



UNIVERSIDAD DEL MAR

CAMPUS PUERTO ÁNGEL

**“DINÁMICA ESPACIO-TEMPORAL DE LA COMUNIDAD DE BACTERIAS
SULFATORREDUCTORAS Y ARQUEAS METANOGÉNICAS ASOCIADAS
A SEDIMENTOS DE MANGLAR, EN LA LAGUNA DE LA MANCHA,
VERACRUZ”**

T E S I S

Como parte de los requisitos para obtener el título de:

Licenciado en Biología Marina

Presenta:

Francisco Muñoz Reyes

Director de Tesis:

Dra. María del Rocío Torres Alvarado

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa

Puerto Ángel, Pochutla, Oaxaca.

Noviembre, 2015.



ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Después de haber analizado y evaluado la tesis “Dinámica espacio-temporal de la comunidad de bacterias sulfatorreductoras y arqueas metanogénicas asociadas a sedimentos de manglar en la laguna de La Mancha, Veracruz”, presentada por el pasante de licenciatura en Biología Marina Francisco Muñoz Reyes, se considera que cumple con los requisitos académicos y la calidad necesaria para ser defendida en el examen profesional.

Comisión Revisora

Dra. María del Rocío Torres Alvarado

Departamento de Hidrobiología
Profesor titular C tiempo completo
UAM-I
Directora

Dr. José Ángel Ronsón Paulín (PhD)

Profesor Investigador
Instituto de Industrias
Universidad del Mar Campus Puerto Ángel
Revisor

Dr. Francisco José Fernández Perrino

Profesor titular C tiempo completo
Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Iztapalapa
Revisor

Dr. Carlos Estrada Vázquez

Profesor Investigador
Instituto de Industrias
Universidad del Mar Campus Puerto Ángel
Revisor

M.C. Yolanda Huante González

Profesor Investigador
Instituto de Recursos
Universidad del Mar Campus Puerto Ángel
Revisor

Puerto Ángel, Oaxaca, Noviembre 2015

DEDICATORIA

A mis padres María de Lourdes Reyes Jara & José Francisco Muñoz Salas, porque gracias a el sudor de su frente estoy concluyendo un reto muy importante en mi vida, fueron momentos muy difíciles los que tuve que pasar en este proceso, sin embargo no lo comparo con los que ustedes tuvieron que vivir para yo tener lo necesario en esta gran batalla, gracias por todo su amor, sus ánimos, sus oraciones, sus palabras, gracias por ese acuerdo tan admirable que tuvieron los dos de ser primordiales los asuntos de sus hijos, aun cuando decidieron tomar caminos diferentes.

“Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado. Un esfuerzo total es una victoria completa”

Mahatma Gandhi

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. María del Rocío Torres Alvarado (UAMI) por su gran apoyo, paciencia y confianza para poder realizar este trabajo de investigación. Estoy muy agradecido porque gracias a su dirección estoy logrando el sueño de formar parte de la comunidad científica. Al comité de revisores de esta tesis: M.C. Yolanda Huante González (UMAR), al Dr. José Ángel Ronsón Paulín (UMAR), al Dr. Francisco José Fernández Perrino (UAMI) y al Dr. Carlos Estrada Vázquez (UMAR) por tomarse el tiempo para brindarme sus tan valiosos comentarios y sugerencias, logrando que este trabajo sea de calidad.

A mis padres (José Francisco Muñoz Salas & María de Lourdes Reyes Jara) estoy inmensamente agradecido con ustedes porque están presentes en mi lucha diaria, porque se perfectamente el gran esfuerzo que tuvieron que realizar, gracias por su inmenso amor. Mamá, lo logramos. Papá, gracias porque jamás te has olvidado de tus hijos. A mis hermanos y sobrina (Octavio Muñoz Reyes, Edgar Muñoz Reyes, Jesús Muñoz Reyes & Pamela Danae Muñoz Carbajal) por su enorme apoyo moral, por su consejos y porque gracias a ustedes he tomado las fuerzas necesarias para jamás desertar mis sueños, hasta la muerte nuestra hermandad.

