

UNIVERSIDAD DEL MAR

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA MARINA



**"EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN FECAL  
EN LA ZONA COSTERA DE LA BAHIA DE  
PUERTO ÁNGEL, OAXACA"**

TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA** presenta:

**BARUCH FIGUEROA ZAVALA.**

Puerto Ángel, Oaxaca. Junio de 2002.



**UNIVERSIDAD DEL MAR**  
**DEPARTAMENTO DE SERVICIOS ESCOLARES**

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS DE**  
**BIOLOGÍA MARINA**

PARA SER LLENADO POR LOS MIEMBROS DEL COMITE

NOMBRE DEL AUTOR BARUCH FIGUEROA ZAVALA

TITULO DE LA TESIS "EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN FECAL EN LA ZONA COSTERA

DE LA BAHÍA DE PUERTO ÁNGEL, OAXACA."

FECHA DE JUNIO DE 2002

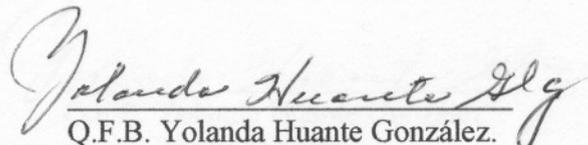
CERTIFICAMOS QUE ESTA TESIS HA SIDO APROBADA POR LOS **MIEMBROS DEL**  
 COMITÉ DE TESIS PARA SU DEFENSA EN EXAMEN ORAL.

G. A.	NOMBRE (S)	APELLIDO	APELLIDO	CARGO	FIRMA
Q.F.B.	YOLANDA	HUANTE	GONZÁLEZ	DIRECTOR	<i>Yolanda Huante</i>
Biól.	MARÍA DEL CARMEN	ALEJO	PLATA	SINODAL	<i>[Signature]</i>
I. Q.	IVONNE SANDRA	SANTIAGO	MORALES	SINODAL	<i>[Signature]</i>
M. C.	MINERVA ISIS	CAMACHO	SÁNCHEZ	SINODAL	<i>Isis Camacho</i>
M. C.	CARLOS ENRIQUE	MEDINA	REYNA	SINODAL	<i>[Signature]</i>

**RESUMEN** de la Tesis de **Baruch Figueroa Zavala**, presentado como requisito parcial para la obtención del Título de **LICENCIADO EN BIOLOGIA MARINA**. Puerto Ángel, Oaxaca, México. Junio de 2002.

**"EVALUACION DE LA CONTAMINACIÓN FECAL EN LA ZONA COSTERA DE LA BAHIA DE PUERTO ÁNGEL, OAXACA, MÉXICO "**

Resumen aprobado por:

  
Q.F.B. Yolanda Huante González.  
Director de la Tesis.

Se evaluó la variación espacio-temporal en la contaminación de origen fecal del agua, sedimentos y tejido blando de moluscos bivalvos (*Spondylus sp.* y *Ostrea sp.*) en la zona costera adyacente a la Bahía de Puerto Ángel, Oaxaca, México, de Mayo del 2000 a Marzo del 2001. Se utilizaron a las bacterias coliformes como indicadores de contaminación orgánica, aplicando la técnica del Número Más Probable (NMP).

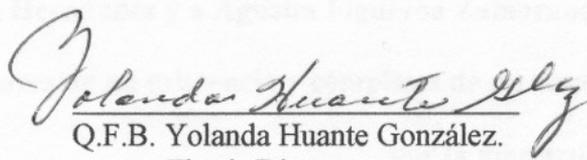
Se encontró asociación entre la concentración de coliformes con la precipitación y la insolación, y algunas con pH, S‰ y T°C. La concentración de coliformes totales (CT) y fecales (CF) en el agua marina mostró a las localidades de Barra de Tonameca y Bahía de Puerto Ángel como las estaciones más contaminadas por estos grupos bacterianos en lluvias. En secas no fueron registradas altas concentraciones. El análisis de CT y CF en el tejido blando de los moluscos bivalvos registró máximos de 11,000 CT y CF 100 g<sup>-1</sup> en las localidades de Puerto Ángel y La Mina. Los CF registraron altas concentraciones en casi todos los organismos colectados en ambas temporadas y en ambas especies, mostrando acumulación. Los CT de sedimento en lluvias registraron altas concentraciones en la Bahía de Puerto Ángel. En secas, las concentraciones no pasaron de 90 CT 100 g<sup>-1</sup>. Los CF mostraron que en los meses de lluvias todas las estaciones sobrepasaron alguna vez el límite para aguas recreacionales, Puerto Angel fue el sitio más contaminado, los menos Mazunte y Zipolite. Para secas, las densidades de CF en los sedimentos fueron casi ausentes, con excepción en el muelle de Puerto Ángel y en Estacahuite, en donde fueron encontradas pequeñas poblaciones adsorbidas al sustrato.

