos (PMSMB).

El periodo de estudio para bacterias coliformes totales y fecales que comprende este trabajo es de enero de 1993 a agosto de 1996 (Tabla I).

Las estaciones de muestreo para coliformes en Bahía Falsa se identifican con el número de la estación y la letra "C" para evitar confusión. Estas fueron establecidas en base a las especificaciones del Manual de Operaciones del Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos (Secretaría de Salud, 1989a), que considera factores como fuentes de contaminación, ubicación de moluscos bivalvos, aspectos hidrográficos y patrón de circulación del lugar (Figura 2).

Se tomaron muestras de agua de mar superficial en frascos de vidrio de boca ancha de 250 ml, esterilizados a 121° C y 15 lb de presión durante 15 minutos (APHA, 1985).

¹ Ocean.Jesús García Esquivel, Jefe del Programa de Moluscos (SEMARNAP). Ensenada, Baja California.

² M.C. José C. Garduño Franco, Jefe del Departamento de Acuicultura (SEMARNAP). Ensenada, Baja California.

Tabla I.- Fechas y periodos de muestreo para bacterias coliformes totales y fecales en Bahía San Quintín.

MES	AÑO	PERIODO
Enero	1993	Invierno
Febrero	1993	Otoño
Noviembre	1993	
Diciembre	1993	
Enero	1994	Invierno
Mayo	1994	Primavera
Agosto	1994	Verano
Marzo	1995	Invierno
Agosto	1995	Verano
Noviembre	1995	Otoño
Agosto	1996	Verano

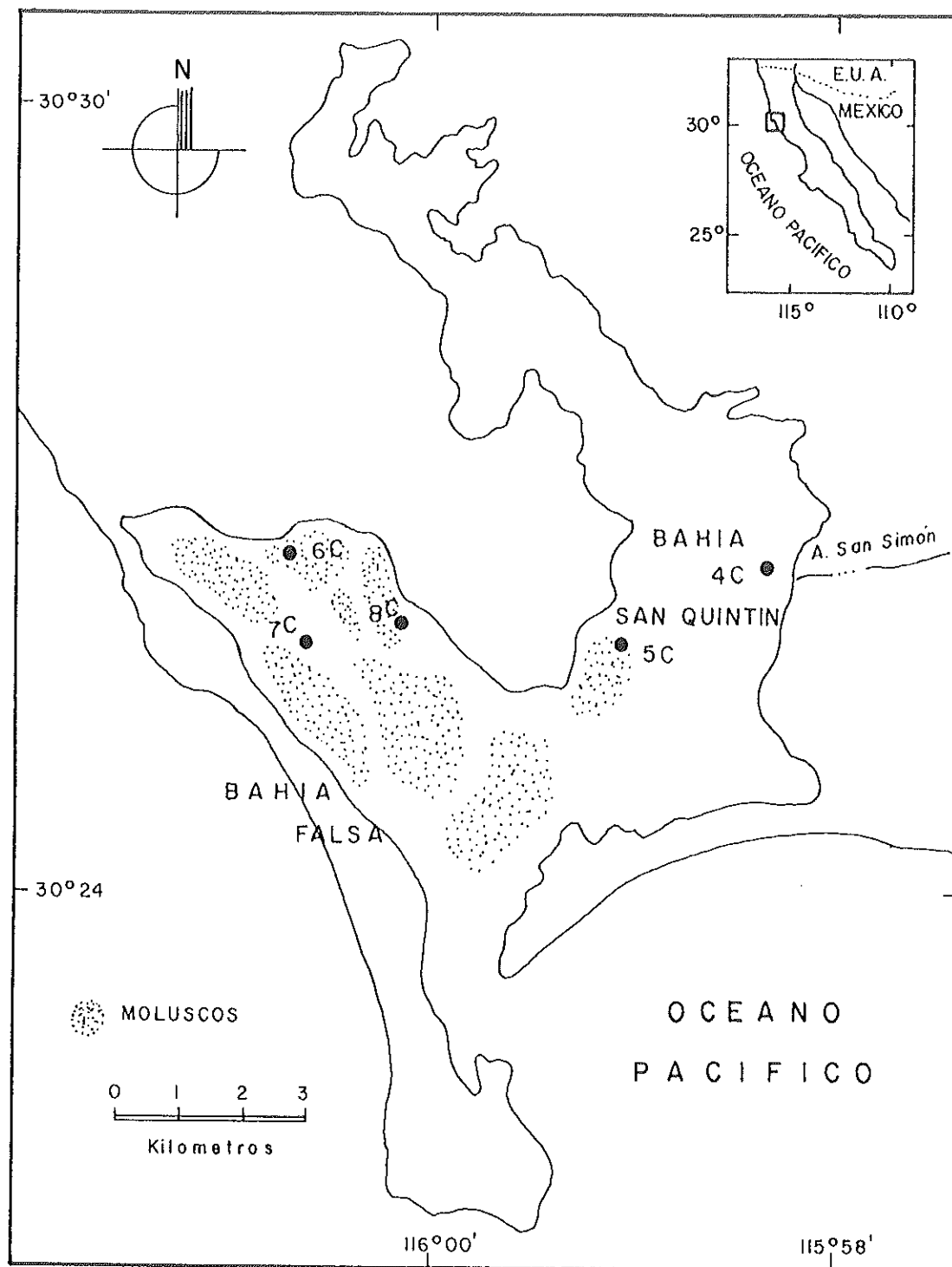


FIGURA 2 . Localización del área de estudio y estaciones de muestreo para bacterias coliformes totales y fecales en la Bahía San Quintín, B.C.

Las muestras se preservaron en hielo a 4° C y se transportaron al laboratorio para su análisis inmediato, tiempo que no pasó de las 12 horas. También se midieron las variables fisicoquímicas como temperatura y salinidad *in situ*. La temperatura se midió con un termómetro de cubeta y la salinidad con un salinómetro de inducción.

Además de la cuantificación de bacterias coliformes totales y fecales, se analizaron bacterias reductoras de sulfato. El sedimento para el análisis, se tomó en los meses de septiembre y noviembre de 1995.

Además de la cuantificación de bacterias coliformes totales y fecales, se analizaron bacterias reductoras de sulfato. El sedimento para el análisis, se tomó en los meses de septiembre y noviembre de 1995.

Se ubicaron 10 estaciones en relación a puntos fijos sobre la playa, a lo largo del brazo de Bahía Falsa y 3 estaciones de referencia en el brazo de Bahía San Quintín (Figura 3), en cada una de ellas, se colectaron muestras de sedimentos superficiales de los primeros 10 centímetros de profundidad.

Las muestras se colectaron mediante buceo libre, utilizando jeringas de plástico estériles con capacidad de 10 ml; las muestras se colocaron en bolsas de plástico estériles debidamente etiquetadas y se conservaron a temperaturas entre 5-10 °C, hasta su análisis en laboratorio.

La metodología utilizada para el análisis en el laboratorio fue la técnica del NMP (Número más probable) descrito por APHA (1985).

Simultáneamente se midieron variables hidrológicas como: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno y pH en la columna de

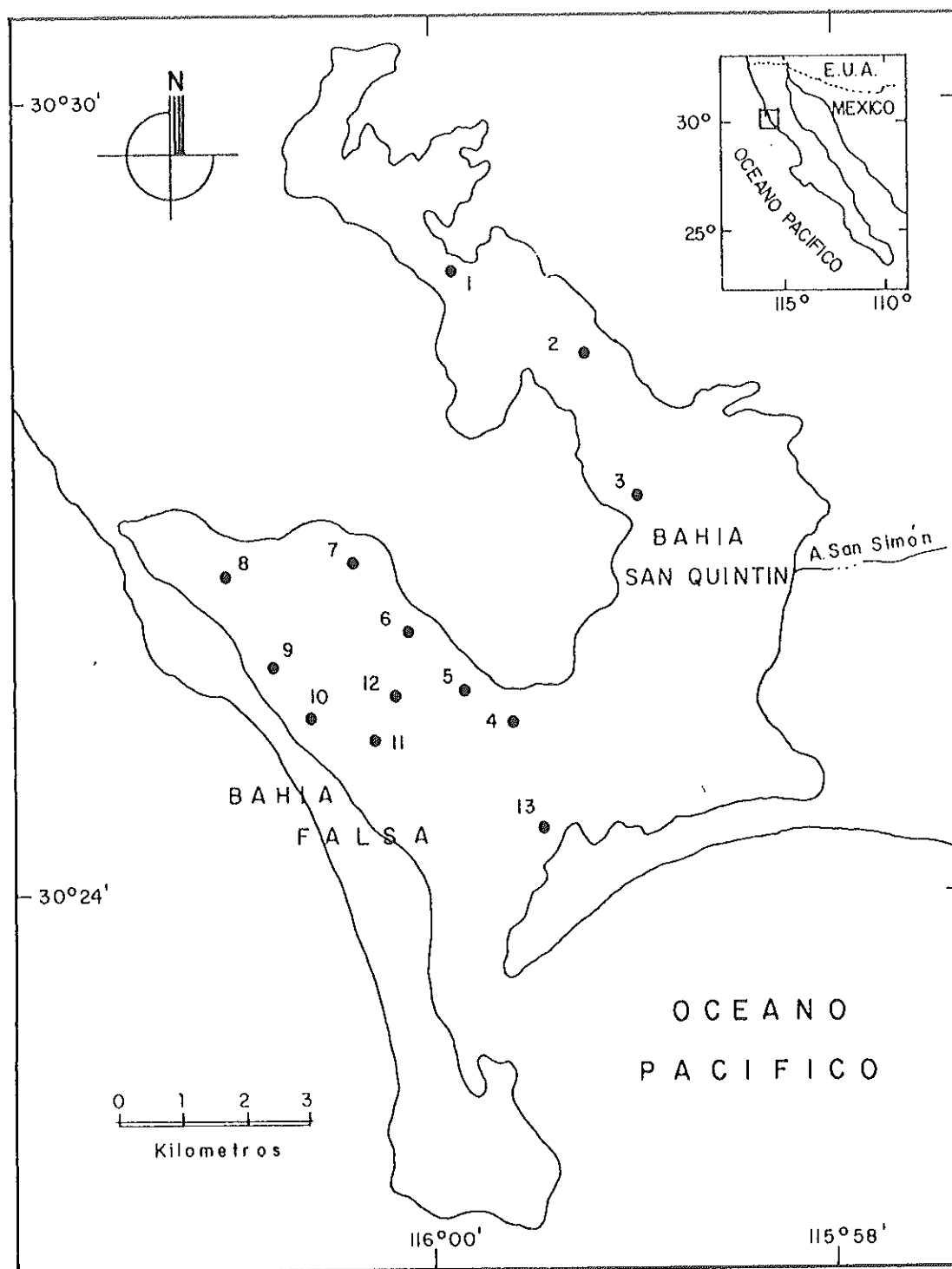


FIGURA 3 Localización del área de estudio y estaciones de muestreo para bacterias reductoras de sulfato en la Bahía San Quintín, B.C.

agua para el mes de septiembre, para noviembre no se obtuvieron valores de oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno por problemas técnicos con el aparato de medición. Estas mediciones se llevaron a cabo con un CTD marca IDRONAUT, solo se tomo en cuenta los datos con la profundidad más cercana al sedimento.

