



Universidad del Mar

Puerto Escondido ~ Puerto Ángel ~ Huatulco

O A X A C A

Producción primaria en la región IMECOCAL, costa occidental de la península de Baja California, México, durante julio-agosto de 2010

TESIS

Que para obtener el título de:
Licenciada en Biología Marina

PRESENTA

Ania Yarazeth Chamú Martínez

DIRECTOR

Dr. Gilberto Gaxiola Castro

Puerto Ángel, Oaxaca, Noviembre 2013



ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Después de haber analizado y evaluado la tesis “Producción primaria en la región IMECOCAL, costa occidental de la península de Baja California, México, durante julio-agosto de 2010”, presentada por la pasante de la licenciatura en Biología Marina **Ania Yarazeth Chamú Martínez**, con número de matrícula 05020006, por este conducto le comunicamos que la tesis cumple con la calidad académica necesaria para ser defendida en el examen profesional.

COMISIÓN REVISORA

Dr. Gilberto Gaxiola Castro
Departamento de Oceanografía Biológica, CICESE
Director

Dr. Roberto Esteban Martínez López
Instituto de Recursos, UMAR
Revisor

M. en C. Antonio López Serrano
Instituto de Recursos, UMAR
Revisor

Dr. Ramón Sosa Avalos
Facultad de Ciencias Marinas, UCOL
Revisor

M. A. I. A. Eduardo Juventino. Ramírez
Chávez
Instituto de Ecología, UMAR
Revisor

Puerto Ángel, Oaxaca, Noviembre 2013

RESUMEN

En 2010 se realizó un crucero oceanográfico del 29 de julio al 8 de agosto a bordo del *B.O. Francisco de Ulloa*, dentro del programa Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California (IMECOCAL), para estudiar el cambio espacial de la producción primaria y la biomasa del fitoplancton en la zona oceánica de la región IMECOCAL. Se hicieron seis experimentos *in situ* de producción primaria (PP). Las muestras con fitoplancton fueron recolectadas con botellas Niskin de 5 litros de capacidad de las profundidades correspondientes a los porcentajes de irradiancia superficial de 100, 50, 30, 20, 10 y 1 %, calculadas a partir de lecturas del disco de Secchi. Una vez inoculadas con $\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$ las muestras se incubaron durante aproximadamente dos horas a las mismas profundidades de donde fueron recolectadas, para realizar los experimentos de PP. Las muestras recolectadas a las profundidades correspondientes al 30 % de la irradiancia superficial se utilizaron para realizar experimentos fotosíntesis-irradiancia (curvas P-E). Tanto las muestras de los experimentos “*in situ*” como de curvas P-E fueron inoculadas con 100 μl de ^{14}C e incubadas por ~ 2 horas. La determinación de clorofila-*a* (Cl-*a*) se realizó mediante el método fluorimétrico con muestras recolectadas a las mismas profundidades. El registro vertical de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y fluorescencia de la Cl-*a* del fitoplancton se obtuvo mediante un CTD Sea Bird. De los datos generados por el CTD se construyeron proyecciones de la distribución horizontal de estas variables a las profundidades de 10, 50 y 100 m. Además, se hicieron perfiles verticales de Cl-*a*, PP y temperatura donde se realizaron los experimentos de PP. Se observó la presencia de Agua Subártica (ASA) en la zona norte, mientras que en la zona sur se registraron temperaturas más cálidas y salinidades más altas. Al norte de Punta Eugenia confluye ASA mayormente, fría y de menor salinidad y en el sur se registran aguas ecuatoriales, cálidas y de mayor salinidad. El promedio de PPeu del área de estudio fue de $38 \pm 27 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, con valores altos en la zona norte ($58 \pm 21 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$), en comparación con la zona sur ($18 \pm 7 \text{ mg C m}^{-2} \text{ h}^{-1}$), por lo cual se cumple con la hipótesis planteada en el trabajo, la zona norte registró mayores tasas de PPeu. La concentración promedio de Cl-*a* integrada zona norte fue de $37 \pm 3 \text{ mg Cl-}a \text{ m}^{-2}$, mientras que en la zona sur se registró un promedio de $25 \pm 7 \text{ mg Cl-}a \text{ m}^{-2}$. Los valores más altos de los parámetros fotosintéticos fueron P_m^B $3.05 \text{ mg C (mg Cl-}a)^{-1} \text{ h}^{-1}$ y α^B de $0.0128 \text{ mg C (mg Cl-}a)^{-1} \text{ h}^{-1}/\mu\text{mol cuanta m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ se registraron en la zona norte, mientras que en la zona sur se registraron los valores bajos de P_m^B de $1.80 \text{ mg C (mg Cl-}a)^{-1} \text{ h}^{-1}$ y α^B de $0.003 \text{ mg C (mg Cl-}a)^{-1} \text{ h}^{-1}/\mu\text{mol cuanta m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Palabras clave: Producción primaria. Biomasa de fitoplancton. Cambio espacial. Perfiles verticales. Método fluorimétrico. Parámetros fotosintéticos del fitoplancton (P_m^B , α^B y E_k). Región IMECOCAL. Baja California. Corriente de California. Punta Eugenia. ASA.