**Palabras clave:** Puerto Ángel, calidad bacteriológica, coliformes totales, coliformes fecales.

**ABSTRACT** of the Thesis by **BARUCH FIGUEROA ZAVALA** presented as partial fulfilment to obtain the degree of **BACHELOR SCIENCE IN MARINE BIOLOGY**. Puerto Ángel, Oaxaca. June 2002.

**"EVALUATION OF FAECAL CONTAMINATION IN THE COASTAL ZONE NEARBY BAHÍA DE PUERTO ÁNGEL, OAXACA, MÉXICO "**

Abstract approval by:

  
Q.F.B. Yolanda Huante González.  
Thesis Director

Space – time variability of faecal pollution was evaluated in subsurface sea water (SSW), sediments, and in the soft tissue of bivalve mollusks (*Spondylus sp. and Ostrea sp.*) within the coastal zone nearby Bahía de Puerto Angel, Oaxaca, Mexico, from May 2000 to March 2001. Coliform bacteria were used as indicator of fecal pollution, applying the Most Probable Number technique (MPN).

An association between certain coliform concentrations with rainfall and insulation was observed, as well as with pH, S‰ and T°C. The total coliform (TC) and faecal coliform (FC) concentration in SSW indicated that the sampling stations located in Barra de Tonameca and Puerto Angel Bay were those which showed the highest contamination levels during rainy season. There were no high concentrations registered for the dry season. The analysis of TC and FC in soft tissue of the bivalve molluscs registered highest levels of 11,000 100 g<sup>-1</sup> TC and FC corresponding to the Puerto Angel and La Mina sites. High FC levels were encountered as well in almost all organisms collected, and during both seasons. This showed bacterian acumulation. TC abundance in sediments was high during rainy season, particularly in Puerto Ángel Bay stations. In dry season, the concentration kept under 90 CT 100 g<sup>-1</sup>. With respect to FC, it was determined that all of the sampling stations exceeded at times the limit established for recreational waters during the months of rainy season. For dry season, the concentrations diminished to such an extent that almost all the sediments for the sampling sites showed absence of FC. The exceptions were the station at Puerto Angel dock and Estacahuite, where small populations of these bacteria were found adsorbed to the substrate.

**Key Words:** Puerto Angel, bacteriological quality, total coliform count, faecal coliform count.

## **DEDICATORIA**

**A Isadora Zavala Hernández y a Agustín Figueroa Zamorano,  
pilares de mi existencia y cómplices de mi amor  
por la mar azul.**

## AGRADECIMIENTOS

A mi hermano Dēmian por el apoyo incondicional que siempre me ha brindado, y cuyo ejemplo de perseverancia me inspira siempre a seguir.

A Pitis, Emis, Ely y Nona, por su enorme cariño y apoyo en todo el trayecto.

A la Q.F.B. Yolanda Huante González por integrarme al proyecto y por los conocimientos agradablemente impartidos;

Al Biol.. Pesq. José Ángel Ronsón Paulín, por su amistad, guía y todos los buenos momentos, al Ing. Noé Ruiz, a la Biol. Carmen Alejo Plata, M. en C. Carlos Medina Reyna, Ing. Quím. Ivonne Santiago Morales e Isis Camacho Sánchez, por compartir sus conocimientos y su tiempo en los menesteres de la revisión de la presente tesis.

A los Suckis y a todos mis brothers que siempre estuvieron al pendiente en el transcurso de las cosas, apoyándome continuamente con sus buenas vibras.

A la UMAR, por otorgarnos la total apertura a la utilización del laboratorio de microbiología y por facilitarnos siempre y a tiempo la ayuda necesaria para cumplir positivamente con los objetivos de este proyecto en el marco del convenio SIBEJ.

## RECONOCIMIENTO

Esta investigación fue posible gracias al apoyo económico del proyecto “Detección de *Vibrio cholerae* asociado a plancton marino, agua superficial y animales marinos de importancia comercial en Bahía de Puerto Ángel y zonas aledañas” registro SIBEJ-19990502004 otorgado al Q.F.B. Yolanda Huante González.