Los datos de materia orgánica que se utilizaron en este trabajo se tomaron de Martínez-Magaña, (1995) de el estudio realizado en Bahía San Quintín durante octubre y noviembre de 1992 (Figura 4).

2.3 Metodología de Laboratorio.

El análisis de bacterias coliformes se realizó por el método de fermentación de tubos múltiples mediante la técnica del NMP (Número más probable), con serie de cinco tubos (APHA, 1985).

Esta técnica se basa en la propiedad del grupo coliforme de fermentar lactosa con la formación de gas en un periodo de 24 - 48 horas a 35 °C. Consiste en dos pruebas la primera es la presuntiva en la cual se inocular la muestra en medio caldo lactosado, incubando por 48 horas a 35 °C, los que se consideran positivos o con presencia de bacterias coliformes son los que mostraron desprendimiento de gas.

La segunda prueba es la confirmativa para coliformes totales, donde se utilizó un medio selectivo que inhibe a organismos que no son del grupo coliforme, este medio es Verde Bilis Brillante al 2%. Se incubaron durante 48 horas a 35 °C; simultáneamente se

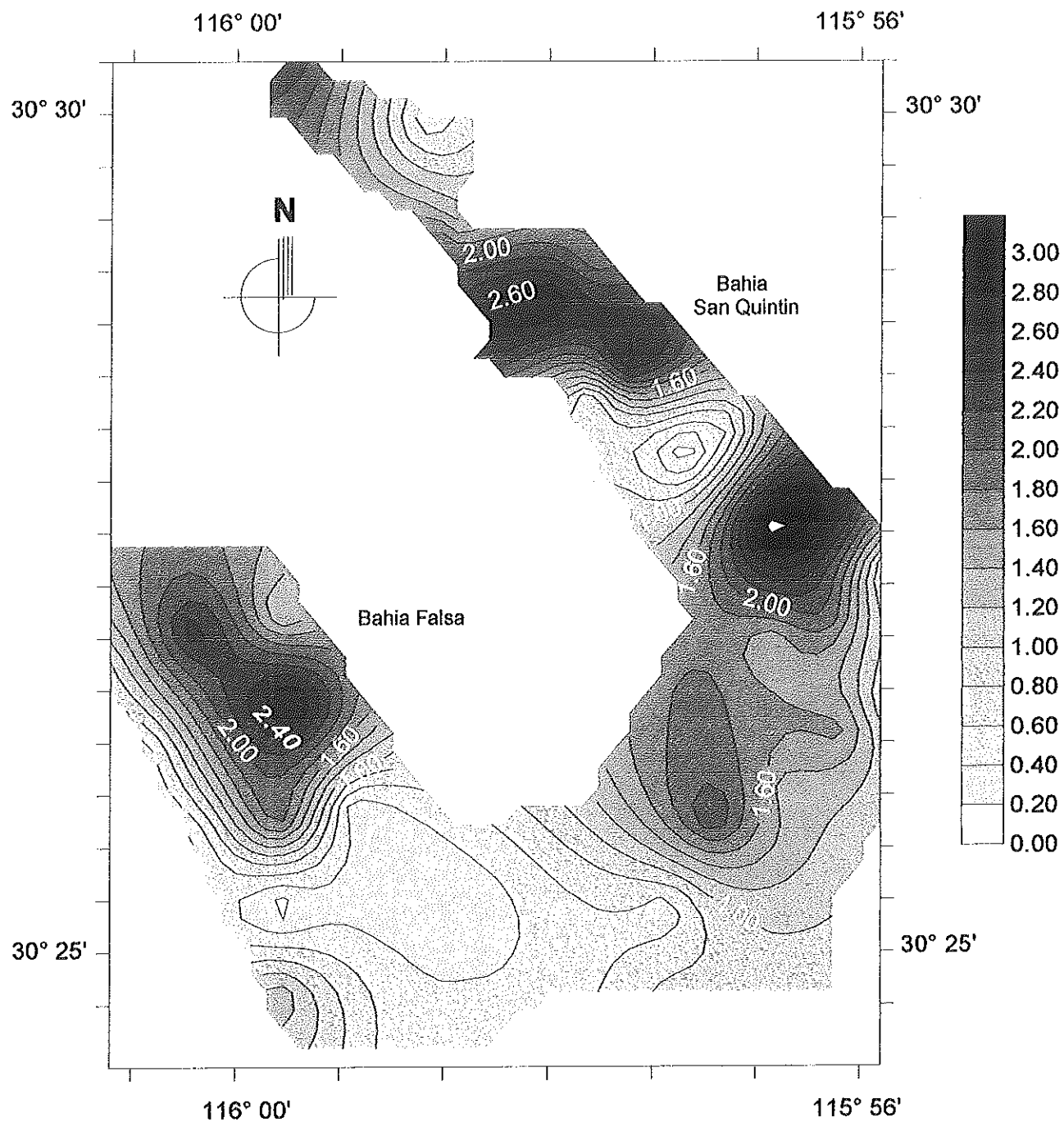


Figura 4.- Porcentaje de materia orgánica en Bahía San Quintín, durante Octubre-Noviembre de 1992 (Martínez-Magaña, 1995).

realizó la prueba confirmativa para coliformes fecales con un medio EC incubando por 24 horas a 44.5 °C en un baño de agua.

La determinación de bacterias reductoras de sulfato se realizó mediante la técnica del NMP (Número más probable) descrito por APHA (1985).

Se utilizó el medio Sulfato-Reductoras (Anexo I), el cual contiene los nutrientes adecuados (sulfatos), así como condiciones reducidas para un crecimiento óptimo, la técnica se realizó con serie de cinco tubos con un tiempo de incubación de 28 días en cámaras de vacío para crear un ambiente anóxico.

También se preparó el medio Sulfato-Reductoras (Anexo II), específico para bacterias sulfuro-oxidantes del tipo *Thiobacillus thioparus*, el cual tiene un tiempo de incubación de 5 días.

El crecimiento bacteriano se detectó mediante el cambio de color del medio a negro, y turbidez en el tubo.

2.4 Análisis Estadístico y procesamiento de datos.

Para verificar la normalidad de los datos de bacterias coliformes totales, fecales y variables físicoquímicas, se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov al 95 % de confianza. Además se obtuvo la estadística descriptiva de todas las variables analizadas,

(valor máximo y mínimo) para cada estación de muestreo, por meses, años y periodos del año.

Posteriormente para determinar diferencias significativas estacionales y espaciales se utilizó la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis al 95 % de significancia.

A los datos de septiembre y noviembre de bacterias reductoras de sulfato se les aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov al 95 % de confianza para determinar su tipo de distribución, por la naturaleza de los datos se aplicó la prueba no paramétrica de rangos señalados y pares igualados de Wilcoxon (Sidney-Siegel. 1979).

3. RESULTADOS

Las mayores concentraciones promedio de bacterias coliformes totales ocurrieron en enero y febrero de 1993 con valores de 715 NMP 100 ml⁻¹ y 214 NMP 100 ml⁻¹ respectivamente (Tabla II). Con respecto a las bacterias coliformes fecales las mayores concentraciones ocurrieron en los mismos meses con promedios de 140 y 70 NMP 100 ml⁻¹ respectivamente (Tabla II).

Los valores máximos obtenidos de bacterias coliformes totales y fecales ocurrieron en los meses de enero y febrero de 1993 con 2800 CT 100 ml⁻¹, 140 CF 100 ml⁻¹ y 540 CT 100 ml⁻¹, 70 CF 100 ml⁻¹ respectivamente (Tabla II, Figura 5). Los valores mínimos de bacterias coliformes (<2 CT 100 ml⁻¹; <2 CF 100 ml⁻¹) se presentaron en el año 1994 y 1996, mientras que en 1995 se detectaron concentraciones bajas de bacterias coliformes totales y fecales < 2 (Tabla II, Figuras 6 a 8).

El análisis estadístico no paramétrico de Kruskal-Wallis ($P > 0.05$) entre meses de muestreo demostró diferencias significativas, con la prueba *a posteriori* se encontró que enero y febrero de 1993 difieren de los otros meses de manera significativa.

La concentración promedio de bacterias coliformes totales y fecales por estación de muestreo y periodos del año se observan en la Tabla III. En general las mayores concentraciones de bacterias coliformes totales y fecales se presentaron en las estaciones 4C y 5C.

En invierno las mayores concentraciones de coliformes totales (758 NMP 100 ml⁻¹, 141 NMP 100 ml⁻¹) se presentaron en las estaciones 4C y 5C respectivamente. Para coliformes fecales la mayor concentración se encontró en la estación 4C con 65 CF

Tabla II .- Concentración promedio de bacterias coliformes totales y fecales de enero de 1993 a agosto de 1996 en Bahía San Quintín.

MES	COLIFORMES TOTALES			COLIFORMES FECALES		
	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo
Enero 93	715	2800	17	140	140	< 2
Febrero 93	214	540	33	70	70	< 2
Noviembre 93	39	80	4	36	36	2
Diciembre 93	50	112	4	42	42	6
Enero 94	49	110	2	49	49	< 2
Mayo 94	3	5	< 2	2	2	< 2
Agosto 94	5	13	< 2	5	5	< 2
Marzo 95	63	240	7	49	49	2
Agosto 95	9	23	< 2	20	20	< 2
Noviembre 95	73	240	2	22	22	< 2
Agosto 96	2	5	< 2	2	2	< 2