A mis abuelitos (Ofelia Jara Ruiz (Q.P.D) & Francisco Reyes Rivera) porque desde el momento en que inicie esta gran aventura, estuve recibiendo su apoyo, sus oraciones y su gran amor. Abuelita, tu sabes que me hiciste mucha falta, jamás superare ese gran dolor.

A Margarita & Zuri por su gran atención al recibirme en su casa, por su apoyo y palabras de aliento.

A Adanely E. Hernandez Muñoz & Ana Karen Robles Toledo, gracias por siempre estar presentes en los momentos más difíciles que tuve durante la carrera, quedo totalmente en deuda con ustedes, son unas mujeres maravillosas.

A las personas más maravillosas Doña Lucy & Don Javier, porque desde que me conocieron siempre estuvieron al pendiente de darme un consejo, sin duda fueron una parte muy importante en mi motivación para salir adelante, los quiero mucho.

A Araceli Cruz Castillo, Servando Salgado B. & familia, gracias por apoyarme en los momentos más cruciales de mi carrera, siempre tener una llamada dándome ánimos me daba mucha fuerza para lograr este objetivo, sé que para ustedes la mejor forma de pagarles es que le siga echando muchas ganas y ser una persona de bien, no los defraudare.

A todos mis grandes hermanos (Luis, Piña, Lenin, Cotsi, Juan, Chiquito, Gara, Pochu, Ponchin, Roy, Mike, Rorro, Eder, Potter), porque con ustedes aprendí que la vida se debe disfrutar y debemos olvidarnos de las cosas banales. Si es cierto, fueron muchas parrandas de las cuales me llevo consejos, regaños, compañía, criterio y fortaleza. Que jamás se destruya la caballería Drink Team.

A mis amigos David Alfaro Siqueiros, Oscar, Elda Ramos, Evelyn Ramos, Gregorio Tovar, Jan, Tiz, Rafa, Jessica Ro, Adrianita, Jeimy, Mily, Mirnita, Mar, Idania Valdez, Laurita Morales, Liza Parada, Barbie, Paola, Juan Calva, Perico, Chabe, Misa, Danny, Erick, Andrew, Paty, Yazz Uribe, gracias por sus consejos, por darme ánimos durante mi estancia en la universidad. A muchos de ustedes los conocí en años muy recientes sin embargo siempre recibí las palabras necesaria para tomar el mejor camino.

A mi Dios por ayudarme a tomar el mejor rumbo, porque a pesar de que se me adelanto una persona muy valiosa, siempre cuido de mi familia y me dio las fuerzas necesarias para soportar la distancia. Solo quiero contarles que me siento muy contento porque he logrado culminar uno más de mis objetivos en la vida.

INDICE

	Pág.
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABLAS.....	x
RESUMEN.....	xii
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 MARCO TEORICO	3
2.1 ECOSISTEMAS COSTEROS	3
2.2 LAGUNAS COSTERAS.....	3
2.3 MANGLARES	4
2.4 SEDIMENTOS ASOCIADOS A MANGLAR.....	5
2.5 MATERIA ORGÁNICA	6
2.6 BACTERIAS SULFATORREDUCTORAS (BSR)	8
2.7 ARQUEAS METANOGÉNICAS (AM).....	9
2.8 ECOLOGÍA MICROBIANA.....	11
2.9 FACTORES AMBIENTALES.....	11
2.10 INTERACCIÓN ENTRE POBLACIONES MICROBIANAS DIFERENTES.....	13
2.11 COMPETENCIA	13
3 ANTECEDENTES	14
4 JUSTIFICACION	17
5 OBJETIVOS.....	18
5.1 OBJETIVO GENERAL	18
5.2 OBJETIVOS PARTICULARES.....	18
6 HIPÓTESIS	19
6.1 HIPÓTESIS GENERAL	19
6.2 HIPÓTESIS PARTICULARES	19
7 ÁREA DE ESTUDIO	20
8 MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
8.1 TRABAJO DE CAMPO.....	22
8.2 TRABAJO DE LABORATORIO.....	22
8.2.1 Preparación de la muestra	22
8.2.2 Análisis de las variables fisicoquímicas	22

