



Universidad del Mar

Campus Puerto Escondido

**“DETECCIÓN DE BACTERIAS ENTEROPATÓGENAS EN
LA ARENA DE LAS PLAYAS PRINCIPAL Y PUERTO
ANGELITO DE PUERTO ESCONDIDO, OAXACA”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADA EN
BIOLOGÍA**

PRESENTA:

IDALÍ CRUZ ORTÍZ

DIRECTOR:

M. EN M. MÓNICA M. GALICIA JIMÉNEZ

PUERTO ESCONDIDO, OAXACA, FEBRERO DE 2012



UNIVERSIDAD DEL MAR

Puerto Escondido - Puerto Ángel - Huatulco

OAXACA

Puerto Escondido, Oaxaca, a 20 de diciembre del 2011

ASUNTO: Votos aprobatorios

Dr. José Luis Villarruel Ordaz
Jefe de la carrera de Biología
Universidad del Mar, campus Puerto Escondido

Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito: **Detección de bacterias enteropatógenas en la arena de las playas Principal y Puerto Angelito de Puerto Escondido, Oaxaca**, realizado por la pasante de Biología **Idali Cruz Ortiz** con número de matrícula **04080024**, quién cubrió los créditos de la carrera de Biología.

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio

Atentamente

M. en M. Mónica Marcela Galicia Jiménez

M. en C. Julieta Karina Cruz Vázquez

M. en C. Yolanda Huante González

M. en C. Mónica Alicia Calderón Oropeza

Dra. Ivonne Sandra Santiago Morales

c.c.p. M. en C. Gerardo E. Leyte Morales. Vice-rector Académico. Universidad del Mar
c.c.p. Ing. Ruth Cruz Ríos. Jefa del Departamento de Servicios Escolares. Universidad del Mar

Ciudad Universitaria, Puerto Escondido, Oax.
01 (954) 58 83365

Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Oax.
01 (958) 58 43057 y Fax 01 (958) 58 43078

Ciudad Universitaria, Huatulco, Oax.
01 (958) 58 72559, 72560 y 72561

RESUMEN

Se determinó la contaminación bacteriológica de la arena de dos playas de Puerto Escondido, Oaxaca, playa Principal y playa Puerto Angelito, evaluándose la presencia de cinco de los principales grupos de bacterias enteropatógenas: *Vibrio* spp., *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Yersinia* spp. y *Escherichia coli*, mediante el uso de medios selectivos y diferenciales, cuantificándolas por la técnica del Número Más Probable (NMP) en serie de tres tubos (APHA, 1995); de la misma manera se identificaron las fuentes de contaminación por descargas de aguas próximas y el aporte que estas generan a la playa. Los factores playa (Principal y Puerto Angelito), zona (supramareal e intermareal) y época (lluvias y secas) fueron relacionados con el encuentro de estas bacterias utilizando un diseño estadístico ANOVA anidado, así como un análisis de correlación de Pearson. Los resultados indican que las bacterias aisladas en mayor cantidad y frecuencia en ambas playas fueron *E. coli* y *Vibrio* spp. Estadísticamente sólo la presencia de *Salmonella* spp. impera en la playa Puerto Angelito y *E. coli* en la zona supramareal que junto con *Yersinia* spp. predominan en época de lluvias, mientras que *Vibrio* spp. en la época de secas. De igual manera *E. coli* fue detectada en niveles elevados y constantes en las fuentes de contaminación (F1, F2 y F3) de la playa Principal. La presencia de *Salmonella* spp. fue mayor en la playa Puerto Angelito a consecuencia del arrastre de aguas negras generadas por la precipitación y las descargas clandestinas de los desechos domésticos al mar por parte de los restauranteros, la zona supramareal tiene un efecto significativo para la presencia de *E. coli* por los desagües que desembocan en esta zona de la playa Principal (fuentes de contaminación) y cuya carga bacteriana de *E. coli* es elevada, siendo una vía de entrada primordial a la arena, sumándole el aporte importante en época de lluvias, lo que provoca que se concentre en la arena y se eleve su número. La época de lluvias tuvo efecto en la presencia de *Yersinia* spp, mientras que para *Vibrio* spp. la época de secas fue la más idónea, en el primer caso esta bacteria es incorporada por el agua contaminada, mientras que *Vibrio* spp. predomina en la época de secas, en la que hay menor competencia bacteriana.



*A mis padres **GILDARDO** y **TEODORA**, quienes han estado a mi lado, brindándome apoyo y sustento; depositando en mí cariño, confianza, comprensión y paciencia, **gracias** por apoyarme en mi carrera profesional, que como bien lo han mencionado.... mi mayor herencia.*

*A mis hermanos **Miguel**, **Jesús** y **Anahit** pues aún en la distancia los llevo presente en mi corazón.*

AGRADECIMIENTOS

"El que da, no debe volver a acordarse; pero el que recibe nunca debe olvidar."

(Proverbio hebreo)

A mi directora de tesis, la M. en M. Mónica Galicia Jiménez por dirigirme en este proceso.