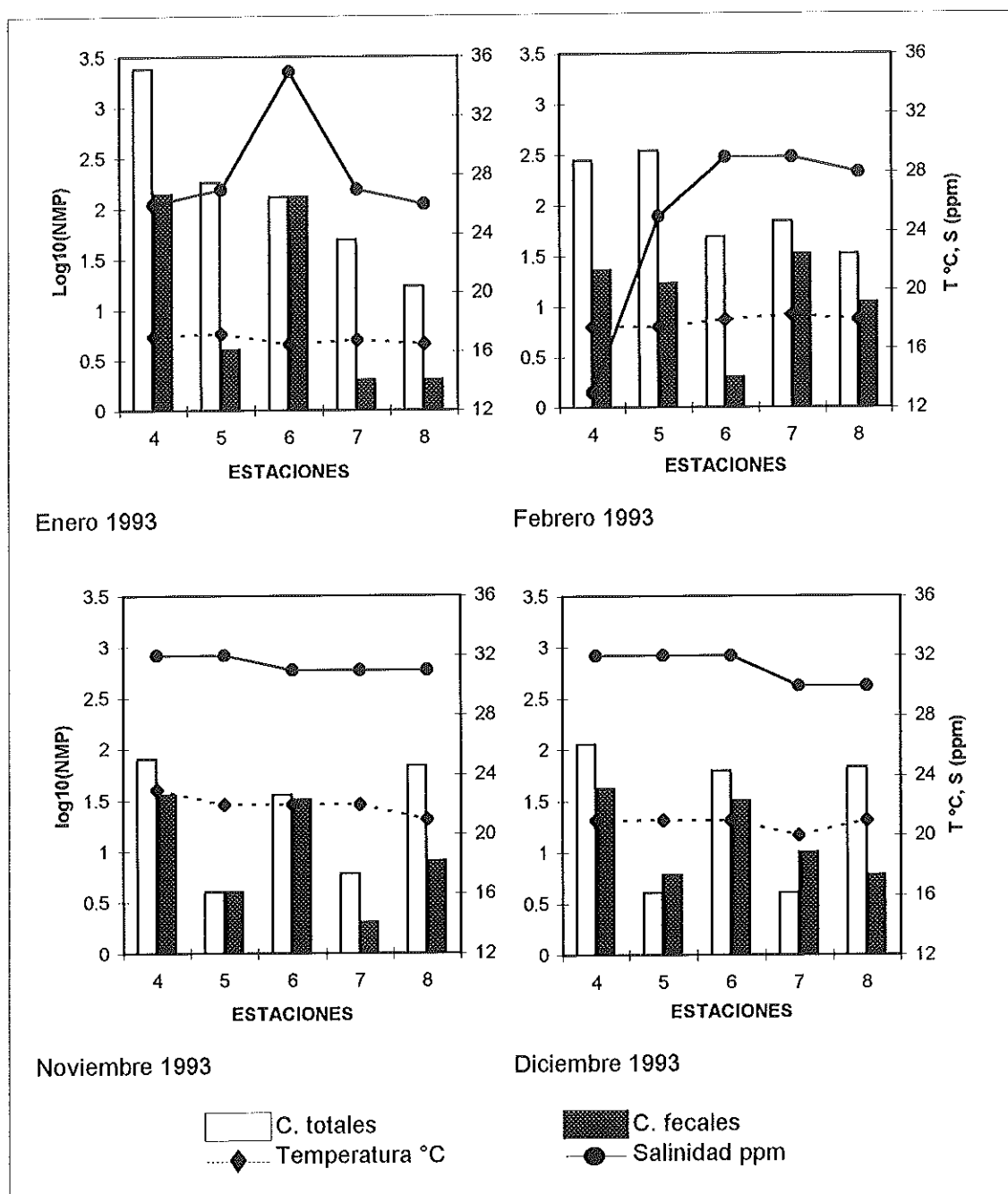


Figura 5.- Distribución de bacterias coliformes totales y fecales en comparación con la salinidad y temperatura, durante 1993 en Bahía San Quintín .

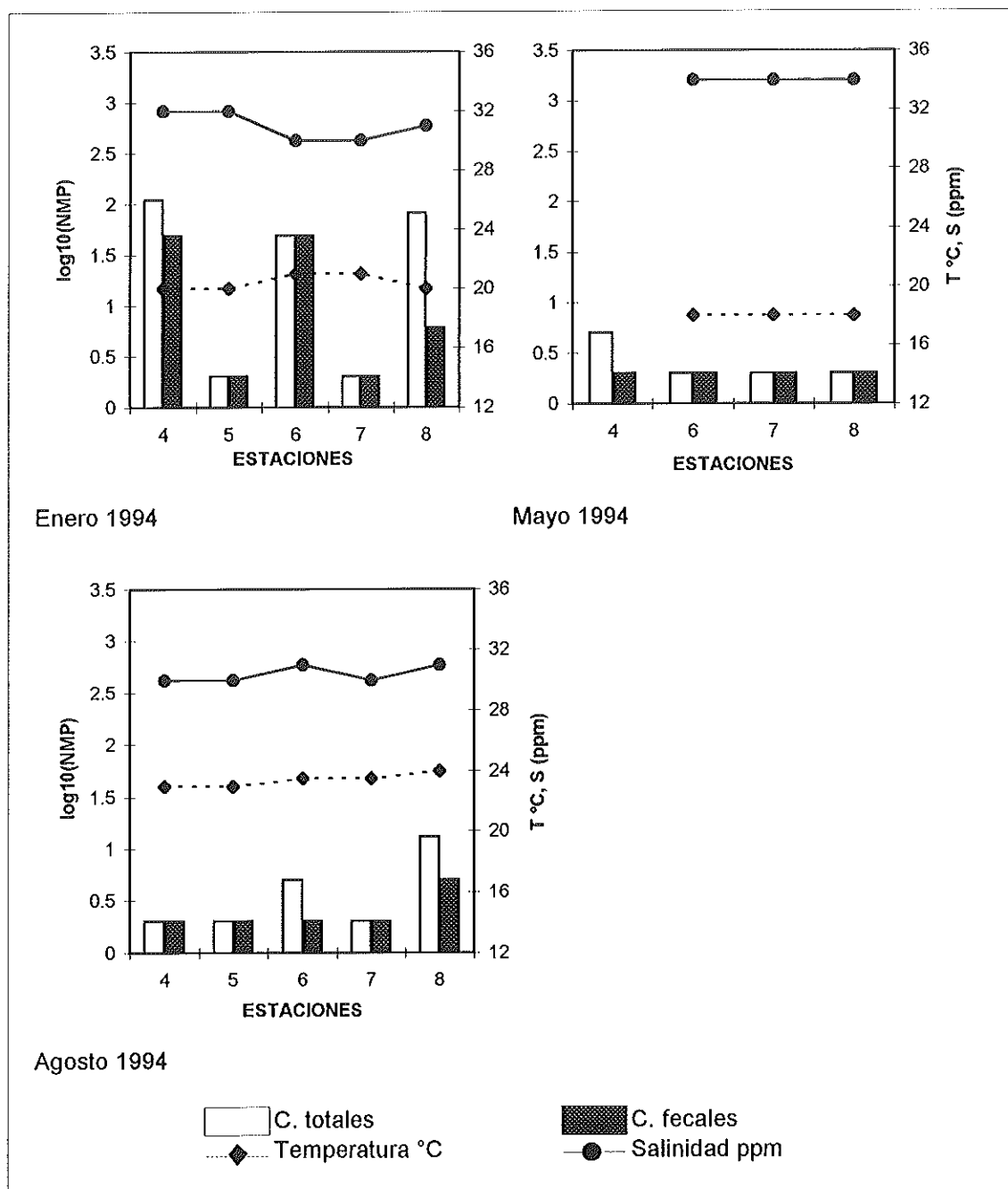


Figura 6.- Distribución de bacterias coliformes totales y fecales en comparación con la salinidad y temperatura, durante 1994 en Bahía San Quintín .

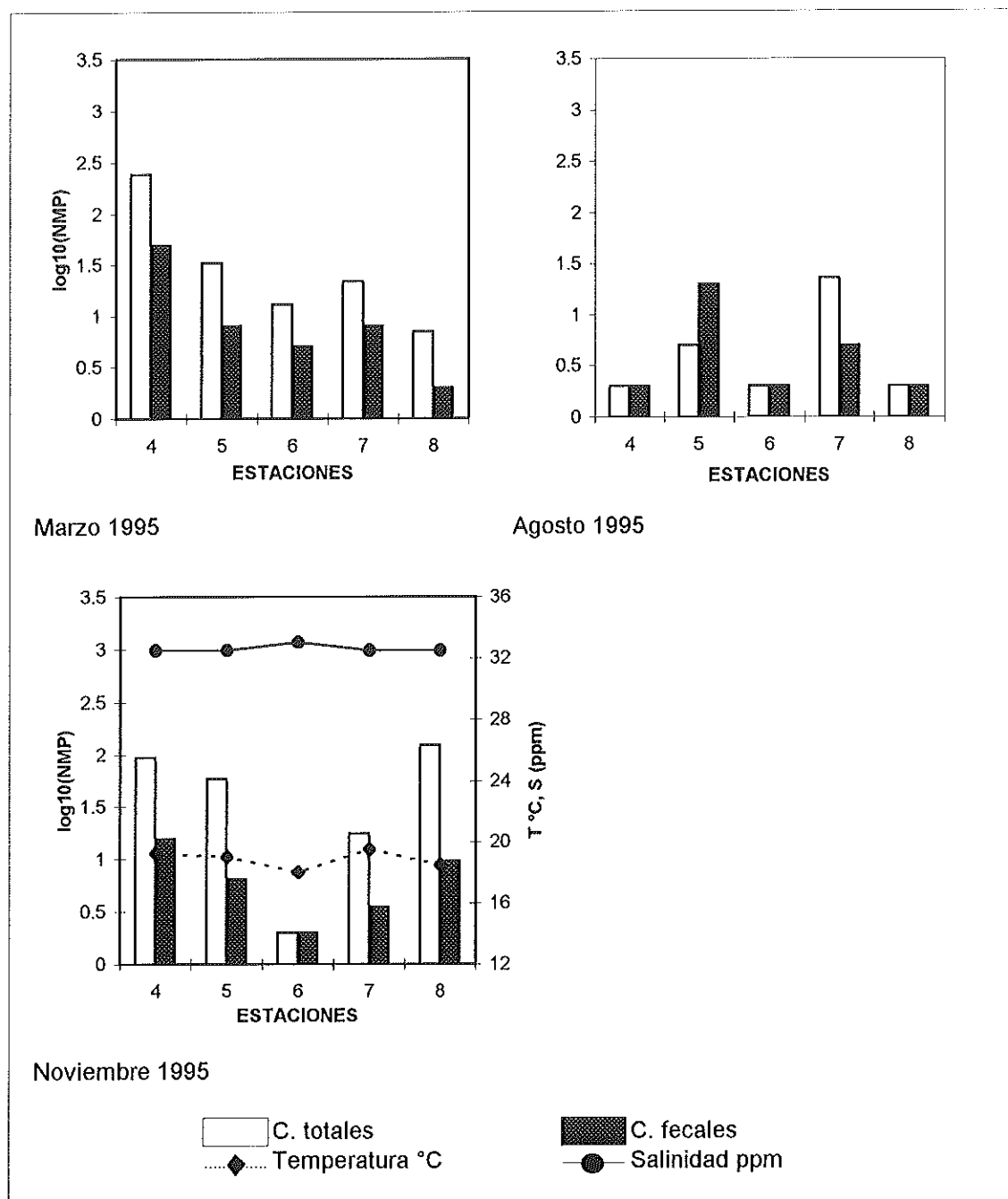


Figura 7.- Distribución de bacterias coliformes totales y fecales en comparación con la salinidad y temperatura, durante 1995 en Bahía San Quintín .

