



UNIVERSIDAD DEL MAR

Campus Puerto Ángel

**ESTUDIO DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA
DE LA BAHÍA DE PUERTO ÁNGEL, OAXACA**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

PRESENTA

DANILO LUIS GUTIÉRREZ MEJÍA

DIRECTOR DE TESIS

M. C. GERMAN ENRIQUE ANAYA

PUERTO ÁNGEL, 2013

Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Oaxaca, 2013

UNIVERSIDAD DEL MAR

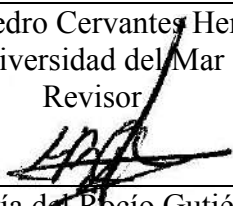
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Después de haber analizado y evaluado la tesis “Estudio de la calidad microbiológica de la Bahía de Puerto Ángel, Oaxaca”, presentada por el pasante de Ingeniería Ambiental Danilo Luis Gutiérrez Mejía con número de matrícula 04050008, por este conducto le comunicamos que la tesis cumple con la calidad académica necesaria para ser defendida en el examen profesional.

COMISIÓN REVISORA

M. en C. Germán Enrique Anaya
Universidad del Mar
Director

M. en C. Pedro Cervantes Hernández
Universidad del Mar
Revisor



M. en C. María del Rocío Gutiérrez Ortiz
Universidad del Mar
Revisor

Dra. María del Rosario Enríquez Rosado
Universidad del Mar
Revisor



Dra. Judith Amador Hernández
Universidad Autónoma de Coahuila
Revisor

DEDICATORIA

A mi madre, que a pesar de todas las adversidades que hemos pasado como familia, nunca dejó de confiar en mí, este trabajo es uno de mis máximos esfuerzos que he realizado y te lo dedico a ti mamá, sin tu apoyo me hubiera resultado casi imposible realizarlo.

A mi tía Susana, que ha auxiliado a mi madre en mi formación, dándome un apoyo muy especial, ánimo y comprensión en todo momento, sobre todo cuando las cosas no fueron bien.

A mi padre, que aunque estuvimos poco tiempo juntos, me demostraste el inmenso cariño que me tenías, en donde quiera que te encuentres papá; TE QUIERO MUCHO.

A Ana María, por tu apoyo y estabilidad en el día a día, sin tu ayuda me hubiese sido imposible sobre llevar todo lo que pasamos en éste lugar. GRACIAS POR TODO ANITA.

A mis hermanos, que fueron fundamentales en mi desarrollo, siendo mis modelos a seguir, sintiéndome siempre orgulloso de que fueran mis hermanos.

A Jesús, siempre estaré contigo hermano, veras que juntos podremos enfrentar todas las adversidades en un futuro, no te dejaré caer.

AGRADECIMIENTOS

A German E. Anaya, por creer en este trabajo, y cuando se complicaron las cosas te ofreciste sin dudar un solo instante, tu apoyo ha sido fundamental para enfrentarnos a las distintas dificultades que atravesamos en el camino. No olvidaré tus palabras, que fueron claves para de nuevo empezar a luchar, cuando pasé por momentos difíciles, gracias por dejarme conocer a la persona detrás del profesor exigente, GRACIAS.

A Rosario Enríquez Rosado, por tu apoyo, compromiso y liderazgo, porque sin ti probablemente me hubiera quedado en el camino, nunca olvidaré la oportunidad que me ofreciste cuando pasé por momentos difíciles. Tu dirección fue trascendental, para que éste trabajo pudiese llegar a buen puerto, GRACIAS.

A Pedro Cervantes Hernández, por tu participación y disposición a compartir tus conocimientos en este trabajo.

A las profesoras Judith Amador y Rocío Gutiérrez, que me apoyaron a lo largo de la carrera, siempre ofreciendo su mayor esfuerzo para que los alumnos que pasamos por sus clases, fuésemos cada día mejores.

A Felipe Santillán Juárez, por haber dado continuidad a este trabajo y ayudar a la difusión del mismo.

A todos los que me rodearon a lo largo de mi carrera, a mis amigos; RAFA, JULIAN G., SANDRA, EDUARDO H., EDUARDO G., JULIAN V., LAURITA, MOOONS Y RUGERIO, a mis compañeros y profesores; por haber influido positivamente en mi formación, y por todas las vivencias que tuvimos, gracias a todos ustedes mi estancia en este lugar fue muy agradable. BUEN VIAJE A TODOS.

La comunidad de Puerto Ángel se ubica en el Municipio de San Pedro Pochutla, en la costa de Oaxaca. En este lugar, la infraestructura de drenaje está disponible sólo para parte de la población, además de ser en ocasiones poco funcional; por ello, la forma de almacenar el agua residual es a través de fosas sépticas. Esta problemática se agudiza, cuando parte de la comunidad descarga sus fosas sépticas en los arroyos formados por la temporada de lluvia, los cuales desembocan en la Bahía de Puerto Ángel.