8.2.3 <i>Análisis microbiológico</i>	23
CUANTIFICACIÓN DE LA COMUNIDAD SULFATORREDUCTORA Y METANOGÉNICA.....	23
8.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS.....	24
9 RESULTADOS.....	25
9.1 CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA.....	25
9.2 CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA.....	32
9.3 RELACIÓN ABUNDANCIA MICROBIANA-CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES	35
10 DISCUSIÓN.....	36
10.1 CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DE LOS SEDIMENTOS.....	36
10.2 CARACTERIZACION MICROBIOLÓGICA	46
10.3 INTERACCIÓN ENTRE LA POBLACIÓN DE BRS Y AM EN SEDIMENTOS ASOCIADOS A MANGLAR.....	53
11 CONCLUSIONES.....	55
12 BIBLIOGRAFIA.....	56
13 ANEXO METODOLÓGICO.....	75

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. PROCESO DE MINERALIZACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA REALIZADA POR MICROORGANISMOS ANAEROBIOS. MODIFICADO DE TORRES-ALVARADO (2009).....	7
FIGURA 2. SULFATORREDUCCIÓN EN LA DEGRADACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA. TOMADA DE ROMERO (2002)	9
FIGURA 3. PROCESO DE DIGESTIÓN ANAEROBIA EN EL QUE PARTICIPA LA METANOGÉNESIS. TOMADA DE ROMERO, 2002.....	10
FIGURA 4. LOCALIZACIÓN DE LA LAGUNA DE LA MANCHA EN VERACRUZ Y LAS ESTACIONES DE MUESTREO DURANTE EL AÑO 2013.....	21
FIGURA 5. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP) DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS ASOCIADAS A LAS BACTERIAS SULFATORREDUCTORAS Y A LAS ÉPOCAS CLIMÁTICAS EN LA LAGUNA DE LA MANCHA, VERACRUZ DURANTE EL AÑO 2013.....	35
FIGURA 6. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP) DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS ASOCIADAS A LAS ARQUEAS METANOGÉNICAS Y A LAS ÉPOCAS CLIMÁTICAS EN LA LAGUNA DE LA MANCHA, VERACRUZ DURANTE EL AÑO 2013.....	36
FIGURA 7. VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA SALINIDAD EN EL AGUA INTERSTICIAL DE LA LAGUNA DE LA MANCHA, VERACRUZ, MÉXICO DURANTE EL AÑO 2013	37
FIGURA 8. VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE SULFATOS EN EL AGUA INTERSTICIAL DE LA LAGUNA DE LA MANCHA, VERACRUZ, MÉXICO DURANTE EL AÑO 2013	40
FIGURA 9. VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DEL PH PROMEDIO EN EL AGUA INTERSTICIAL DE LA LAGUNA DE LA MANCHA, VERACRUZ, MÉXICO DURANTE EL AÑO 2013	41
FIGURA 10. VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DEL POTENCIAL OXIDO-REDUCCIÓN PROMEDIO EN EL SEDIMENTO DE LA LAGUNA DE LA MANCHA, VERACRUZ, MÉXICO EN EL AÑO 2013	42
FIGURA 11. VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DEL PORCENTAJE DE SÓLIDOS FIJOS Y SÓLIDOS VOLÁTILES EN EL SEDIMENTO DE LA LAGUNA DE LA MANCHA, VERACRUZ, MÉXICO EN EL AÑO 2013	44
FIGURA 12. VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA CANTIDAD DE CARBONATOS PRESENTES EN EL SEDIMENTO DE LA LAGUNA DE LA MANCHA, VERACRUZ, MÉXICO EN EL AÑO 2013	45
FIGURA 13. VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA CANTIDAD DE CARBOHIDRATOS PRESENTES EN EL SEDIMENTO DE LA LAGUNA DE LA MANCHA, VERACRUZ, MÉXICO EN EL AÑO 2013	46
FIGURA 14. VARIACIÓN TEMPORAL DE LA ABUNDANCIA DE LAS BACTERIAS SULFATORREDUCTORAS ACETOCLÁSTICA EN LOS SEDIMENTOS DE LA LAGUNA DE LA MANCHA (VERACRUZ, MÉXICO) EN EL AÑO 2013.....	47
FIGURA 15. VARIACIÓN TEMPORAL DE LA ABUNDANCIA DE LAS ARQUEAS METANOGÉNICAS ACETOCLÁSTICAS EN LOS SEDIMENTOS DE LA LAGUNA DE LA MANCHA (VERACRUZ, MÉXICO) EN EL AÑO 2013	49