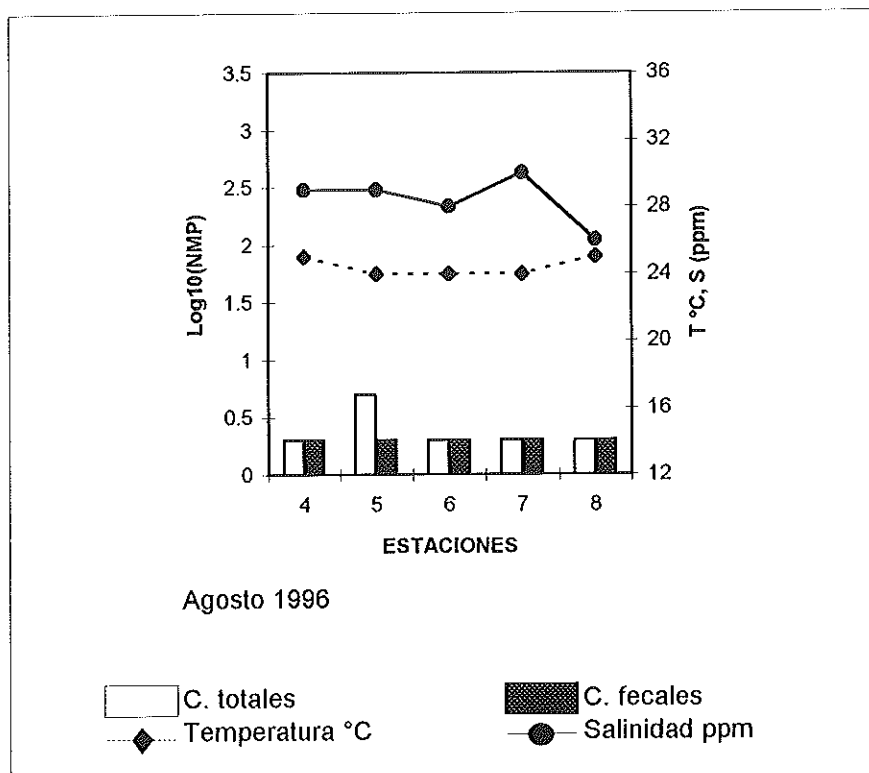


Figura 8.- Distribución de bacterias coliformes totales y fecales en comparación con la salinidad y temperatura, durante 1996 en Bahía San Quintín .

Tabla III .- Distribución promedio de bacterias coliformes totales y fecales, durante los muestreos de 1993 - 1996 en Bahía San Quintín.

COLIFORMES TOTALES						
ESTACION	INVIERNO		OTOÑO		VERANO	
	PROM.	MIN / MAX	PROM.	MIN / MAX	PROM.	MIN / MAX
4C	758	110 / 2800	95	80 / 112	2	2 / 2
5C	141	2 / 35	22	4 / 59	4	2 / 5
6C	60	13 / 130	33	2 / 62	3	2 / 5
7C	36	2 / 70	10	4 / 19	9	2 / 23
8C	35	7 / 81	86	67 / 123	6	2 / 13
COLIFORMES FECALES						
ESTACION	INVIERNO		OTOÑO		VERANO	
	PROM.	MIN / MAX	PROM.	MIN / MAX	PROM.	MIN / MAX
4C	65	23 / 140	31	16 / 42	2	2 / 2
5C	8	2 / 17	6	4 / 7	8	2 / 20
6C	47	5 / 130	22	2 / 32	2	2 / 2
7C	11	2 / 33	5	2 / 10	3	2 / 5
8C	5	2 / 11	8	6 / 10	3	2 / 5

100 ml⁻¹. El valor máximo de bacterias coliformes se presentó en la estación 4C (2800 CT 100 ml⁻¹ y 140 CF 100 ml⁻¹).

En otoño las mayores concentraciones de bacterias coliformes totales ocurrieron en las estaciones 4C y 8C con un promedio de 95 NMP 100 ml⁻¹ y 86 NMP 100 ml⁻¹ respectivamente. En la estación 4C se presentó un valor mínimo de 80 NMP 100 ml⁻¹ y un máximo de 112 NMP 100 ml⁻¹, mientras que en la estación 8C se determinó un mínimo de 67 NMP 100 ml⁻¹ y un máximo de 123 NMP 100 ml⁻¹.

Las mayores concentraciones para otoño, de bacterias coliformes fecales (31 NMP 100 ml⁻¹, 22 NMP 100 ml⁻¹) ocurrieron en las estaciones 4C y 6C con valores mínimos y máximos de 16 NMP 100 ml⁻¹; 42 NMP 100 ml⁻¹ y 2 NMP 100 ml⁻¹; 32 NMP 100 ml⁻¹ respectivamente.

En verano las concentraciones de bacterias coliformes totales y fecales mostraron valores relativamente bajos (Tabla III).

Se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los periodos de los años muestreados. Con el análisis *a posteriori* se demostró que el otoño e invierno de 1993 fueron diferentes al resto de los periodos analizados.

En la Tabla IV se observan los porcentajes de muestras que exceden los máximos permisibles³ de bacterias coliformes totales y fecales. Para coliformes totales los periodos del año que excedieron los límites establecidos fueron invierno de 1993 e

³ La legislación mexicana establece que para el cultivo de moluscos bivalvos el 10% de las muestras no debe exceder de 230 NMP 100 ml⁻¹ de coliformes totales, así como su mediana y/o promedio geométrico no más de 70 coliformes totales NMP 100 ml⁻¹.

Tabla IV .- Porcentaje de muestras que excedieron los máximos permisibles de coliformes totales y fecales para el cultivo de moluscos bivalvos, en Bahía San Quintín.

COLIFORMES TOTALES				
PERIODO	MIN / MAX	% > 230	MEDIANA	PROM.GEOM.
Invierno 1993	17 / 2800	31.25	150	155
Otoño 1993	4 / 112	0	49	23
Invierno 1994	2 / 110	0	49	18
Primavera 1994	2 / 5	0	2	2
Verano 1994	2 / 13	0	2	3
Invierno 1995	7 / 240	20	22	28
Verano 1995	2 / 23	0	2	4
Otoño 1995	2 / 123	0	59	30
Verano 1996	2 / 5	0	2	2
COLIFORMES FECALES				
PERIODO	MIN / MAX	% > 43	MEDIANA	PROM.GEOM.
Invierno 1993	2 / 140	25	13	14
Otoño 1993	2 / 42	0	9	11
Invierno 1994	2 / 49	40	6	9
Primavera 1994	2 / 2	0	2	2
Verano 1994	2 / 5	0	2	2
Invierno 1995	2 / 49	20	8	8
Verano 1995	2 / 20	0	2	4
Otoño 1995	2 / 16	0	7	6
Verano 1996	2 / 2	0	2	2

Tabla IV .- Porcentaje de muestras que excedieron los máximos permisibles de coliformes totales y fecales para el cultivo de moluscos bivalvos, en Bahía San Quintín.

COLIFORMES TOTALES				
PERIODO	MIN / MAX	% > 230	MEDIANA	PROM.GEOM.
Invierno 1993	17 / 2800	31.25	150	155
Otoño 1993	4 / 112	0	49	23
Invierno 1994	2 / 110	0	49	18
Primavera 1994	2 / 5	0	2	2
Verano 1994	2 / 13	0	2	3
Invierno 1995	7 / 240	20	22	28
Verano 1995	2 / 23	0	2	4
Otoño 1995	2 / 123	0	59	30
Verano 1996	2 / 5	0	2	2
COLIFORMES FECALES				
PERIODO	MIN / MAX	% > 43	MEDIANA	PROM.GEOM.
Invierno 1993	2 / 140	25	13	14
Otoño 1993	2 / 42	0	9	11
Invierno 1994	2 / 49	40	6	9
Primavera 1994	2 / 2	0	2	2
Verano 1994	2 / 5	0	2	2
Invierno 1995	2 / 49	20	8	8
Verano 1995	2 / 20	0	2	4
Otoño 1995	2 / 16	0	7	6
Verano 1996	2 / 2	0	2	2

invierno de 1995. En invierno de 1993 el 31.25% de las muestras excedieron a 230 CT 100 ml⁻¹ y la mediana (150 CT 100 ml⁻¹) y promedio geométrico (155 CT 100 ml⁻¹) excedieron a 70 CT 100 ml⁻¹.

En invierno de 1995 el 20% de las muestras excedieron el valor permitido de 230 CT 100 ml⁻¹, mientras que la mediana y el promedio geométrico no rebasaron las normas.

Para coliformes fecales los periodos del año que excedieron los límites establecidos⁴ fueron los inviernos de 1993, 1994 y 1995.

Para el invierno de 1993 el 25% de las muestras excedieron el valor de 43 CF 100 ml⁻¹, mientras que el promedio geométrico (14 CF 100 ml⁻¹) se encuentra en el límite permisible de 14 CF 100 ml⁻¹.

En invierno de 1994 e invierno de 1995 las muestras excedieron un 40% y 20% de los límites permisibles respectivamente, mientras que los valores de las mediana y promedios están dentro de la norma.

La concentración de bacterias coliformes en carne del ostión *Crassostrea gigas* en Bahía San Quintín se presentan en la Tabla V. Los promedios de bacterias coliformes fueron 383 CT 100 g⁻¹ y 209 CF 100 g⁻¹. Para las coliformes totales el máximo (1700 NMP 100 g⁻¹) ocurrió en enero de 1993 y el mínimo (80 NMP 100 g⁻¹) se presentó en noviembre de 1993.

⁴ La legislación mexicana establece que para el cultivo de moluscos bivalvos el 10% de las muestras no debe exceder de 43 NMP 100 ml⁻¹ de coliformes fecales, así como la mediana y/o promedio geométrico no mas de 14 coliformes fecales NMP 100 ml⁻¹.

Tabla V.- Concentración de bacterias coliformes en carne de ostión *Crassostrea gigas* durante los muestreos de 1993 - 1996, en Bahía San Quintín.

FECHA	COLIFORMES TOTALES (NMP 100 g ⁻¹)	COLIFORMES FECALES (NMP 100 g ⁻¹)
Enero 1993	1700	1700
Febrero 1993	220	50
Noviembre 1993	80	36
Diciembre 1993	112	42
Enero 1994	230	80
Marzo 1994	230	20
Agosto 1994	130	20
Marzo 1995	330	110
Agosto 1995	790	140
Noviembre 1995	165	80
Agosto 1996	230	< 20
PROMEDIO	383	209
MÍNIMO	80	20
MÁXIMO	1700	1700

Para las coliformes fecales la máxima concentración (1700 NMP 100 g⁻¹) ocurrió en enero de 1993, mientras que el mínimo (<20 NMP 100 g⁻¹) se detectó en agosto de 1996.

Los valores de temperatura y salinidad promedios para los diferentes periodos muestreados se observan en la Tabla VI. Los promedios más bajos de temperatura y salinidad se presentaron en el invierno de 1993, con temperaturas que oscilaron entre 16.5 °C y 18.3 °C y salinidades entre 13 ppm y 35 ppm. El resto de los periodos no mostraron gran variabilidad.

La concentración promedio de bacterias reductoras de sulfato, *Thiobacillus thioparus* y variables fisicoquímicas para el mes de septiembre y noviembre de 1995 se observan en la Tabla VII, Figuras 9 y 10. El valor promedio más alto de bacterias reductoras de sulfato se presentó en el mes de noviembre con 3,020 NMP 100 g⁻¹ y variaron de 600 a 9000 NMP 100 g⁻¹.

La concentración promedio de bacterias reductoras de sulfato del tipo *Thiobacillus thioparus* fueron bajas. El mes de septiembre presentó un promedio de 20 NMP 100 g⁻¹, mientras que el mes de noviembre presentó valores de <20 NMP 100 g⁻¹.

Los valores promedio de temperatura (21.5 °C, 19.4 °C) y la salinidad (34.2 ppm, 34.3 ppm) para los meses de septiembre y noviembre respectivamente, presentaron poca variabilidad (Tabla VII). Con respecto al pH la concentración promedio más alta se presentó en el mes de noviembre (8.01) con una variabilidad entre los 7.91 y 8.16 unidades de pH, la concentración promedio más baja se presentó en septiembre (7.73) con una variación entre 7.38 y 7.91 unidades de pH.