Debido a lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar el Índice de Coliformes Fecales (I_{CF}) en la bahía, estudiando la influencia de las temporadas de lluvia y estiaje. Los puntos de muestreo fueron elegidos a partir de cuatro escurrimientos continentales identificados en la bahía, en los que se vierte el agua residual. El muestreo se realizó de acuerdo a la NOM-014-SSA1-1993 y se analizaron las muestras de acuerdo a la NMX-042-SSA1-1987. El periodo de estudio fue de septiembre 2009 a diciembre 2010. Los resultados obtenidos fueron analizados mediante técnicas estadísticas y geoestadísticas, evaluando la componente temporal y espacial. A través de ambas estrategias se llegó al mismo patrón de distribución para el I_{CF} , concluyéndose que la playa más contaminada fue la Playa Principal (Sitios de muestreo 1 y 2), mientras que la menos contaminada fue la Playa Panteón (Sitios de muestreo 3 y 4); igualmente se identificó la existencia de un gradiente definido ascende en el I_{CF} de la Playa Panteón hacia la Playa Principal.

ÍNDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN.....	III
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. JUSTIFICACIÓN	3
3. OBJETIVOS.....	4
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVOS PARTICULARES.....	4
4. MARCO TEÓRICO	5
4.1. DISTRIBUCIÓN MUNDIAL DEL AGUA.....	5
4.2. PAPEL DEL AGUA EN EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO (PND) Y EL PROGRAMA NACIONAL HÍDRICO (PNH)	5
4.3. PROBLEMAS DE CRECIMIENTO EN EL TERRITORIO NACIONAL	6
4.4. AGUA RESIDUAL	7
4.5. MARCO REGULATORIO PARA LA CONTAMINACIÓN CON AGUAS RESIDUALES EN AGUAS NACIONALES	8
4.6. COBERTURA DE SANEAMIENTO EN EL PAÍS.....	9
4.7. CONTAMINANTES DEL MEDIO MARINO	10
4.8. PROGRAMAS AL CUIDADO DE LA CALIDAD DE LAS PLAYAS	13
4.9. ANTECEDENTES DE ESTUDIOS DE CALIDAD DEL AGUA EN LA COSTA DE OAXACA	13
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
6. METODOLOGÍA	17
6.1. ESTUDIO MICROBIOLÓGICO.....	17
6.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	20
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
7.1. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	23
7.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	23
7.3. ANÁLISIS GEO-ESTADÍSTICO	29
8. CONCLUSIONES.....	37
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. RED DE ALCANTARILLADO Y DESCARGA DEL CÁRCAMO. _____	15
FIGURA 2. LOCALIZACIÓN DE LOS CUATRO ESCURRIMIENTOS CONTINENTALES OBSERVADOS EN LA BAHÍA DE PUERTO ÁNGEL. _____	16
FIGURA 3. UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO. _____	17
FIGURA 4. EJEMPLO DE UN MODELO DE PROMEDIOS MÓVILES PARA EL I_{CF} . _____	21
FIGURA 5. VARIACIÓN PROMEDIO ANUAL DEL I_{CF} POR SITIO DE MUESTREO SEPTIEMBRE 2009 A DICIEMBRE 2010. _____	24
FIGURA 6. PRECIPITACIÓN ACUMULADA DURANTE EL PERIODO DE MUESTREO, A) SEPTIEMBRE 2009, B) NOVIEMBRE 2009, C) DICIEMBRE 2009, SEPTIEMBRE 2010. _____	27
FIGURA 7. VARIACIÓN PROMEDIO MENSUAL DEL I_{CF} EN LA BAHÍA DE PUERTO ÁNGEL, OAX., ENTRE SEPTIEMBRE 2009 Y DICIEMBRE 2010. _____	28
FIGURA 8. DISTRIBUCIÓN DEL I_{CF} UTILIZANDO PROMEDIOS MÓVILES, PARA LOS MESES DE A) SEPTIEMBRE 2009, B) OCTUBRE 2009, C) NOVIEMBRE 2009, D) DICIEMBRE 2009. _	32
FIGURA 9. DISTRIBUCIÓN DEL I_{CF} UTILIZANDO PROMEDIOS MÓVILES, PARA LOS MESES DE E) ENERO 2010, F) ABRIL 2010, G) SEPTIEMBRE 2010, H) OCTUBRE 2010. _____	33
FIGURA 10. DISTRIBUCIÓN DEL I_{CF} UTILIZANDO PROMEDIOS MÓVILES, PARA LOS MESES DE I) NOVIEMBRE 2010, J) DICIEMBRE 2010. _____	34
FIGURA 11. IMAGEN REGIONALIZADA, OBSERVANDO LA INCIDENCIA DEL I_{CF} EN LA BAHÍA DE PUERTO ÁNGEL DURANTE EL PERIODO SEPTIEMBRE 2009 A DICIEMBRE 2010. _____	36

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
TABLA 1. CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AGUA RESIDUAL.....	8
TABLA 2. UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO.....	17
TABLA 3. REGISTROS MENSUALES DEL I_{CF} EN LOS SITIOS DE MUESTREO UBICADOS EN LA BAHÍA DE PUERTO ÁNGEL, OAXACA, EN EL PERIODO SEPTIEMBRE 2009 A DICIEMBRE 2010.....	23