FIGURA 16. VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA ABUNDANCIA DE LA MICROBIOTA ANAEROBIA ACETOCLÁSTICA (BSR Y AM), EN LOS SEDIMENTOS DE LA LAGUNA DE LA MANCHA (VERACRUZ, MÉXICO) EN EL AÑO 2013	52
FIGURA 17. DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE ARQUEAS METANOGÉNICAS, DURANTE ÉPOCAS CLIMÁTICAS NORTES, SECAS Y LLUVIAS, EN PERFIL SEDIMENTARIO DE LA LAGUNA DE LA MANCHA VERACRUZ, MÉXICO.....	53
FIGURA 18. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA DETERMINACIÓN DE SULFATOS PARA MUESTRAS DE AGUA INTERSTICIAL	76
FIGURA 19. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA DETERMINACIÓN DE CARBOHIDRATOS	78
FIGURA 20. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SÓLIDOS TOTALES Y VOLÁTILES	79
FIGURA 21. PREPARACIÓN DE LOS MEDIOS DE CULTIVO.....	83

LISTA DE TABLAS

Pág.

TABLA 1. METODOLOGÍA EMPLEADA PARA DETERMINAR LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS EN EL SEDIMENTO Y AGUA INTERSTICIAL DE LA LAGUNA DE LA MANCHA VERACRUZ EN EL AÑO 2013.....	23
TABLA 2. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LOS SEDIMENTOS ASOCIADOS A MANGLAR DURANTE LAS DIFERENTES ÉPOCAS CLIMÁTICAS EN LA LAGUNA DE LA MANCHA (VERACRUZ, MÉXICO) EN EL 2013. MEDIA \pm DESVIACIÓN ESTÁNDAR. INTERVALO (MÍNIMO-MÁXIMO)..	25
TABLA 3. RESULTADO DEL ANÁLISIS DE LA VARIANZA (F) PARA DETERMINAR LAS DIFERENCIAS TEMPORALES ENTRE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS DE LA LAGUNA DE LA MANCHA (VERACRUZ, MÉXICO) EN EL AÑO 2013	27
TABLA 4. RESULTADO DEL ANÁLISIS DE LA VARIANZA (F) PARA DETERMINAR LAS DIFERENCIAS ESPACIALES ENTRA LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS DE LA LAGUNA DE LA MANCHA (VERACRUZ, MÉXICO) EN EL AÑO 2013	27
TABLA 5. RESULTADO DEL ANÁLISIS DE LA VARIANZA (F) PARA DETERMINAR LAS DIFERENCIAS ESPACIALES ENTRA LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS DE LA LAGUNA DE LA MANCHA (VERACRUZ, MÉXICO) EN EL AÑO 2013	28
TABLA 6. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN CON MATRIZ DE PEARSON, ENTRE LAS ESTACIONES DE MUESTREO DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS DE LA LAGUNA DE LA MANCHA (VERACRUZ, MÉXICO) EN EL AÑO 2013	29
TABLA 7. ABUNDANCIA DE LA MICROBIOTA SULFATORREDUCTORA Y METANOGÉNICA ACETOCLÁSTICA EN SEDIMENTOS ASOCIADOS A MANGLAR EN LAS DIFERENTES ÉPOCAS CLIMÁTICAS EN LA LAGUNA DE LA MANCHA (VERACRUZ, MÉXICO) EN EL AÑO 2013. MEDIA \pm DESVIACIÓN ESTÁNDAR. INTERVALO (MÍNIMO-MÁXIMO)..	33
TABLA 8. RESULTADO DEL ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA DETERMINAR DIFERENCIAS TEMPORALES ENTRE LAS ABUNDANCIAS DE LA MICROBIOTA SULFATORREDUCTORA Y METANOGÉNICA ACETOCLÁSTICAS EN LOS SEDIMENTOS DE LA LAGUNA DE LA MANCHA (VERACRUZ, MÉXICO) EN EL AÑO 2013	33
TABLA 9. RESULTADO DEL ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA DETERMINAR DIFERENCIAS ENTRE LAS ABUNDANCIAS DE LA MICROBIOTA SULFATORREDUCTORA Y METANOGÉNICA ACETOCLÁSTICAS EN LOS SEDIMENTOS DE SUPERFICIE Y FONDO DE LA LAGUNA DE LA MANCHA (VERACRUZ, MÉXICO) EN EL AÑO 2013.....	34
TABLA 10. RESULTADO DEL ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA DETERMINAR DIFERENCIAS DE LAS ABUNDANCIAS DE LA MICROBIOTA SULFATORREDUCTORA Y METANOGÉNICA ENTRE LAS ESTACIONES MUESTREADAS EN LA LAGUNA DE LA MANCHA (VERACRUZ, MÉXICO) EN EL AÑO 2013.....	34
TABLA 11. CONCENTRACIÓN DE SULFATOS EN SEDIMENTOS DE DIFERENTES AMBIENTES ACUÁTICOS.....	39
TABLA 12. CONCENTRACIÓN DE PH EN SEDIMENTOS DE DIFERENTES AMBIENTES ACUÁTICOS...	41