Tabla VI.- Valores de temperatura y salinidad promedio para los periodos de muestreo en Bahía San Quintín.

Periodo	Temperatura °C Prom.	Mín / Máx	Salinidad ‰ Prom.	Mín / Máx
Invierno 1993	17.34	16.5 / 18.3	25.62	13 / 35
Otoño 1993	21.4	20 / 23	31.3	30 / 32
Invierno 1994	20.4	20 / 21	31	30 / 32
Primavera 1994	17.75	17 / 18	33.5	32 / 34
Verano 1994	23.4	23 / 24	30.4	30 / 31
Otoño 1995	18	18 / 18	34.2	33 / 35
Verano 1996	24.4	24 / 25	28.4	26 / 30

Tabla VII .- Concentración promedio de bacterias reductoras de sulfato (BRS), *Thiobacillus thioparus* en sedimento y variables fisicoquímicas en agua, de Bahía San Quintín.

S E P T I E M B R E				
n=9	Promedio	D.estandar	Mínimo	Máximo
BRS (NMP 100 g ⁻¹)	902	900	90	1700
<i>T. thioparus</i> (NMP 100 g ⁻¹)	20	20	20	20
Profundidad (m)	2.6	1.2	1.3	5.4
Temperatura (° C)	21.5	1.8	17.4	23.2
Salinidad (ppm)	34.2	0.3	33.7	34.8
Oxígeno (ppm)	5.6	1.6	3.2	7.3
% saturación de O ₂	77.5	21.6	44.5	102.7
pH	7.73	0.2	7.38	7.91
N O V I E M B R E				
n=10	Promedio	D.estandar	Mínimo	Máximo
BRS (NMP 100 g ⁻¹)	3020	2200	600	9000
<i>T. thioparus</i> (NMP 100 g ⁻¹)	< 20	20	20	20
Profundidad (m)	3.3	2.4	0.3	7.1
Temperatura (° C)	19.4	0.7	18.9	20.4
Salinidad (ppm)	34.3	0.5	33.8	35.3
Oxígeno (ppm)	-----	-----	-----	-----
% saturación de O ₂	-----	-----	-----	-----
pH	8.01	0.1	7.91	8.16

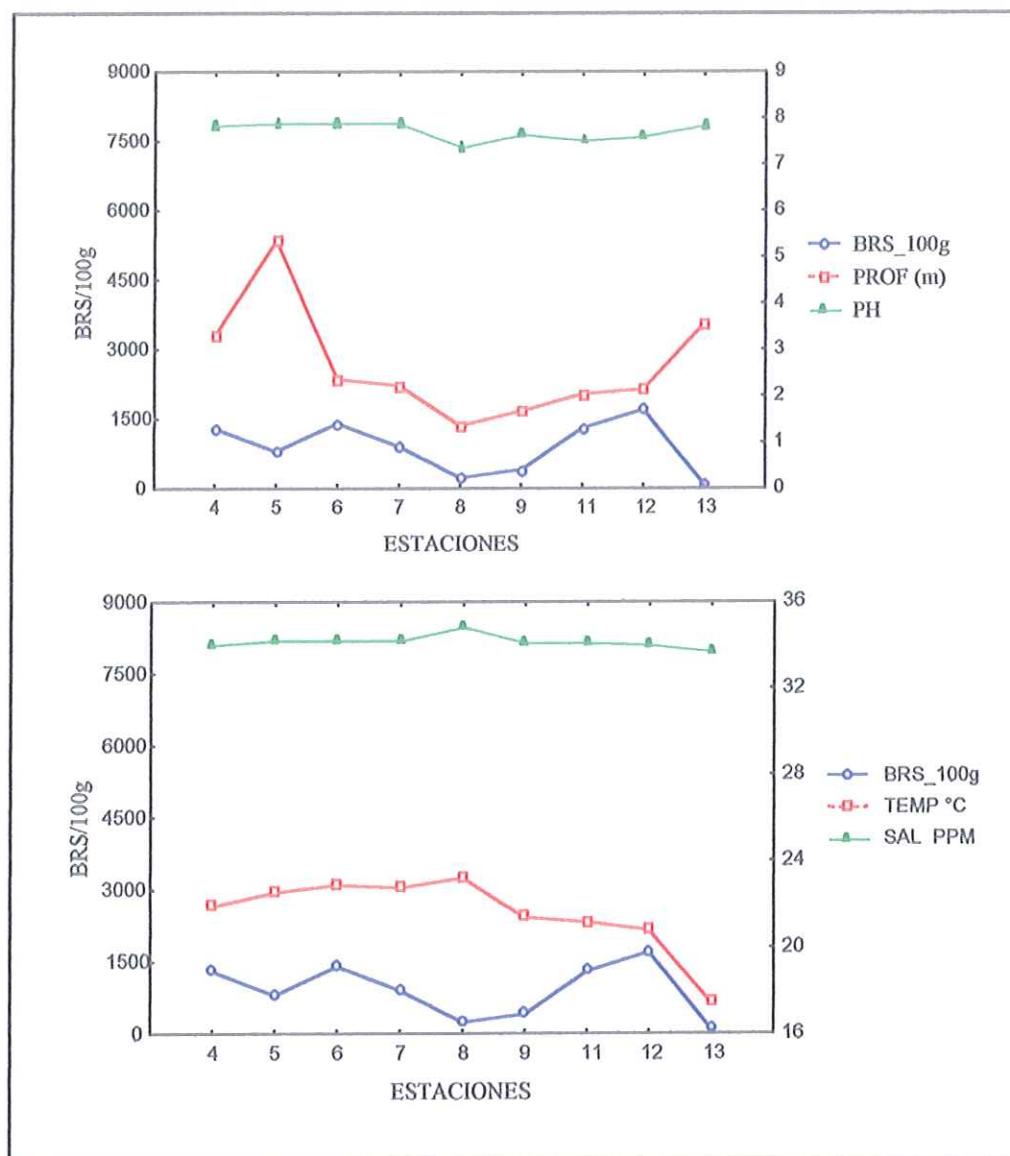


Figura 9.- Distribución de bacterias reductoras de sulfato ($BRS_{100g^{-1}}$) y variables fisicoquímicas durante septiembre de 1995 en Bahía San Quintín.

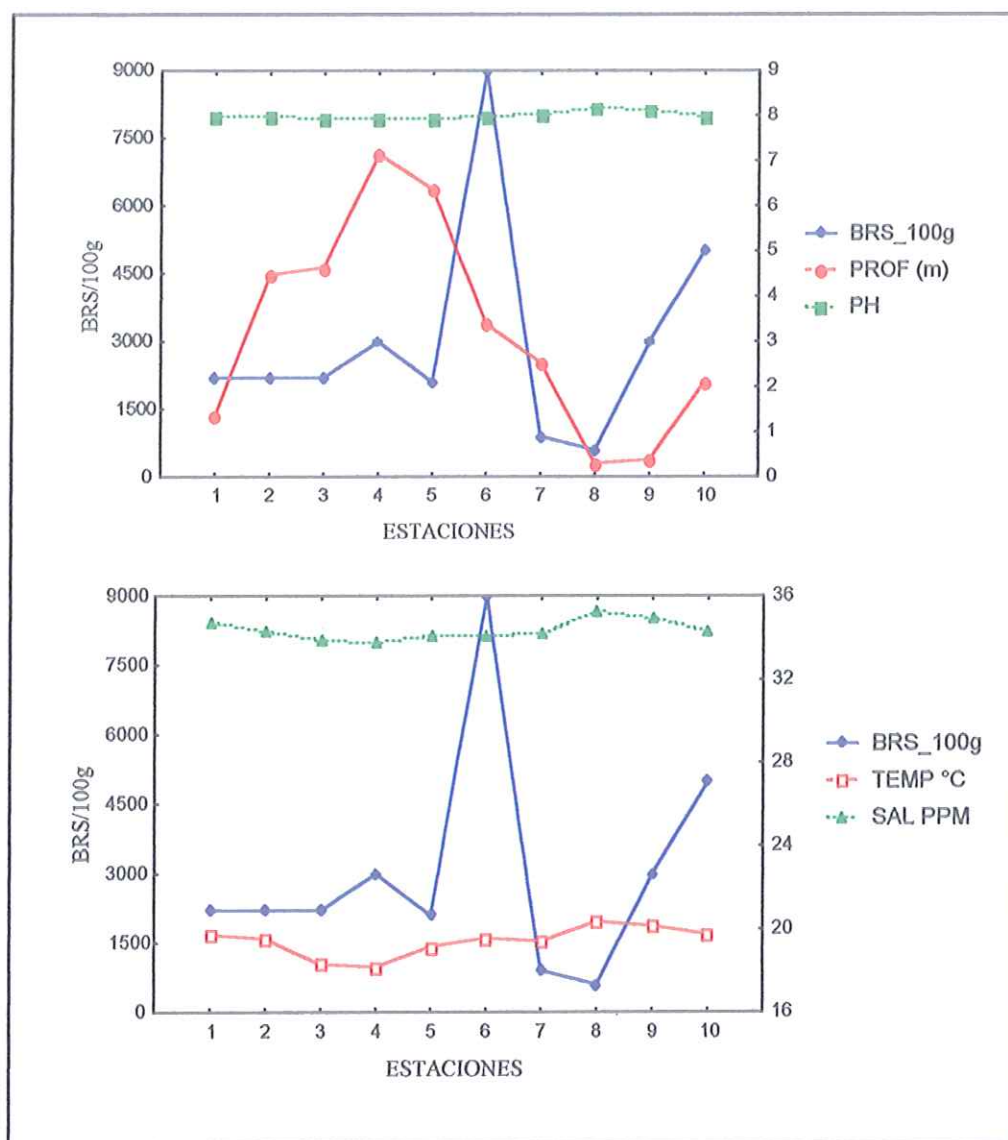


Figura 10.- Distribución de bacterias reductoras de sulfato ($\text{BRS}_{100\text{g}^{-1}}$) y variables fisicoquímicas durante noviembre de 1995 en Bahía San Quintín.

En cuanto al oxígeno disuelto el mes de septiembre presentó valores bajos, con un promedio de 5.6 ppm con un mínimo de 3.2 ppm y un máximo de 7.3 ppm. El porcentaje de saturación de oxígeno promedio fue 77.5% con una variación entre los 44.6% y 102.7%.

La distribución de bacterias reductoras de sulfato y variables físicoquímicas se presentan en la Tabla VIII. Las concentraciones más altas del mes de septiembre se presentaron en las estaciones 12 (1700 NMP 100 g⁻¹), 6 (1400 NMP 100 g⁻¹) 4 y 11 (1300 NMP 100 g⁻¹) donde en general se detectaron los valores más bajos de pH, oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno. La estación 8 presentó el valor promedio más bajo de pH (7.38).

La única estación en la que se detectó *Thiobacillus thioparus* fue la 5 en el mes de septiembre con una concentración de 20 NMP 100 g⁻¹, en el resto de las estaciones se encontraron concentraciones de <20 NMP 100 g⁻¹.

En noviembre las concentraciones más altas de bacterias reductoras de sulfato se encontraron en las estaciones 6 (9000 NMP 100 g⁻¹) y 10 (5000 NMP 100 g⁻¹). El resto de las estaciones presentaron concentraciones relativamente elevadas en comparación con septiembre. Los valores más altos (8.16) de pH se registraron en la estación 8.

