



Universidad del Mar

Puerto Ángel

O A X A C A

**“Etapas tempranas de desarrollo y asentamiento del coral
Montastraea faveolata (Ellis & Solander 1786), del arrecife de
Puerto Morelos, Quintana Roo. México”.**

TESIS

Que para obtener el título de

LICENCIADA EN BIOLOGÍA MARINA

Presenta:

Sandra Mendoza Quiroz

Directora de tesis

Dra. Anastazia T. Banaszak

Puerto Ángel, Oaxaca, México.

2012.



Universidad del Mar

Puerto Escondido - Puerto Ángel - Huatulco

O A X A C A

Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Oaxaca; abril de 2012.

Hidrobiol. Gabriela González Medina
Jefe de Carrera Licenciatura en Biología Marina
Campus Puerto Ángel
P r e s e n t e

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Una vez efectuada, la revisión detallada de la tesis "Etapas tempranas de desarrollo y asentamiento del coral *Montastraea faveolata* (Ellis & Solander 1786), del arrecife de Puerto Morelos, Quintana Roo, México", que presenta la *pasante* de la licenciatura en *Biología Marina*, C. SANDRA MENDOZA QUIROZ, con matrícula 05020024; consideramos que cumple ya, con la calidad y los requisitos necesarios para que continúe con los trámites correspondientes, para la defensa de examen profesional y titulación.

COMISIÓN REVISORA

Dra. Anastazia Teresa Banaszak
Profesor-investigador, UNAM.
Directora de Tesis

Dr. José Ángel Ronsón Paulín
Profesor-investigador, UMAR.
Revisor

Dr. Francisco Benítez Villalobos
Profesor-investigador, UMAR.
Revisor

M. en C. Antonio López Serrano
Profesor-investigador, UMAR.
Revisor

Ocean. Pablo Antonio Pintos Terán
Profesor-investigador, UMAR.
Revisor



A mi familia

A mi madre Anabel Quiroz López y hermanos, Luis Ramiro Mendoza Quiroz y Daniela Mendoza Quiroz, por el apoyo incondicional durante toda mi vida, el amor y la paciencia que he recibido, sigamos adelante ante las adversidades que nos da la vida, tarde o temprano llegaran las recompensas.

A mi padre, Luis Mendoza Mendoza, por que estabas y no estabas a la vez, gracias por tu ejemplo, fuiste parte fundamental en esta etapa de mi vida.

Los amo!



Agradecimientos

A mi directora de tesis, la Dra. Anastazia T. Banaszak, por el apoyo incondicional para realizar esta investigación, por compartir tus conocimientos con tanto amor y paciencia, por brindarme tu confianza y recibirme como una larva más para ser criada en tu laboratorio. A ti, a Donaldo y Anielka, por todas las atenciones y el afecto, por hacerme sentir como en casa.

¡Sin tu magia no lo hubiera logrado!

A la Unidad Académica de Sistemas Arrecifales, ICMYL, UNAM de Puerto Morelos, Quintana Roo, a todo el personal por recibirme y brindarme su apoyo y por permitirme usar las instalaciones para realizar mis estancias profesionales y de tesis.

A mis revisores: Dr. José Ángel Ronsón Paulín, Dr. Francisco Benítez Villalobos, M. en C. Antonio López Serrano, M. en C. Pedro Cervantes Hernández, Dr. Pablo A. Pintos Terán, Dr. Ramón Andrés López-Pérez y M. en C. Laura Celis Gutiérrez por el tiempo dedicado a este trabajo, por sus acertados comentarios y sugerencias para mejorarlo. ¡Ustedes le dieron el brillo final!

A la Dra. Mónica Medina, al Dr. Christian R. Voolstra y su equipo de estudiantes que apoyaron durante la colecta de gametos de los desoves masivos, fue un honor compartir esa experiencia con ustedes.

A la Dra. Claudia Padilla Souza por su ayuda durante la temporada de desoves, por brindarme un lugar de trabajo, por su amistad y apoyo incondicional, por los buceos intensivos, por los choco-roles quita nervios, los chistes y esa personalidad que tienes de afrontar la vida, he aprendido mucho de ti.

A la Dra. Van Tussenbroek Brigitta Ine y al M. en C. Edagar Escalante Mancera por proporcionar algunas fotos del desove de corales.

A José Ángel Ronsón Paulín, por ser una persona memorable, por su amistad y afecto durante la enseñanza académica y en la vida propia, por todo su esfuerzo y su interés en brindar siempre una mano amiga. Gracias, Tío!

Al equipo de desove Ania, Sergio, Tati, Andrea, Diana, Claudia, Eloy, Iván, Parmenio, Rosaura, Amauri, Mary Chuy, Isis y Rosa. Gracias por su contribución a este estudio, por todas las aventuras nocturnas en el arrecife, a los extraviados, los olvidados, por los buceos, los chistes, la botana, el café y su amena compañía para contar los satélites mientras esperamos la noche.

A Tati, Sergio, Raúl, Parmenio, Eloy, Iván Pedro e Inti, por brindarme su amistad, por todos los consejos y aventuras en Puerto Morelos, por formar un ambiente de trabajo tan especial, gracias a ustedes nunca estuve sola.

A mi familia, que me apoyo en todo momento, que me permitió salir de casa y conocer el mundo, aunque hubiera sacrificios de por medio, gracias su esfuerzo no ha sido en vano, sigamos creciendo juntos. A mis abuelos, tíos y primos que han creído en mí, aunque no esté cerca, gracias por todo su afecto.