DEDICATORIA

A mi madre

Porque creo en la eternidad de tu amor

y

A mi Padre

Avanzando poco a poco, poco a poco, poco a poco, llegas al fondo de lo que deseas.

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis Gilberto Gaxiola Castro por su gran apoyo durante la realización de la tesis, por su paciencia y sobre todo por creer en mí.

A Martín E. De la Cruz por su amistad otorgada desde el primer día en que nos conocimos, por su ejemplo de humildad y sencillez, por alentarme a seguir adelante.

A Antonio López Serrano por su gran apoyo profesional y personal.

A los revisores de tesis Eduardo J. Ramírez Chávez, Roberto Esteban Martínez López y Ramón Sosa Avalos, por sus comentarios y observaciones adecuadas para mejorar la tesis.

A mis Abuelos: Amparo y Guillermo por inducirme e inspirarme a entrar al fantástico mundo de la naturaleza.

A Uriel y César por todo lo aprendido juntos, por estar siempre para mí sin importar nunca nada.

A Emily y Scarlett por esas sonrisas, gestos traviesos, ojos berrinchudos y curiosos, por esas miraditas que alborotan sin ningún pudor la ternura.

A la bella familia que me tocó coincidir Chamú-Martínez.

A Adriana Silva, Fabiola Amezcua, Gabriela García y Rosario Gaytán por alentarme, creer y apoyarme, son una bendición en mi vida.

A Tulio, gracias por tu gran apoyo en esta etapa de vida, por haber puesto muchas horas de tu tiempo en mi formación humana y académica.

A la familia Santos Cisneros por su cariño, por haberme apoyado durante los primeros años de carrera, y en especial a Yaya por sus consejos, por estar en los momentos más felices y difíciles, gracias por todas esas sonrisas que me dieron el aliento para seguir.

A Daniel, Heber, Javier (Oax) y Rubén, gracias por ser los compañeros, amigos e inclusive hermanos, gracias por la paciencia, las risas, los regaños, los consejos, los ánimos, por estar en las buenas y en las malas, sin ustedes el camino se me hubiese hecho muy largo y aburrido.

A mis amigas y hermanas: Aideé, Andrea, Betzabé, Cynthia, Marcela, Monserrat López-Yllescas, Monserrat Molina, Nayeli, Paulina, Samantha y Zyanya. Muchas gracias por ser como son, por haberme brindado siempre su amistad, por todo el cariño que me dieron, por no dejarme caer nunca. Sin duda sin ese alimento para mi espíritu no hubiese llegado hasta este final feliz, le doy gracias a la vida por haberlas puesto en mi camino.

A Jeimy y Cynthia, por sus importantes comentarios y sugerencias, los cuales fueron muy valiosos.

A todos mis compañeros de generación 2006-2011, gracias por los momentos compartidos.

Al grupo de CICESE-UABC: Mayra, Nancy, Esther, Erasmo, Lili, Ananda, Daniel, Jorge y Daniela por todo su apoyo y su cariño. Se volvieron parte vital en este trayecto.

Por último, pero no por ser de menor importancia a Leonardo Tenorio, por apoyarme en todo sin esperar nada a cambio y sobre todo por fortalecer mi espíritu... “Motivación no Inteligencia”.

ÍNDICE GENERAL

	Páginas
1. Introducción	1
2. Antecedentes	4
2.1 Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California (IMECOCAL)	5
3. Justificación	8
4. Hipótesis	8
5. Objetivos	9
5.1 Objetivo General	9
5.2 Objetivos específicos	9
6. Área de estudio	9
7. Materiales y métodos	14
7.1 Obtención de muestras	14
7.2 Método para calcular producción primaria (PP)	15
7.2.1 Procesamiento de muestras de producción primaria (PP)	16
7.2.2 Perfiles verticales de producción primaria (PP), clorofila- <i>a</i> (Cl- <i>a</i>) y temperatura en la zona eufótica y la capa de mezcla (CM)	18
7.3 Producción primaria integrada (PPEu) y clorofila- <i>a</i> integrada (Cl- <i>a</i> integrada) en la zona eufótica (Zeu)	20
7.4 Análisis de las muestras de Clorofila- <i>a</i> (Cl- <i>a</i>)	20
7.5 Procesamiento de datos	21
7.6. Análisis estadístico de los datos de producción primaria (PP) y clorofila- <i>a</i> (Cl- <i>a</i>)	23
7.7 Curvas de Fotosíntesis-Irradiancia (P-E)	23
8. Resultados	25
8.1 Distribución horizontal de variables	25