En ninguna estación se detectó la presencia de *Thiobacillus thioparus* ya que todas presentaron concentraciones de <20 NMP 100 g⁻¹.

Con el análisis estadístico no paramétrico de Wilcoxon ($P > 0.05$) entre meses de muestreo se demostró diferencias significativas entre septiembre y noviembre de 1995.

Tabla VIII .- Distribución de bacterias reductoras de sulfato (BRS) y *Thiobacillus thioeparus* en sedimento y variables fisicoquímicas en agua durante los muestreos de 1995, en Bahía San Quintín.

S E P T I E M B R E								
Estación	BRS NMP 100g ⁻¹	Thth NMP 100g ⁻¹	Prof. (m)	Temp. (° C)	Salinidad (‰)	Oxígeno (ppm)	% O ₂	pH
4	1300	< 20	3.3	21.9	34.1	6.7	92.5	7.85
5	800	20	5.4	22.5	34.2	7.3	102.7	7.89
6	1400	< 20	2.4	22.9	34.2	6.8	96.5	7.89
7	900	< 20	2.2	22.8	34.2	6.5	91.3	7.91
8	230	< 20	1.4	23.2	34.8	4.3	60.8	7.38
9	400	< 20	1.7	21.4	34.2	5.3	73.5	7.66
11	1300	< 20	2.0	21.2	34.1	3.2	44.6	7.53
12	1700	< 20	2.1	20.8	34.1	3.6	48.8	7.61
13	90	< 20	3.6	17.4	33.7	6.8	86.8	7.84
N O V I E M B R E								
Estación	BRS NMP 100g ⁻¹	Thth NMP 100g ⁻¹	Prof. (m)	Temp. (° C)	Salinidad (‰)	Oxígeno (ppm)	% O ₂	pH
1	2200	< 20	1.4	19.7	34.8	---	---	7.98
2	2200	< 20	4.5	19.6	34.3	---	---	7.98
3	2200	< 20	4.6	18.3	33.8	---	---	7.95
4	3000	< 20	7.2	18.2	33.8	---	---	7.91
5	2100	< 20	6.4	19.2	34.1	---	---	7.95
6	9000	< 20	3.4	19.6	34.1	---	---	7.99
7	900	< 20	2.5	19.4	34.2	---	---	8.03
8	600	< 20	0.3	20.4	35.3	---	---	8.16
9	3000	< 20	0.4	20.2	34.9	---	---	8.14
10	5000	< 20	2.1	19.7	34.3	---	---	8.00

4. DISCUSIÓN

Existen antecedentes que señalan que la precipitación pluvial es uno de los principales factores que influyen en la contaminación fecal. Bitton y Harvey (1992) mencionan que la mayoría de los problemas de contaminación bacteriológica son causados por lluvia, mientras que el Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos (SSA, 1989b) indica que la lluvia arrastra material terrígeno con contaminantes a las áreas productoras de moluscos bivalvos; por tanto, es importante tomar en cuenta la intensidad, variación y frecuencia de la precipitación pluvial en los estudios sanitarios.

El principal arroyo que influye en la bahía en épocas de altas precipitaciones pluviales es el arroyo San Simón, en sus alrededores se encuentran establecidos asentamientos humanos de migrantes indígenas cuyas viviendas están en pésimas condiciones, además de no contar con servicios básicos como agua potable y drenaje, por lo que ejercen un impacto en la zona costera aledaña (Aguilar-Corral, *et al.*, 1995).

Las mayores concentraciones de bacterias coliformes totales y fecales se registraron en los meses de enero y febrero de 1993 (Tabla II), esto se debe a la alta precipitación pluvial registrada para la zona de estudio. Reportes de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) indican que la precipitación pluvial de 1993 fue de 737 mm, siendo una de las más altas registradas en los últimos 20 años. Tal precipitación pluvial, ocasionó un mayor flujo de los pequeños arroyos que drenan en la bahía, por lo que en la estación 4C hubo una disminución de salinidad hasta 13 ppm y un incremento en la concentración de bacterias coliformes hasta 2,800 CT 100 ml⁻¹ y 140 CF 100 ml⁻¹ (Tabla II).

Utilizando los criterios de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (1989a) y el National Shellfish Sanitation Program (U.S. Public Health Service, 1986), se encontró que Bahía Falsa cuenta con buena calidad bacteriológica para el cultivo de moluscos bivalvos excepto para los periodos de invierno y en particular para el invierno de 1993 cuando ocurrió una alta precipitación pluvial. Debido a que el 31.25% de las muestras excedieron a 230 CT 100 ml⁻¹ y la mediana (150 CT 100 ml⁻¹) y promedio geométrico (155 CT 100 ml⁻¹) excedieron a 70 CT 100 ml⁻¹ (Tabla IV), el Comité Estatal del Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos para proteger la salud de consumidores nacionales y extranjeros cerró el área de cultivo para la extracción y consumo de moluscos bivalvos.

Con respecto a la calidad bacteriológica de la carne de ostión se puede decir que es de buena calidad sanitaria ya que en general cumple con las normas establecidas⁵ excepto para enero de 1993 y en base a las coliformes fecales, ésta situación se debe a la capacidad del ostión para concentrar bacterias. Se conoce que los moluscos bivalvos concentran y acumulan bacterias, siendo de 10 a 40 veces más que la concentración de bacterias en el agua circundante (Atree y Aubert, 1980; Orozco-Borbón, 1984).

A pesar de que en enero de 1993 se presentó una alta precipitación pluvial y una alta contaminación bacteriológica en el cuerpo de agua, la concentración de bacterias coliformes totales en carne del ostión estuvieron dentro de la norma, ya que posiblemente el molusco disminuyó su tasa de filtración debido a la alta turbidez, al aporte de agua dulce y material suspendido. Al respecto Harris, (1990) señala que los

⁵ La legislación mexicana establece que para moluscos bivalvos las coliformes totales deben ser < 16,000 NMP 100 g⁻¹ y las coliformes fecales < 230 NMP 100 g⁻¹.

moluscos bivalvos cierran sus valvas en medios ambientes adversos, por lo que disminuye su tasa de filtración y por consecuencia la concentración de bacterias.

En enero de 1993 (Tabla V) el hecho de encontrar igual número de bacterias coliformes totales y fecales indica que todas las bacterias presentes en el ostión son de origen fecal, lo que resulta lógico ya que las coliformes fecales son indicadoras de contaminación reciente y de origen entérico, por lo que posiblemente fueron acarreadas por los arroyos a la zona de cultivo.

En base a nuestra experiencia en la zona de cultivo de moluscos bivalvos en Bahía San Quintín, es preferible determinar la calidad bacteriológica de la carne de ostión en base a las coliformes fecales ya que la norma es más estricta (<230 CF 100 g^{-1}) que para las coliformes totales ($<16,000$ CT 100 g^{-1}).

La diferencia que se encontró al aplicar las normas para moluscos bivalvos en base a las coliformes totales y fecales se debe al límite permitido para coliformes totales ($<16,000$) el cuál contrasta con el permitido para coliformes fecales (<230). Si se toma como norma que el 20% de las bacterias coliformes totales deben ser fecales (Salas, 1989), se observa que para la carne de moluscos bivalvos no se usa este criterio, ya que el límite permitido para coliformes totales presenta un valor alto mientras que el de coliformes fecales es de 1.4%, el cual no corresponde al 20%.

Las concentraciones más bajas de bacterias coliformes totales y fecales se presentaron en invierno de 1994 (Tabla IV) debido a las bajas precipitaciones pluviales que se presentaron (72 mm) que es una orden de magnitud menor que en 1993, sin embargo al aplicar la legislación para agua de cultivo de moluscos bivalvos en base a las coliformes fecales se encontró que el 40% de las muestras exceden el máximo permisible,

el cual corresponde a las estaciones 4C y 6C (Figura 6) con influencia del arroyo San Simón y parte más interna de Bahía Falsa. Para 1996 únicamente se analizó el mes de agosto donde se detectaron bajas concentraciones de coliformes.

El análisis estadístico encontró diferencias entre los meses de muestreo debido a la variación en las concentraciones de bacterias coliformes, las cuales se deben a cambios climáticos (lluvias) generados desde 1993 a 1996, así como de la presencia de surgencias en la zona oceánica adyacente a la boca de Bahía San Quintín.

Las mayores concentraciones de bacterias coliformes se presentaron en la estación 4C (Tabla III), debido a que se encuentra ubicada en Bahía San Quintín y cercana al arroyo San Simón el cuál acarrea material terrígeno con bacterias adheridas en épocas de alta precipitación pluvial. El porcentaje de material orgánico encontrado en esta zona fué de 1% (Figura 4).

Con respecto a las altas concentraciones encontradas en la estación 5C (Tabla III) en periodo de invierno se deben a su cercanía al canal principal de Bahía San Quintín y al arroyo San Simón. Se conoce que en general en los canales principales de las lagunas costeras o estuarios se presentan las máximas velocidades de la corriente, mientras que en los márgenes existe la tendencia de presentar velocidades mínimas de la corriente con la subsecuente deposición de material (Alvarez-Borrego y Chee-Barragán, 1976), como es el caso de ésta zona en la que se presentan valores de 1.6% de materia orgánica (Figura 4). Es necesario destacar que en la zona cercana a la estación 5C se cultiva ostión *Crassostrea gigas* a nivel comercial destinado al consumo local. Un aspecto importante para la calidad sanitaria del producto es el recambio de agua en la bahía el cuál depende su fisiografía y topografía. Monreal-Gomez, (1980), indica que la renovación del agua en la zona de estudio ocurre cada 48 horas.

Tanto el Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos (SSA, 1989b) como el National Shellfish Sanitation Program (U.S Public Health Service, 1986), consideran que las zonas de refugio de aves presentan contaminación fecal y que existe una relación directa entre la presencia de ellas y las bacterias coliformes. Por otra parte, Bera y Anderson (1972) señalan que las aves marinas pueden aportar bacterias patógenas como *Salmonella sp.* y *Edwardsiella* al cuerpo receptor, por lo que son un peligro para la salud de las zonas de cultivo de moluscos bivalvos, por lo tanto deben tomarse en cuenta en la zona de cultivo de Bahía Falsa. Por lo que al encontrar la presencia de bacterias coliformes en la estación 6C y 8C (Tabla III) en Bahía Falsa se debe primeramente a su ubicación geográfica. Estación 6C se encuentra en la parte superior de Bahía Falsa en donde ocurre una gran depositación de material, el porcentaje de materia orgánica es de 2% (Figura 4) lo que permite la sobrevivencia de bacterias coliformes. La estación 8C se ubica enfrente del laboratorio de moluscos de las empresas ostrícolas y de la estructura de cemento para engorda (2.0 x 4.0) lo que presenta condiciones poco propicias para el desarrollo de moluscos bivalvos, porque permite la colonización de aves en su mayoría pelícanos. Sin dejar de notar que los asentamientos humanos son fuente directa de bacterias coliformes. Es necesario destacar que la principal zona de cultivo de ostión se ubica cerca de las estaciones 6C y 8C cubriendo una área de aproximadamente 80 hectáreas (Figura 2).