TABLA 13. INTERVALOS DEL POTENCIAL REDOX (EH) EN SEDIMENTOS DE DIVERSOS SISTEMAS ACUÁTICOS.....	43
TABLA 14. ABUNDANCIA DE BACTERIAS SULFATORREDUCTORAS HALLADAS EN SEDIMENTOS DE DIFERENTES SISTEMAS ACUÁTICOS.....	47
TABLA 15. ABUNDANCIAS DE ARQUEAS METANOGÉNICAS ENCONTRADAS EN SEDIMENTOS DE DIFERENTES SISTEMAS ACUÁTICOS.....	51
TABLA 16. COMPOSICIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO DE RAVOT ET AL. (1995) PARA BSR.....	80
TABLA 17. COMPOSICIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO DE BALCH ET AL. (1979) PARA AM.....	80
TABLA 18. COMPOSICIÓN DE LA SOLUCIÓN DE VITAMINAS DE BALCH ET AL. (1979).....	81
TABLA 19. COMPOSICIÓN DE LA SOLUCIÓN DE OLIGOELEMENTOS DE BALCH ET AL. (1979).....	82
TABLA 20. NUMERO DE COMPONENTE UTILIZADOS EN ACP PARA BACTERIAS SULFATORREDUCTORAS EN LA LAGUNA DE LA MANCHA (VERACRUZ, MÉXICO) EN EL AÑO 2013.....	84
TABLA 21. VALORES PROPIOS DE ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES PARA BACTERIAS SULFATORREDUCTORAS EN LA LAGUNA DE LA MANCHA (VERACRUZ, MÉXICO) EN EL AÑO 2013.....	84
TABLA 22. NUMERO DE COMPONENTE UTILIZADOS EN ACP PARA ARQUEAS METANOGÉNICAS EN LA LAGUNA DE LA MANCHA (VERACRUZ, MÉXICO) EN EL AÑO 2013.....	85
TABLA 23. VALORES PROPIOS DE ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES PARA ARQUEAS METANOGÉNICAS EN LA LAGUNA DE LA MANCHA (VERACRUZ, MÉXICO) EN EL AÑO 2013.....	85