

**UNIVERSIDAD DEL MAR**  
**CAMPUS PUERTO ÁNGEL**



**Variación espacio-temporal de clorofila-a en el Parque Nacional Sistema  
Arrecifal Veracruzano en tres temporadas del año**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**Licenciatura en Biología Marina**

PRESENTA

**Lorena Contreras Espinoza**

Director de Tesis

Dr. David Salas Monreal

Puerto Ángel, Oaxaca.

Diciembre, 2012

## DEDICATORIA

*A DIOS, por haberme permitido llegar hasta este momento y dado salud para lograr mis objetivos, por su infinita bondad y amor, por iluminar los días más oscuros del camino recorrido para llegar a esta meta.*

*A mi mamá, eres “la mamá más mala del mundo”, gracias por el amor incondicional, por tus enseñanzas, por tu fuerza y forma de luchar, por tu valentía y coraje al sacarnos adelante. Hoy tus esfuerzos y sacrificios se empiezan a reflejar. Eres mi mayor inspiración y mi mejor ejemplo a seguir. Te amo!*

*A mi papá, gracias por el apoyo brindado.*

*A mi hermana Selene, por que más que una hermana, eres la mejor de las amigas y cómplice, gracias por todo negrita, Te amo!*

*A Teodoro Rivas, gracias por respetar y apoyar mis ideales. Te quiero mucho.*

*A mis tíos Florentino Pérez y Dolores Espinoza, a mi abuelita Porfiria Amador y primos Florentino y Rubén Pérez E. gracias por el apoyo. Los quiero mucho!*

## AGRADECIMIENTOS

### PUERTO ÁNGEL

A la Universidad del Mar, la máxima casa de estudios, en la cual inicié mi formación y vida profesional, por el apoyo económico brindado.

Gracias a cada uno de los maestros que con sus conocimientos y enseñanzas hicieron que mi acervo creciera cada vez más.

Al M. en C. Antonio López Serrano, M. en C. Jorge Castro y Dr. Edgar Francisco Rosas Alquicira por ser parte del comité de los revisores internos, gracias a sus críticas, comentarios y consejos fue posible mejorar la calidad de esta tesis.

A mis compañeros de generación, gracias por sus consejos, comentarios, risas, bromas, vivencias académicas y personales, las cuales hicieron más ameno este largo camino. Los echo de menos!

A Diana González García, la gratitud en silencio no sirve mucho a nadie; aunque sabes que te estoy agradecida quiero dejar constancia de ello, gracias por estar a mi lado, por todas las vivencias pasadas, presentes y futuras, por el apoyo y por compartir cada uno de mis triunfos y fracasos en este arduo camino. Eres una gran amiga, te quiero mucho!

Aideé Egremy, Rebeca Sánchez, Elizabeth Franco, Andrea Glockner y Quetzalli Yasú Abadía, gracias por ser las mejores amigas, por esos momentos en los que moríamos de risa en el “coffe time”, por enseñarme el verdadero valor de la amistad y compañerismo, sin dejar atrás las vivencias académicas compartidas. Las quiero y extraño mucho.

A Diana González, Brenda Márquez, Sandra Zaguilan, Soldemar Guarneros, Hiram Ortiz, Xaní Pimentel, José Humberto Meza y Alí Caballero, gracias por su amistad y apoyo, por ser partícipes de esta etapa de mi vida, que sin duda alguna ha sido una de las mejores. Los quiero!

A todos los amigos umareños y locales, que directa o indirectamente fueron un gran apoyo durante mi estancia en este lugar.

## VERACRUZ

Al Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías.

Al Dr. David Salas-Monreal, quien es director de este proyecto de tesis. Gracias por guiarme en la elaboración de este trabajo, de la misma manera, le agradezco por la confianza que desde el primer día depositó en mí, por todas las enseñanzas, consejos, apoyos, ánimos y paciencia durante esta etapa.

Al Dr. Cesar Gabriel Meiners Mandrujano, quien fungió como revisor externo. Gracias por sus observaciones y recomendaciones para la mejora de la tesis.

A Jannai Jasso, Marisol Robles y Otilio Avendaño, gracias por su amistad y colaboración en la realización de los muestreos en las salidas de campo y procesamiento de datos.

A Mariana Castro y Andrea Aguilar, gracias por su amistad, consejos y apoyo incondicional. Gracias por vivir parte de esta etapa conmigo... Las quiero mis huiles!

A mis compañeros de la maestría en Ecología y Pesquerías (Mayte, Lucía, Roberto, Claudia, Mariana y Andrea) quienes me brindaron su apoyo académico durante este proceso.