Los valores más bajos registrados de bacterias coliformes se encontraron en la estación 7C, ubicada sobre el canal, con mayor influencia del flujo y reflujo de la marea y por lo tanto un mayor recambio de agua y sin influencia directa de algún cultivo cercano.

El mayor número de bacterias reductoras de sulfato en los sedimentos se encontraron en noviembre (Tabla VII), en la parte media de Bahía Falsa, cuando se dieron las condiciones adecuadas para su crecimiento, posiblemente un incremento de

sulfatos en el agua intersticial y de materia orgánica en sedimentos. Se conoce que diversos factores controlan la reducción de sulfatos en los sedimentos entre ellos la temperatura, presión, salinidad, concentración de sulfatos, cantidad y calidad de materia orgánica (Westrich y Berner, 1988), sin embargo se ha encontrado que las más importantes son la concentración de sulfatos y la materia orgánica (Boudreau y Westrich, 1984).

En el mes de noviembre cuando se presentaron las mayores concentraciones de bacterias reductoras de sulfato (Tabla VII) se esperaba encontrar los valores más bajos de oxígeno disuelto y de pH en la columna de agua, sin embargo no sucedió así ya que en la columna de agua ocurren procesos biológicos y físicos como son la temperatura, productividad, surgencias y mezcla por mareas que influyen en las características físicoquímicas y enmascaran el posible efecto de la reducción de sulfato. Estudios realizados por Alvarez-Borrego *et al.*, 1975 en Bahía San Quintín indican que la concentración de oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno y pH en otoño son mayores que en verano lo cuál concuerda con este trabajo.

Si se hace una comparación entre los trabajos realizados por Alvarez-Borrego *et al.*, 1975 y Gutiérrez-Galindo *et al.*, 1984 en Bahía San Quintín en verano y el presente estudio se encuentran diferencias en los valores de pH, las mediciones de 1975 y 1984 fueron en promedio mayores de 8, mientras que en el actual encontramos valores menores a 8, aunque sigue teniendo la misma tendencia de presentar valores más bajos en verano y más altos en otoño.

La presencia de bacterias reductoras de sulfato en los sedimentos de Bahía San Quintín indican posibles cambios en éste ecosistema, ya que éstas bacterias se detectan únicamente en zonas anóxicas con un alto contenido de materia orgánica. Se conoce que en ausencia de oxígeno utilizan como aceptores electrónicos al SO_4^{-2} y como fuente de

energía a la materia orgánica en particular el piruvato y lactato, de tal manera que cuando se agregan compuestos orgánicos a los sedimentos marinos puede aumentar la reducción de sulfatos (Atlas y Bartha, 1987).

La reducción de sulfatos en los sedimentos marinos resultan en la producción de sulfuro de hidrógeno (Sykes y Skinner, 1971). En el presente trabajo y en el área de cultivo del ostión se ha detectado sedimento de color negro con presencia de sulfuro de hidrógeno.

Las mayores concentraciones de bacterias reductoras de sulfato se encontraron en las estaciones 6, 10, 11 y 12 (Tabla VIII) porque se ubican en la principal zona de cultivo del ostión (Figuras 2 y 3), en donde existe una mayor concentración de materia orgánica propia de los cultivos (Figura 4). Se conoce que los moluscos bivalvos excretan material orgánico particulado en la columna de agua, el cuál al depositarse forma biodepositos. Carrillo-Sánchez, 1985 encontró que la tasa de excreción de los ostiones cultivados en Bahía San Quintín es de 0.5 g/ostra/día y que la carga de heces y pseudoheces generada por el ostricultivo es de 400 kg por día. Datos reportados por Villareal-Chávez, 1993 indican una alteración de la comunidad de macrobentos debido a que la materia orgánica es remineralizada por una mayor actividad bacteriana, abatiendo el oxígeno disponible, con la consecuente acumulación de ácido sulfhídrico el cuál fluctúa entre 0.17 y 0.19 ml/l; el cuál es producto de la reducción de sulfatos por la respiración anaeróbica.

Calderón-Aguilera, 1992 encontró en la parte noroeste de Bahía Falsa la presencia de ácido sulfhídrico y el poliqueto *Cirriformia luxuriosa* cuyo hábitat son los sedimentos enriquecidos con material orgánico.

En éste trabajo no se detectó la presencia de *Thiobacillus thioparus* debido posiblemente a que no se dieron las condiciones adecuadas para su crecimiento ya que se conoce que su metabolismo es aeróbico en presencia de ácido sulfhídrico (Atlas y Bartha, 1985). En un medio ambiente natural existen muchos tipos de especies bacterianas del género *Thiobacillus*, que realizan la sulfuro-oxidación en la capa aeróbica del sedimento (Nedwell y Brown, 1982). En el medio ambiente marino debe darse un balance entre la reducción de sulfatos y la sulfuro-oxidación (Skyring, 1987). La ausencia de *Thiobacillus thioparus* nos indica posiblemente que existen únicamente las condiciones para el crecimiento de las sulfato reductoras o que son otras especies las que estén llevando a cabo la sulfo-oxidación.

Bahía San Quintín reúne las características propuestas por Officer *et al.*, (1982) para actuar como un sistema con capacidad natural de autocontrol de la eutroficación. Esas características son baja profundidad, comunidad densa de organismos filtradores (bivalvos), algunas familias de poliquetos y rápido reciclaje de aguas, que aquí es del orden de 48 horas para el brazo oriental y de pocas semanas para el brazo occidental (Monreal-Gomez, 1980).

A pesar de la reconocida capacidad de recuperación y de resistencia al impacto de las poblaciones bénticas (Dauer, 1984; Reish, 1984) ésta no es infinita. Una descarga crónica puede provocar la formación de zonas anóxicas y excluir a todo tipo de fauna. El hallazgo de ocho especies y dos familias de poliquetos en Bahía Falsa por Calderón-Aguilera y Jorajuria-Corbo (1986), así como la evidencia de la presencia de ácido sulfhídrico en los sedimentos por Calderón-Aguilera, 1992 y Villareal-Chávez, 1993, dan un indicio de las modificaciones que se están llevando a cabo en el ambiente de la bahía. Se conoce además que los procesos de azolvamiento en la bahía se pueden acelerar por acumulación de desechos orgánicos (Calderón-Aguilera, 1992).

5. CONCLUSIONES

El aumento en la concentración de bacterias coliformes totales y fecales en agua y carne de ostión en enero-febrero de 1993 se debió principalmente a las altas precipitaciones pluviales.

En general Bahía San Quintín cuenta con una buena calidad bacteriológica para el cultivo de moluscos. Excepto para los inviernos de 1993, 1994 y 1995, donde se excedieron los límites de coliformes totales y fecales, permitidos por la legislación mexicana para el cultivo de moluscos bivalvos, debido a cambios climáticos,

En general las mayores concentraciones de bacterias reductoras de sulfato se presentaron en el mes de noviembre cuando posiblemente se dieron las condiciones adecuadas para su crecimiento.

Las mayores concentraciones de bacterias reductoras de sulfato se presentaron, en la zona del cultivo de ostión, porque existe una mayor concentración de materia orgánica.

No se detectó la presencia de *Thiobacillus thioparus*, posiblemente porque el proceso de sulfo-oxidación la están realizando otras bacterias del mismo género o no existe un balance entre la reducción y oxidación de compuestos del sulfuro.

El resultado del metabolismo de las bacterias reductoras de sulfato es la producción de ácido sulfhídrico, lo que indica que el ambiente de Bahía San Quintín está modificándose, presentando condiciones anaerobias.

6. LITERATURA CITADA

- Acosta-Ruíz, M. J., (1985). Eficiencia nutricional del ostión japonés (*Crassostrea gigas*) en Bahía San Quintín e Isla San Martín, B. C. Tesis de Maestría, (CICESE), **Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada**, B. C. México. 96 pp.
- Aguilar-Corral, E.; Alarcón-S, J. J.; Arciga-M, E.; Calderón-Inclán, G.; Hernandez-M, P. E.; Juvera-P, J.; Martinez-C, G.; Peralta-Curiel, F.; Rivera-T, C.; Valencia-Díaz, C.; Zamora-G, M. (1995). Esquema de Desarrollo Urbano Valle de San Quintín, B.C. **Facultad de Arquitectura**, U.A.B.C. Mexicali, Baja California . 80 pp.
- Alvarez-Borrego, J. and Alvarez-Borrego, S. (1982). Temporal and spatial variability of temperature in two coastal lagoons. **CALCOFI Rep.**, XXXIII: 188-197.
- Alvarez-Borrego, S., Ballesteros-Grijalva, G. y Chee-Barragán, A. (1975). Estudio de algunas variables físicoquímicas superficiales en Bahía San Quintín, en verano, otoño e invierno. **Ciencias Marinas**, 2(2): 1-9.
- Alvarez-Borrego, S. y Chee-Barragán, A. (1976). Distribución superficial de fosfatos y silicatos en Bahía de San Quintín, Baja California. **Ciencias Marinas**, 3(1): 51-61.
- APHA. (1985). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. APHA-AWWA-WPCF. 16th Edition. U S A. 1134 pp.

- Atree, P. and Aubert, J. (1980). Etude de la contamination experimentale d' huitres par des bacteriophages. *Rev. Int. Oceanogr. Med.* Lix : 71-76.
- Atlas, R. M. and Bartha, R. (1987). **Microbial Ecology**. Fundamentals and applications . Second edition. The Benjamin/Cummings Publishing Company, INC. United States. 587 pp.
- Ballesteros-Grijalva, G. y García-Lepe, M. G. (1993). Producción y biodegradación de *Spartina foliosa* en Bahía San Quintín, B. C. México. **Ciencias Marinas**, 19(4): 445-459.
- Bera, R.W. and Anderson, A.W. (1972). *Salmonellae* and *Edwardsiella tarda* in gull feces : a source of contamination in fish processing plants. **Appl. Microbiol.**, 24: 501-503.
- Bitton, G. and Harvey, R. (1992). Transport of pathogens through soils and aquifers. In: **Environmental Microbiology**. Wiley-Liss (eds.), New York, pp. 103-124.
- Boudreau, B.P. and Westrich, J.T. (1984). The dependence of bacterial sulfate reduction on sulfate concentration in marine sediments. **Geochim. Cosmochim. Acta** 48, pp. 2503-2516.
- Calderón-Aguilera, L. E. y Jorajuria-Corbo, A. (1986). Nuevos registros de especies de poliquetos (*annelida: polychaeta*) para la Bahía de San Quintín, Baja California. México. **Ciencias Marinas**, 12(3): 41-46.