8.2 Perfiles verticales de producción primaria (PP), clorofila- <i>a</i> (Cl- <i>a</i>) y temperatura en la zona eufótica (Zeu) y capa de mezcla (CM)	31
8.3 Producción primaria (P _{Peu}) y clorofila- <i>a</i> (Cl- <i>a</i> integrada) en la zona eufótica (Zeu)	34
8.4 Variación de P _{Peu} y Clorofila- <i>a</i> integrada (Cl- <i>a</i> integrada) entre zonas.....	35
8.5 Curvas de Fotosíntesis-Irradiancia (P-E)	35
9. Discusión	39
10. Conclusiones	47
11. Referencias	49

INDICE DE FIGURAS

Paginas

Figura 1. Área de estudio red de estaciones del programa IMECOCAL	13
Figura 2. Líneas hidrográficas y estaciones de recolecta de muestras en la región IMECOCAL.....	13
Figura 3. Área de estudio del programa IMECOCAL. a) Los círculos en verde indican las estaciones donde se realizaron los experimentos de producción primaria y b) los círculos en rojo indican las estaciones donde se realizaron las curvas P-E.....	14
Figura 4. Esquema del sistema para la incubación <i>in situ</i> . Los porcentajes representan la profundidad de donde fueron extraídas las muestras de PP.....	17
Figura 5. Diagrama conceptual de la relación entre la capa de mezcla (CM) y la profundidad de la zona eufótica (Zeu). a) La termoclina se encuentra por debajo de la Zeu, es decir, cuando el cociente es > 1 y b) la termoclina se encuentra dentro de la Zeu, cuando el cociente es < 1 . Tomada de Espinosa Carreón (2005).	19
Figura 6. Esquema del incubador tipo Morel mediante el cual se generaron las curvas de P-E. Tomada de Verdugo (2003)......	24
Figura 7. Relación fotosíntesis-irradiancia (curva P-E). La línea roja representa el ajuste hiperbólico a partir de la ecuación de Jassby y Platt (1976). Las líneas representan intersecciones y prolongaciones de los parámetros estimados (P^B , α^B y E_k).	25
Figura 8. Mapas de distribución horizontal. a) Temperatura, b) salinidad, c) oxígeno disuelto y d) clorofila- <i>a</i> a 10 m de profundidad durante julio-agosto de 2010 en la región IMECOCAL.....	26
Figura 9. Mapas de distribución horizontal. a) Temperatura, b) salinidad, c) oxígeno disuelto y d) clorofila- <i>a</i> a 50 m de profundidad durante julio-agosto de 2010 en la región IMECOCAL.....	28
Figura 10. Mapas de distribución horizontal. a) Temperatura, b) salinidad, c) oxígeno disuelto y d) clorofila- <i>a</i> a 100 m de profundidad durante julio-agosto de 2010 en la región IMECOCAL.....	30

Figura 11. Perfiles verticales de PP, Cl- <i>a</i> , temperatura. La línea azul cielo indica la profundidad de la capa de mezcla (CM), la línea verde delimita la profundidad de la zona eufótica (Zeu) y la línea azul marino indica la termoclina. Estaciones a) 100.50, b) 110.50, c) 120.60, d) 127.45 y e) 130.50	32
Figura 12. Gráfica de dispersión de PP. a) PP en inicio de la termoclina <i>versus</i> temperatura y b) PP <i>versus</i> CM.	33
Figura 13. Grafica de dispersión de Cl- <i>a</i> . a) Cl- <i>a</i> en inicio de la termoclina <i>versus</i> temperatura y b) Cl- <i>a</i> <i>versus</i> CM.....	34
Figura 14. Curvas P-E obtenidas a partir de muestras recolectadas al 30 % de la irradiancia superficial para julio-agosto de 2010. Estaciones: a) 100.50, b) 103.34, c) 107.45, d) 110.50, e) 117.45, f) 120.60, g) 127.45 y h) 130.50. Las líneas continuas representan el ajuste obtenido a partir del modelo de Jassby y Platt (1976). Los números junto a las curvas indican la secuencia de las muestras dentro del incubador. Por ejemplo la muestra 1 es la más cercana a la fuente de irradiancia y la muestra 29 es la más alejada (ver diagrama en la sección de Métodos)	36

ÍNDICE DE TABLAS

Páginas

Tabla I. Valores de PPeu y Cl- <i>a</i> integradas en la zona eufótica para las estaciones donde se realizaron las incubaciones <i>in situ</i>	34
Tabla II. Parámetros fotosintéticos de estaciones oceanográficas de la red IMECOCAL durante julio de 2010.	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Páginas

Anexo 1. Perfiles verticales de PP y Cl-*a* correspondiente a la estación 103.45. 57