*"Explicar toda la naturaleza es una tarea muy difícil para cualquier ser humano o aun para cualquier era. Es mucho mejor hacer pocas cosas con certeza y dejar el resto para otros que vendrán después de ti, que explicar todas las cosas por conjeturas sin hacer nada seguro." Isaac Newton*

## RESUMEN

Una de las variables más importantes para describir la condición biológica promedio de los ecosistemas marinos, en particular la producción primaria es la concentración de clorofila-*a*, la cual es considerada como índice que permite conocer que tan productivo puede ser un ecosistema. Con el fin de determinar la variación espacio-temporal de la Clorofila-*a* ( $\mu\text{g/L}$ ) en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) se llevaron a cabo tres muestreos durante un ciclo de marea diurna (de 24 horas cada uno) en los meses de agosto (2010), octubre (2010) y marzo (2011), representantes de las temporadas de lluvias, nortes y secas, respectivamente. Los datos se recolectaron en 4 arrecifes pertenecientes a la zona norte del PNSAV (Isla Sacrificios, Arrecife Pájaros, Isla Verde y Arrecife Anegada de Adentro). Las variaciones de la temperatura, conductividad, concentración de oxígeno disuelto y clorofila-*a* en la columna de agua fueron registradas con un CTD. Las temperaturas más elevadas se registraron en la temporada de secas ( $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), y las menores en la temporada de nortes ( $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Los valores más elevados de salinidad fueron de 37 ups en las temporadas nortes y secas, mientras que los menores (33 ups) se encontraron en la temporada de lluvias. Los valores máximo registrados de Cl-*a* fueron de  $4.4\text{ }\mu\text{g/L}$ , mientras que los mínimos fueron de  $1.6\text{ }\mu\text{g/L}$ ; los máximos de Cl-*a* coincidieron con marea alta. La distribución vertical de clorofila-*a* fue similar en las estaciones más alejadas de la costa, lo mismo sucedió entre las estaciones más cercanas a la costa, mostrándose un gradiente respecto a la distancia de la costa.

**Palabras clave:** Variación de clorofila-*a*, ciclo de marea, picnoclina.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>I. ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>3</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	<b>9</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>4. HIPÓTESIS</b> .....	<b>10</b>
<b>5. OBJETIVOS</b> .....	<b>11</b>
5.1 OBJETIVO GENERAL .....	11
5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	11
<b>6. ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	<b>12</b>
<b>7. MATERIAL Y MÉTODO</b> .....	<b>14</b>
7.1 TRABAJO DE CAMPO.....	14
7.2 TRABAJO DE GABINETE.....	18
7.2.1 ANÁLISIS DE DATOS .....	18
7.2.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS .....	18
<b>8. RESULTADOS</b> .....	<b>19</b>
8.1 DISTRIBUCION ESPACIO-TEMPORAL.....	19
8.1.1 CLOROFILA-a .....	19
8.1.1.1 GRÁFICAS DE MAREA & ANOMALÍAS DE CLOROFILA-A.....	23
8.1.2 TEMPERATURA.....	31
8.1.3 SALINIDAD .....	35
8.1.4 DENSIDAD .....	39
8.1.5 OXÍGENO DISUELTO .....	43
8.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	48
8.3.1 ENTRE ARRECIFE POR CADA TEMPORADA .....	48
8.3.2 ENTRE TEMPORADAS.....	50
<b>9. DISCUSIONES</b> .....	<b>51</b>
<b>10. CONCLUSIONES</b> .....	<b>54</b>
<b>11. REFERENCIAS</b> .....	<b>55</b>

## I. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio.....	13
Figura 2. a) Curva de marea y horas de muestreo para los Arrecifes Anegada de Adentro e Isla Verde. a) 30 (día 1) y 31 (día 2) de agosto de 2010; b) 21 (día 1) y 22 (día 2) de octubre de 2010 y c) 24 (día 1) y 25 (día 2) de marzo de 2011.....	15
Figura 3. a) Curva de marea y horas de muestreo para Arrecife Pájaros e Isla Sacrificios. a) 30 (día 1) y 31 (día 2) de agosto de 2010; b) 21 (día 1) y 22 (día 2) de octubre de 2010 y c) 24 (día 1) y 25 (día 2) de marzo de 2011.....	17
Figura 4. Distribución de clorofila-a en temporada de lluvias en a) arrecife Anegada de Adentro, b) arrecife Isla Verde, c) arrecife Pájaros y d) arrecife Isla Sacrificios.....	20
Figura 5. Distribución de clorofila-a n temporada de nortes en a) arrecife Anegada de Adentro, b) arrecife Isla Verde, c) arrecife Pájaros y d) arrecife Isla Sacrificios.....	21
Figura 6. Distribución de clorofila-a en temporada de secas en a) arrecife Anegada de Adentro, b) arrecife Isla Verde, c) arrecife Pájaros y d) arrecife Isla Sacrificios.....	23
Figura 7. Gráfica de altura de marea vs anomalía de clorofila-a en temporada de lluvias para el arrecife Anegada de Adentro.....	24
Figura 8. Gráfica de altura de marea vs anomalía de clorofila-a en temporada de lluvias para el arrecife Isla Verde.....	25