- Calderón-Aguilera, L. E. (1992). Análisis de la infauna béntica de Bahía de San Quintín, Baja California, con énfasis en su utilidad en la evaluación de impacto ambiental. **Ciencias Marinas**, 18(4): 27-46.
- Carrillo-Sánchez, C. G. (1985). Variación estacional del contenido de materia orgánica en sedimentos y biodepositación en Bahía San Quintín, Baja California, México. Tesis de Licenciatura. **Escuela Superior de Ciencias Marinas**, U.A.B.C., Ensenada, B. C. México. 55 pp.
- Comisión Nacional del Agua .(1996). Gerencia Estatal de Baja California, Subgerencia de Administración del Agua, Unidad de Ingeniería de Ríos y Aguas Superficiales. Zona Ensenada, Baja California.
- Contreras-F. (1985). **Las lagunas costeras mexicanas**. 2a. Ed. Centro de Ecodesarrollo, Secretaría de Pesca. México. 263 pp.
- Corre, S., Plusquellec, J.E., Beucher, M. and Prieur, D. (1991). Fecal coliform accumulation and depuration in the oyster *Crassostrea gigas*. Proceedings of the 4th **European Marine Microbiology Symposium**, Kiel, Ostseebad Damp, Germany, October 8-12, 1990.
- Chávez-de-Nishikawa, A.G. y Alvarez-Borrego, S. (1974). Hidrología de la Bahía de San Quintín, Baja California, en invierno y primavera. **Ciencias Marinas**, 1(2): 31-62.

- Dauer, D. M. (1984). High resilience to disturbance of an estuarine polychaeta community. **Bull. Mar. Sci.**, 34: 170-174.
- De Mesquita, M.M.F., Evison, L.M. and West, P.A. (1991). Removal of fecal indicator bacteria and bacteriophages from the common mussel (*Mytilus edulis*) under artificial depuration conditions. **J. Appl. Bacteriol.**, 70: 495-501.
- Del Valle-Lucero, I. (1979). Aplicación de un modelo numerico y análisis de condiciones hidrodinámicas en Bahía San Quintín, B. C. Tesis de Maestría, (CICESE), **Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada**, B. C. México. 32 pp.
- Dirección de pesca del estado de Baja California. (1993). Carta estatal de información pesquera.
- Gilmour, C. (1992). Effects of acids deposition on microbial processes in natural waters. In **Environmental Microbiology**. Edited by Mitchell, R. New York. pp 33-57.
- Gorsline-D. and Stewart-R. (1962). Benthic marine exploration of Bahia San Quintin, Baja California. Marine and Quaternary Geology. **Pacific Naturalist**, 2: 275-280.
- Gutiérrez-Galindo, E.A., Flores-Muñoz, G., López-Mendoza, J.A. (1984). DDT en el ostión *Crassostrea gigas* (Thunberg) cultivado en Bahía San Quintín, Baja California. **Ciencias Marinas**, 10(3): 17-30.

- Harris, V. A. (1990). **Sessile animals of the sea shore**. Chapman and Hall. Great Britain. 320 pp.
- Islas-Olivares, R. (1975). El ostión japonés (*Crassostrea gigas*) en Baja California. **Ciencias Marinas**, 2(1): 58-59.
- Islas-Olivares, R., Gendrop-Funes, V. y Miranda-Aguilar, M. (1978). Infraestructura básica para la obtención de larvas (semillas) de ostión japonés (*Crassostrea gigas*) y ostión europeo (*Ostrea edulis*) en Baja California. **Ciencias Marinas**, 5(2): 73-86.
- Islas-Olivares, R. (1982). Análisis económico en el cultivo del ostión japonés (*Crassostrea gigas*) en Puerto Don Juan, Bahía de los Angeles, B. C. **Ciencias Marinas**, 8(2): 55-68.
- Jehl-Pietri, C., Dupont, J. and Munro, J. (1991). Viral and bacterial contamination of shellfish harvested in the natural environment. Proceedings of the 4th **European Marine Microbiology Symposium**, Kiel, Ostseebad Damp, Germany, October 8-12, 1990.
- Jorgensen, B. (1980). Seasonal oxygen depletion in the bottom waters of a Danish fjord and its effects on the benthic community. **Oykos** 34: 68-76.
- Jorgensen, B. (1983). The microbial sulphur cycle. In **Microbial Geochemistry**. Edited by Krumbein, W. Boston. 91-124.

- Kristensen, E., Deval, A.H., Ahmed, S.I., Saleem, M. (1992). Preliminary study of benthic metabolism and sulfate reduction in a mangrove swamp of the Indus Delta, Pakistan. **Marine Ecology** progress series Vol. 90: 287-297.
- Lara-Lara, J.R y Alvarez-Borrego, S. (1975). Ciclo anual de clorofilas y producción orgánica primaria en Bahía San Quintín, Baja California. **Ciencias Marinas**, 2(1): 77-97.
- Margalef, R. (1982). **Ecología** . Ediciones OMEGA, S. A. Barcelona, España. 951 pp.
- Martínez-Magaña, V. H. (1995). Distribución de metales pesados en sedimentos de Bahía San Quintín, Baja, California, México. Tesis de Maestría. **Facultad de Ciencias Marinas**, U.A.B.C., Ensenada, B. C. México. 60 pp.
- Monreal-Gomez, M. A. (1980). Aplicación de un modelo de dispersión en Bahía de San Quintín, Baja California. Tesis de Maestría, (CICESE), **Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada**, B. C. México. 88 pp.
- Nedwell, D. B. and Brown, C. M. (1982). **Sediment Microbiology**. Academic Press. New York. 234 pp.
- Oeschger, K. and Storey, K.B. (1990). Regulation of glycolytic enzymes in the marine invertebrate *Alicryptus spirulosus* (Priapulida) during environmental anoxia and exposure to hydrogen sulfide. **Marine Biology**. 106: 261-266.

- Officer, C.B., Smayda, T.J., and Mann, R. (1982). Benthic filter feeding: a natural eutrophication control. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, 9: 203-210.
- Orozco-Borbón, M.V. (1980). Evaluación de la calidad bacteriológica del agua de mar y *Mytilus californianus* en la zona costera noroccidental de Baja, California, México. Tesis de Licenciatura. **Escuela Superior de Ciencias Marinas**, U.A.B.C., Ensenada, B. C. México. 60 pp.
- Orozco-Borbón, M.V., Segovia-Zavala, J.A., Delgadillo-Hinojosa, F., Muñoz-Barbosa, A. (1994). Estudio bacteriológico de agua de mar para el cultivo de moluscos bivalvos en Baja California. **Ciencias Marinas**, 20(2): 183-198.
- Pro-García, R. (1990). Metales traza biodisponibles en el ostión *Crassostrea gigas* y en biodepositos de la zona de maricultivo de Bahía San Quintín, Baja California. Tesis de Licenciatura. **Facultad de Ciencias Marinas**, U.A.B.C., Ensenada, B. C. México. 47 pp.
- Reish, D. J. (1984). The development and improvement of marine benthic investigative techniques: thirty years of study of Los Angeles-Long Beach harbors. **Mem. III Simp. Biol. Mar.**, México-USA, UABCS, La paz, pp 60-71.
- Salas, H.J. (1989). Calidad del agua en el medio marino. Historia y aplicación de normas microbiológicas. **Bol. Of. Sant. Panam.**, 107: 226-239.

Secretaría de Salud. (1989a). **Curso sobre Control Sanitario de Moluscos Bivalvos.**
SSA, Dirección General de Salud Ambiental, Ocupacional y Saneamiento
Básico. Vol. II.

Secretaría de Salud. (1989b). **Curso sobre Control Sanitario de Moluscos Bivalvos.**
SSA, Dirección General de Salud Ambiental, Ocupacional y Saneamiento
Básico. Vol. I.

Secretaría de Pesca. (1990). Programa de desarrollo integral de acuacultura 1990-1994.
Secretaría de pesca. México. 53 pp.

Sidney-Siegel, (1979). Estadística no paramétrica, aplicada a las ciencias de la
conducta. Editorial Trillas. 346 pp.

Skyring, G. W. (1987). Sulfate Reduction in Coastal Ecosystems. **Geomicrobiology
Journal**, Volume 5, Number 3/4 : 295-374 pp.

Solis-Bañuelos, J. C. (1992). Producción y biodegradación de *Spartina foliosa* (Trin.)
en el brazo este de Bahía San Quintín, B. C. México, para el periodo
Marzo-Agosto de 1992. Tesis de Licenciatura. **Facultad de Ciencias
Marinas**, U.A.B.C., Ensenada, B. C. México. 38 pp.

Sykes, G. and Skinner, F. A. (1971). **Microbial aspects of pollution.** Academic Press.
The society for applied bacteriology simposium, series No. 1. Great Britain.
289 pp.

- Tsuchiya, M. and Kurihara, Y. (1980). Effect of the feeding behaviour of macrobenthos on changes in environmental conditions of intertidal flats. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 44 : 85-94 pp.
- U. S. Public Health service .(1986). National Shellfish Sanitation Program. **Manual of Operations**, Parts I and II. Pub. No. 33, USPHS, Washington, D. C.
- Villareal-Chávez, G. (1993). Impacto ambiental del cultivo del ostión *Crassostrea gigas* en Bahía Falsa, Baja California, México. Tesis de Doctorado. **Instituto Politécnico Nacional**. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas sección de estudios de posgrado e investigación. México, D. F. 60 pp.
- Westrich, J. T. and Berner, R. A. (1988). The effect of temperature on rates of sulfate reduction in marine sediments. **Geomicrobiology Journal**, Vol. 6, pp. 99-117.
- Yáñez-Arancibia, A. (1982). **Ecología de la Zona Costera: análisis de siete tópicos**. AGT Editor, S.A. México, D.F. 189 pp.

ANEXO I

Manera de preparar los medios de cultivo para la enumeración de bacterias reductoras de sulfato y *Thiobacillus thioparus* mediante la técnica del número más probable (NMP), descrita por APHA (1985) del Standard Methods pags. 1026-1027.

Medio sulfato reductoras :

Lactato de sodio	3.5	g
Extracto de carne	1.0	g
Peptona	2.0	g
Sulfato de magnesio, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	2.0	g
Sulfato de sodio, $Na_2 SO_4$	1.5	g
Fosfato dipotasico, K_2HPO_4	0.5	g
Sulfato amonio ferroso, $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	0.392	g
Cloruro de calcio, $CaCl_2$.	0.10	g
Ascorbato de sodio.	0.10	g
Agua destilada	1.0	l

El pH del medio debe de ser de 7.5 ± 0.3 después de la esterilización. Se prepara el medio excluyendo sulfato amonio ferroso y el ascorbato de sodio, los demás reactivos se pesan cuidadosamente y se disuelven completamente en el agua destilada para esterilizar en el autoclave a 121 °C y 15 lb de presión, durante 15 minutos. En condiciones estériles se colocan 10 ml del medio a cada tubo.

ANEXO II

Medio sulfato reductoras (*Thiobacillus thioparus*) :

Tiosulfato de sodio, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	10.0	g
Fosfato dipotasico, K_2HPO_4 .	2.0	g
Sulfato de magnesio, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.1	g
Cloruro de calcio, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.1	g
Sulfato de amonio, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0.1	g
Cloruro férrico, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.02	g
Agua destilada	1.0	l

El pH del medio debe ser de 7.8 después de la esterilización. Separadamente se esterilizan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ y $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ mediante calor seco. Los reactivos restantes se pesan cuidadosamente y se disuelven en agua destilada para esterilizar en autoclave a 121 °C y 15 lb de presión, durante 15 minutos después se le agregan los dos reactivos que se esterilizaron a parte, agitando perfectamente. En condiciones estériles se colocan 10 ml del medio a cada tubo.

Nota : El medio de cultivo debe ser usado dentro de las 24 horas siguientes a su preparación.