A mis revisoras, la Dra. Ivonne S. Santiago Morales, la M. en C. Yolanda González Huante, la M. en C. Julieta K. Cruz Vázquez y la M. en C. Mónica Alicia Calderón Oropeza, por el valioso tiempo que dedicaron en las revisiones y que contribuyeron para mejorar este trabajo.

Al Dr. Noé por sus consejos y el aporte de sus conocimientos, primordiales para culminar esta investigación.

A la M. en C. Griselda Valera por su paciencia y su tiempo en la elaboración de los mapas.

A la M. en C. Julieta K. Cruz Vázquez responsable del laboratorio de Química y quien se mostró en la mejor disposición destinándonos espacios y equipo necesario para el desarrollo de esta.

Al Dr. Narciso por sus asesorías y consejos muy oportunos.

Al CONACyT por otorgarme la beca a través del proyecto No. 00048769, aprobado por el fondo de investigación y desarrollo sobre el agua (CONACyT-CONAGUA), denominado "Estudio de la clasificación de las playas de Puerto Escondido, Oaxaca (caracterización y Análisis)".

A mis compañeros de licenciatura Toño, Migue, Lalo, Yadi, Chio, Celina, Anita, Yola, Dani, Ale, Ana, Mayra, Naty, Carolina y Feliciano, sus comentarios y críticas fueron buenas aportaciones.

A mi amiga Yolanda por su amistad incondicional, sus consejos y apoyo me reanimaron en los momentos más difíciles, juntas recorrimos un camino lleno de momentos inolvidables.

A mi amigo Emilio quien estuvo muy de cerca durante este proceso, su ánimo y sus consejos me llenaron de energía para seguir en pie.

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Contaminación bacteriana en las zonas costeras.....	1
1.2 Arena de mar y microorganismos.....	2
1.3 Características de las bacterias patógenas.....	4
1.3.1 Familia Enterobacteriaceae.....	4
1.3.1.1 <i>Escherichia coli</i>	4
1.3.1.1.1 Manifestaciones clínicas.....	5
1.3.1.2 <i>Shigella</i> spp.....	5
1.3.1.2.1 Manifestaciones clínicas.....	5
1.3.1.3 <i>Salmonella</i> spp.....	6
1.3.1.3.1 Manifestaciones clínicas.....	6
1.3.1.4 <i>Yersinia</i> spp.....	6
1.3.1.4.1 Manifestaciones clínicas.....	7
1.3.2 Familia Vibrionaceae.....	7
1.3.2.1 <i>Vibrio</i> spp.....	7
1.3.2.1.1 Manifestaciones clínicas.....	7
1.4 Caracteres bioquímicos.....	8
2 ANTECEDENTES	9
2.1 Estudio de calidad de las playas de Puerto Escondido, Oaxaca.....	9
2.2 Estudio de indicadores bacterianos en agua, sedimento y bivalvos en la Bahía de Puerto Ángel, Oaxaca.....	9
2.3 Reportes de aislamientos de bacterias en la arena.....	9
2.3.1 Mar Mediterráneo.....	9
2.3.2 Océano Atlántico.....	10
2.3.3 Lago Michigan, Hurón y Superior.....	11
2.3.4 Océano Pacífico.....	12
3 JUSTIFICACIÓN	13
4 OBJETIVOS	14
4.1 Objetivo general.....	14
4.2 Objetivos específicos.....	14
5 HIPÓTESIS DE TRABAJO	14
6 ÁREA DE ESTUDIO	15
7 MATERIALES Y MÉTODOS	19
7.1 Muestreo.....	19
7.1.1 Colecta de la muestra.....	20