Figura 9. Gráfica de altura de marea vs anomalía de clorofila-a en temporada de lluvias para el arrecife Pájaros.....	25
Figura 10. Gráfica de altura de marea vs anomalía de clorofila-a en temporada de lluvias para el arrecife Isla Sacrificios.....	26
Figura 11. Gráfica de altura de marea vs anomalía de clorofila-a en temporada de nortes para el arrecife Anegada de Adentro.....	27
Figura 12. Gráfica de altura de marea vs anomalía de clorofila-a en temporada de nortes para el arrecife Isla Verde.....	27
Figura 13. Gráfica de altura de marea vs anomalía de clorofila-a en temporada de nortes para el arrecife Pájaros.....	28
Figura 14. Gráfica de altura de marea vs anomalía de clorofila-a en temporada de nortes para el arrecife Isla Sacrificios.....	28
Figura 15. Gráfica de altura de marea vs anomalía de clorofila-a en temporada de secas para el arrecife Anegada de Adentro.....	29
Figura 16. Gráfica de altura de marea vs anomalía de clorofila-a en temporada de secas para el arrecife Isla Verde.....	30
Figura 17. Gráfica de altura de marea vs anomalía de clorofila-a en temporada de secas para el arrecife Pájaros.....	30
Figura 18. Gráfica de altura de marea vs anomalía de clorofila-a en temporada de secas para el arrecife Isla Sacrificios.....	31



Figura 19. Distribución de temperatura en temporada de lluvias en a) arrecife Anegada de Adentro, b) arrecife Isla Verde, c) arrecife Pájaros y d) arrecife Isla Sacrificios.....32

Figura 20. Distribución de temperatura en temporada de nortes en a) arrecife Anegada de Adentro, b) arrecife Isla Verde, c) arrecife Pájaros y d) arrecife Isla Sacrificios.....32

Figura 21. Distribución de temperatura en temporada de secas en a) arrecife Anegada de Adentro, b) arrecife Isla Verde, c) arrecife Pájaros y d) arrecife Isla Sacrificios.....35

Figura 22. Distribución de salinidad en temporada de lluvias en a) arrecife Anegada de Adentro, b) arrecife Isla Verde, c) arrecife Pájaros y d) arrecife Isla Sacrificios.....36

Figura 23. Distribución de salinidad en temporada de nortes en a) arrecife Anegada de Adentro, b) arrecife Isla Verde, c) arrecife Pájaros y d) arrecife Isla Sacrificios.....37

Figura 24. Distribución de salinidad en temporada de secas en a) arrecife Anegada de Adentro, b) arrecife Isla Verde, c) arrecife Pájaros y d) arrecife Isla Sacrificios.....39

Figura 25. Distribución de densidad en temporada de lluvias en a) arrecife Anegada de Adentro, b) arrecife Isla Verde, c) arrecife Pájaros y d) arrecife Isla Sacrificios.....40

Figura 26. Distribución de densidad en temporada de nortes en a) arrecife Anegada de Adentro, b) arrecife Isla Verde, c) arrecife Pájaros y d) arrecife Isla Sacrificios.....41

Figura 27. Distribución de densidad en temporada de secas en a) arrecife Anegada de Adentro, b) arrecife Isla Verde, c) arrecife Pájaros y d) arrecife Isla Sacrificios.....	43
Figura 28. Distribución de oxígeno disuelto en temporada de lluvias en a) arrecife Anegada de Adentro, b) arrecife Isla Verde, c) arrecife Pájaros y d) arrecife Isla Sacrificios.....	44
Figura 29. Distribución de oxígeno disuelto en temporada de nortes en a) arrecife Anegada de Adentro, b) arrecife Isla Verde, c) arrecife Pájaros y d) arrecife Isla Sacrificios.....	46
Figura 30. Distribución de oxígeno disuelto en temporada de secas en a) arrecife Anegada de Adentro, b) arrecife Isla Verde, c) arrecife Pájaros y d) arrecife Isla Sacrificios.....	47
Figura 31. Diagrama de caja y bigote entre arrecifes en temporada de lluvias.....	48
Figura 32. Diagrama de caja y bigote entre arrecifes en temporada de nortes.....	49
Figura 33. Diagrama de caja y bigote entre arrecifes en temporada de secas.....	49
Figura 34. ANOVA de dos vías: comparación de los valores máximos de clorofila-a por temporada. 1= Lluvias, 2 =Nortes y 3= Secas.....	50
Tabla I. Tabla de resultados de la prueba de Tukey.....	50