*El científico no estudia a la naturaleza por ser funcional; la estudia porque se deleita en ella, y se deleita en ella porque es hermosa. Si la naturaleza no fuera hermosa, no valdría la pena conocerla, y si no valiera la pena conocer a la naturaleza, no valdría la pena vivir la vida.*

*Jules Henri Poincaré.*

*Technological progress is like an axe in the hands of a pathological criminal.*

*Albert Einstein.*

*Cuando bebas agua, recuerda la fuente...*

*Antiguo proverbio chino.*

## CONTENIDO

	<u>Página</u>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
I.1. Antecedentes	4
I.2. Justificación	7
I.3. Objetivos	8
I.4. Hipótesis	9
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	10
II.1. Área de estudio	10
II.2 Obtención de muestras y mediciones <i>in situ</i>	14
II.2.1. Determinación de parámetros físicos y químicos	15
II.2.2. Colecta de agua subsuperficial del mar (ASM)	15
II.2.3. Colecta de moluscos bivalvos	15
II.2.4. Colecta de sedimento	15
II.3. Trabajo de laboratorio	17
II.3.1. Procesamiento de muestras	17
II.3.2. Análisis de coliformes totales y fecales en agua.	19
II.3.3. Análisis de coliformes totales y fecales en moluscos bivalvos y en sedimento.	20
II.3.4 Análisis estadístico y procesamiento de datos	22
<b>III. RESULTADOS</b>	23
III.1. Parámetros físicos y químicos en agua superficial marina (ASM)	23
III.2. Parámetros meteorológicos	23
III.3. Bacterias coliformes en ASM	27
III.3.1. Coliformes totales	27
III.3.2. Coliformes fecales	27
III.4. Bacterias coliformes en moluscos bivalvos	31
III.4.1. Coliformes totales	31

## CONTENIDO (continuación)

	<u>Página</u>
III.4.2. Coliformes fecales	31
III.5. Bacterias coliformes en sedimento	34
III.5.1. Coliformes totales	34
III.5.2. Coliformes fecales	34
<b>IV. DISCUSIÓN</b>	37
IV.1. Bacterias coliformes en ASM	37
IV.2. Bacterias coliformes en moluscos bivalvos	39
IV.3. Bacterias coliformes en sedimento	41
IV.4. Asociación bacterias – parámetros ambientales	44
<b>V. CONCLUSIONES</b>	48
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	50
<b>LITERATURA CITADA</b>	52
<b>ANEXO 1.</b> Registros de concentraciones de bacterias coliformes	64
<b>ANEXO 2.</b> Tabla NMP para conteo de coliformes	68

## LISTA DE FIGURAS

<b><u>FIGURA</u></b>		<b><u>Página</u></b>
1	Localización del área de estudio.	13
2	Diagrama de flujo para la obtención de muestras y parámetros físicos y químicos.	16
3	Diagrama de flujo para la determinación de coliformes totales y fecales.	18
4	Dilución y preparación de la muestra para moluscos bivalvos y sedimento.	21
5	Registros de transparencia (m) , pH, temperatura (°C) salinidad (UPS) y oxígeno disuelto ( $\text{mg l}^{-1}$ ) del agua en el periodo 2000-2001.	25
6	Precipitación pluvial (mm) e insolación (h) registrada para el periodo 2000 - 2001 (datos tomados del Observatorio Meteorológico de Puerto Ángel, Oaxaca).	26
7	Concentración de bacterias coliformes a) totales y b) fecales en agua y sedimento (en NMP $100 \text{ ml}^{-1}$ ) por zona y por época durante el periodo 2000-2001.	30
8	Concentración de bacterias coliformes a) totales y b) fecales (NMP $100 \text{ g}^{-1}$ ) en moluscos bivalvos por estación y por época durante el periodo 2000-2001.	33

## LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>		<u>Página</u>
I	Zonas establecidas para el análisis de las bacterias coliformes de agua y sedimento.	14
II	Registros <i>in situ</i> de parámetros físicos y químicos del agua en el periodo 2000-2001.	24
III	Registros de precipitación pluvial e insolación en el periodo 2000-2001 (Datos tomados del Observatorio Meteorológico de Puerto Ángel, Oaxaca).	24
IV	Sumario de las concentraciones de bacterias CT y CF (NMP 100 ml <sup>-1</sup> ) por época en los biotopos estudiados (cf. Anexo 1).	29
V	Correlaciones de Pearson estadísticamente significativas entre las bacterias coliformes con los parámetros ambientales.	35
VI	Cuadrados medios y probabilidades resultantes del ANOVA comparación múltiple entre agua y sedimento.	36