7.2 Análisis bacteriológico.....	22
7.2.1 Procesamiento de la muestra.....	22
7.2.2 Análisis e identificación de las bacterias.....	22
7.2.3 Cuantificación de bacterias.....	27
7.3 Determinación del pH de la arena.....	28
7.4 Fuentes de variación y variables cuantificadas.....	28
7.5 Diseño experimental.....	28
8 RESULTADOS.....	29
8.1 Concentraciones promedio de bacterias en la playa Principal y Puerto Angelito.....	29
8.2 Fuentes de contaminación en la playa Principal.....	33
8.3 Análisis estadísticos.....	34
8.3.1 Correlaciones.....	38
8.4 Temperatura y pH.....	40
9 DISCUSIÓN.....	41
9.1 Concentraciones de <i>E. coli</i> y comparación con las propuestas de Mendes <i>et al.</i> (1997) y la DIMAR, (2010).....	41
9.2 Distribución de las bacterias.....	41
9.3 Concentración promedio de bacterias y entre playas.....	42
9.4 Efecto de la zona de muestreo con la presencia bacteriana.....	46
9.5 Efecto de la época de muestreo con la presencia bacteriana.....	47
9.6 Concentraciones bacterianas en las fuentes de contaminación en la playa Principal.....	48
9.7 Correlación entre bacterias.....	49
10 CONCLUSIONES.....	50
11 PERSPECTIVAS.....	51
12 LITERATURA CITADA.....	52
13 ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Características bioquímicas de la familia Enterobacteriaceae y Vibrionaceae.....	8
Tabla II. Concentración de bacterias indicadoras permisibles en la arena citadas por Mendes <i>et. al.</i> 1993, 1997 y la DIMAR, 2010.	10
Tabla III. Puntos de muestreo en la playa Principal (pp) y Puerto Angelito (pa).....	19
Tabla IV. Fuentes de contaminación georeferenciadas en la playa Principal.....	21
Tabla V. Características de los medios de cultivo y reacciones consideradas positivas para la detección de bacterias.....	23
Tabla VI. Controles positivos y negativos.....	27
Tabla VII. Concentración promedio y valor mínimo y máximo de bacterias del género <i>Vibrio</i> spp., <i>Salmonella</i> spp., <i>Shigella</i> spp., <i>Yersinia</i> spp. y <i>E. coli</i> (NMP·g ⁻¹) en relación a los factores playa, zona y época.....	29
Tabla VIII. Concentración promedio y valor mínimo y máximo de bacterias del género <i>Vibrio</i> spp., <i>Salmonella</i> spp., <i>Shigella</i> spp., <i>Yersinia</i> spp. y <i>E. coli</i> (NMP·mL ⁻¹) encontradas en las cuatro fuentes de contaminación detectadas en la playa Principal.....	34
Tabla IX. Variables determinantes (MEDIA±EE) a la playa de muestreo.....	35
Tabla X. Variables determinantes (MEDIA±EE) a la zona de muestreo en ambas playa.....	35
Tabla XI. Variables determinantes (MEDIA±EE) a la época de muestreo en ambas playas.....	36
Tabla XII. Análisis de correlación entre las bacterias aisladas en la playa Principal.....	38
Tabla XIII. Análisis de correlación entre las bacterias aisladas en la playa Puerto Ángel.....	39
Tabla XIV. Análisis de correlación entre las bacterias aisladas en la zona intermareal en ambas playas.....	39
Tabla XV. Análisis de correlación entre las bacterias aisladas en la zona supramareal en ambas playas.....	39
Tabla XVI. Análisis de correlación entre las bacterias aisladas en la época de lluvias en ambas playas.....	40
Tabla XVII. Análisis de correlación entre las bacterias aisladas en la época de secas en ambas playas.....	40
Tabla XVIII. Concentraciones de <i>E. coli</i> comparadas con lo establecido por Mendes, 1997 y DIMAR, 2010 para uso de la arena con fines recreativos.	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zona intermareal y supramareal de la plataforma continental.....	2
Figura 2. Mapa de localización general de los sitios de muestreo en las dos playas seleccionadas.....	15
Figura 3. Situación geográfica y localización de los puntos de muestreo en la playa Principal así como las fuentes puntuales de contaminación que impactan el área.....	16
Figura 4. Playa Principal A. Bañistas recreándose B. Tubo pvc a cielo abierto que canalizada agua residual de los restaurantes y hoteles próximos a la playa.....	17
Figura 5. Localización de los puntos de muestreo en la playa Puerto Angelito donde se aprecian los ocho puntos de muestreo seleccionados y las dos vías de entrada principales a la playa.....	17
Figura 6. Playa Puerto Angelito A. Vista panorámica de la playa en temporada de lluvias B. bañistas en temporada vacacional y C. excavación de la arena, actividad recreativa más concurrente por niños.....	18
Figura 7. Fuentes de contaminación próximas a la playa Principal, A. Fuente de contaminación 1, donde se observa la presencia de un conducto de pvc que drena agua contaminada hacia la playa B. Fuente de contaminación 2, formado por escorrentías de hoteles y restaurantes que desembocan y dirigen su curso a la playa C. Fuente de contaminación 3, correspondiente al arroyo Regadío en épocas de secas.....	21
Figura 8. Concentración promedio y valor máximo de los cinco géneros bacterianos evaluados durante siete muestreos en la playa Principal y playa Puerto Angelito.....	30
Figura 9. Concentración promedio y valor máximo de los cinco géneros bacterianos evaluados durante siete muestreos en la zona intermareal y supramareal.....	31
Figura 10. Concentración promedio y valor máximo de los cinco géneros bacterianos evaluados durante siete muestreos en las épocas de lluvias y secas.....	32
Figura 11. Variación temporal de la concentración de bacterias del género <i>Salmonella</i> spp. en función de la playa.....	35
Figura 12. Variación temporal de las concentraciones de <i>E. coli</i> en la zona intermareal y supramareal anidado al factor playa.....	36
Figura 13. Variación temporal de las concentraciones de <i>Vibrio</i> spp. en la época de secas y lluvias anidado al factor zona.....	37
Figura 14. Variación temporal de las concentraciones de <i>Yersinia</i> spp. en la época de lluvias y secas anidado al factor zona.....	37
Figura 15. Variación temporal de las concentraciones de <i>E. coli</i> en la época de lluvias y secas anidado al factor zona.....	38