## I. INTRODUCCION

La contaminación marina originada por materia orgánica se ha visto magnificada en los últimos años debido al acelerado crecimiento industrial y demográfico al utilizar indiscriminadamente los sistemas costeros como receptores finales de desechos, ya sean crudos o con algún tipo de tratamiento previo (Ronsón-Paulín y Ortiz Arellano, 1993). Este tipo de contaminación costera provoca el deterioro de los ecosistemas acuáticos, propiciado por actividades humanas relacionadas con drenes y desagües municipales, descargas industriales, desechos de la agricultura, de dragado, así como por procesos naturales (Mandelli, 1979). Las descargas de aguas residuales han traído como consecuencia el menoscabo de la calidad del agua para la maricultura y actividades recreativas, acciones que se traducen a su vez en problemas de salud pública puesto que los vertimientos de origen antropogénico de aguas negras sin tratamiento, son portadores de una amplia gama de microorganismos patógenos (Ronsón-Paulín y Ortiz-Arellano, 1993; Hopkins *et al.*, 1985) tales como bacterias coliformes, *Streptococcus*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio*, así como virus y protozoarios (Moore *et al.*, 1985).

Estas formas patógenas se concentran tanto en agua dulce como marina como en su interfase, representando un verdadero riesgo a la salud, al generar enfermedades intestinales como lo son la fiebre tifoidea, el cólera y la disentería bacilar además de otro tipo de infecciones, principalmente cutáneas (SEDUE, 1985; Bensen, 1994). La infección puede ser directa al practicar la natación o indirecta al ingerir alimentos marinos contaminados (Favero, 1985; Rosas *et al.*, 1985; Seyfrier *et al.*, 1989).

Existen microorganismos utilizados como bioindicadores de contaminación orgánica del agua, tales son bacterias como los estreptococos, ciertos anaerobios formadores de esporas y las coliformes, dichas bacterias habitan normalmente en el intestino del hombre y animales de sangre caliente (Carpenter, 1970).

El grupo bacteriano denominado coliforme representa los bioindicadores mejor caracterizados, comprendiendo a los coliformes totales, bacilos cortos no esporulados aerobios y anaerobios facultativos, Gram (-) que fermentan la lactosa con producción de gas y ácido a  $35 (\pm 0.5) ^\circ\text{C}$  en 24-48 h, y a los coliformes fecales, que al igual, son bacilos cortos, Gram (-) no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a temperaturas de  $44.5 ^\circ\text{C}$ , en lapsos de 24 a 48 horas y que incluye aquellos que provienen exclusivamente del tracto intestinal del hombre y animales de sangre caliente (SEDUE, 1985).

Las bacterias entéricas coliformes fecales pueden alcanzar valores de  $10^7$  a  $10^9$  células por gramo de materia fecal; es por ello que en aguas contaminadas con este tipo de material, resulta inequívoca la presencia de dichas bacterias (Prescot *et al.*, 1950).

Se ha documentado que en el agua de mar, la sobrevivencia de las enterobacterias es precaria y con tendencia a desaparecer totalmente, pero en presencia de materia orgánica finamente particulada puede haber multiplicación de estas bacterias (Fernández, 1976; Guinea *et al.*, 1979). La ecología de la fauna y flora marina, a causa de la contaminación bacteriológica sufre efectos considerables. El bentos consume bacterias marinas y terrestres (Aubert, 1969), las cuales pueden alcanzar a algún huésped, comúnmente organismos filtradores como lo son los moluscos bivalvos; éstos

pueden acumular gran cantidad de microorganismos patógenos (virus y bacterias) (Frias-Espéricueta *et al.*, 1999; Gauthier, 1980). Por lo tanto, si estos moluscos son consumidos crudos y con una escasa o nula cocción, se convierten en un riesgo potencial para la salud humana (CIEMA, 1982).

Las bacterias coliformes no solamente se alojan en el agua y en los organismos, sino que además se sugiere que el sedimento es otro biotopo que puede proveer un ambiente favorable para la sobrevivencia de microorganismos de procedencia fecal en cuerpos de agua continentales y costeros (Davies, 1995), los cuales aún en estado viable, por acción del oleaje y las corrientes, son resuspendidos a la columna de agua, aumentando de manera considerable la densidad de las bacterias en áreas de uso recreativo (Delgadillo y Orozco, 1987).

La rápida mortalidad de estas bacterias al entrar en sistemas acuáticos marinos se ha atribuido a diversos factores ambientales. Se sabe que en ocasiones solo se encuentran inactivas, esto se considera producto de modificaciones estructurales y fisiológicas que permiten a las bacterias no formadoras de esporas permanecer en un ambiente hostil en estado de latencia (Colwell *et al.*, 1985).

Dado que las enfermedades gastrointestinales constituyen un problema de salud pública en nuestro país y ocupan un lugar importante como causa de morbilidad y mortalidad en la población, resulta necesario el control microbiológico del agua, alimentos y sedimentos de origen marino (Palao, 1998).