A mis amigos de toda la carrera y de toda la vida: Araceli, por tu chispa de explorar y aventurarse en nuevos caminos; Efraín, por compartir tus experiencias de cómo enfrentar la vida y tu fortaleza; y Gandhi, el lazo que ha unido a todos con la reflexión sus ideas y la transparencia de sus palabras. Todos particularmente diferentes y muy semejantes en esencia. “La banda del carro rojo” (sin el rojito), ha sido un placer haberlos conocido en esta etapa de mi vida y haber compartido tantas cosas juntos, la universidad, las noches de estudio, los sueños, las ideas, las noches de pelis, los amaneceres, la lluvia, la playa, las cenas, los viajes, el básquet, las chelas, las fiestas, las risas y el llanto. Por saber compartir nuestros problemas y nuestros triunfos. ¡Hermanos, los llevo en mi corazón!

A Gandhi Sair González Espinosa, persona gentil y frágil por su naturaleza sensible, mi amigo y pareja, gracias por ser mi soporte en todo momento, por los tiempos dichosos que hemos construido hasta hoy, por compartirme varios años de tu vida llenos de amor y respeto. También eres parte de esta tesis, ¡siempre has estado ahí! Gracias por todo.

A mis amigos de la carrera: Yal-há, Tulio, Omar, David, Grecia, Jessie, Jasmín, Yoshabel, Esmeralda, Héctor, Ana Betsabé, por el fascinante mundo de la biología marina que recorrimos juntos durante estos años. Por toda la diversión y la alegría que me brindaron, por esa sed insaciable de descubrir el mundo marino que me han contagiado.

A las familias González Espinosa, Santos Cisneros que me han recibido en sus casas y sus familias, por compartirme no solo su techo y comida, sino también sus experiencias de vida y brindarme su mano para seguir adelante.

A todos los que de manera directa e indirecta han formado parte de este proyecto, y que por descuido olvido, ¡mil gracias!

CONTENIDO GENERAL

CONTENIDO DE FIGURAS.....	3
CONTENIDO DE TABLAS.....	5
RESUMEN.....	6
1. INTRODUCCIÓN	8
2. ANTECEDENTES	12
3. OBJETIVOS	16
3.1 General.....	16
3.2 Particulares.....	16
4. ÁREA DE ESTUDIO	17
5. MATERIAL Y MÉTODO	18
5.1 Procedencia y técnica general del cultivo de embriones y larvas en laboratorio. ..	18
5.2 1era. Temporada: asentamiento larval (agosto 2009).....	22
5.2.1 Especificaciones de los sustratos utilizados.....	22
5.2.2 Diseño experimental.....	23
5.2.3 Análisis estadístico de los datos.....	23
5.3 2da Temporada. Fecundación, desarrollo embrionario y larval (agosto 2010).....	25
5.3.1 Tamaño de gametos.....	25
5.3.2 Degradación de espermatozoides.....	25
5.3.3 Fases de desarrollo.....	26
5.3.4 Análisis estadístico de los datos.....	27
6. RESULTADOS	29
6.1 <i>Asentamiento larval: preferencia por tipo de sustrato (agosto 2009)</i>	29
6.2 <i>Fecundación, desarrollo embrionario y larval (agosto 2010)</i>	33
6.2.1 Tamaño de gametos.....	33
6.2.2 Degradación de espermatozoides.....	33
6.2.3 Aspectos del desarrollo temprano.....	37
7. DISCUSIÓN	46

7.1 Los gametos	46
7.2 El potencial de fecundación en espermatozoides.....	47
7.3 Desarrollo embrionario y larval.....	49
7.4 Preferencias de sustrato para el asentamiento de la larva	53
8. CONCLUSIONES	56
9. RECOMENDACIONES	57
GLOSARIO	58
ANEXO Catálogo del desarrollo temprano del coral <i>Montastraea faveolata</i>	59
10. REFERENCIAS	69

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio. Se indica con una estrella el sitio de muestreo.	18
Figura 2. Red utilizada para la recolecta de gametos de coral.	19
Figura 3. Diseño de acuarios e incubadoras utilizadas para el mantenimiento de los embriones y larvas dentro del laboratorio.	19
Figura 4. Recipiente recolector de gametos durante el desove de <i>M. faveolata</i>	20
Figura 5. Tipo de sustratos empleados para el asentamiento larval.	22
Figura 6. Diseño experimental para el asentamiento larval de <i>M. faveolata</i>	23
Figura 7. Densidad promedio de reclutas conforme a los factores de asentamiento de la larva de <i>M. faveolata</i>	29
Figura 8. Diferencia de medias de la densidad de reclutamiento de <i>M. faveolata</i> correspondiente a la interacción de factores de acondicionamiento, tipo de sustrato y superficie de establecimiento de la larva.	31
Figura 9. Densidad de reclutamiento de <i>M. faveolata</i> sin diferencias respecto al factor rugosidad durante la adecuación de los sustratos	32
Figura 10. Tamaño medio del espermatozoide durante el proceso de degradación.	35
Figura 11. Gráficos de riesgo a partir de la longitud degradada de los espermatozoides y la velocidad de degradación.	36
Figura 12. Desarrollo temprano de <i>M. faveolata</i> . Óvulos, 2da. y 4ta. división.	38
Figura 13. Desarrollo temprano de <i>M. faveolata</i> . 6ta. División, gástrula y plánula.	39
Figura 14. Desarrollo temprano de <i>M. faveolata</i> . Metamorfosis y pólipo calcificado.	40
Figura 15. Reclutas de <i>M. faveolata</i> después de la inoculación con <i>Symbiodinium</i>	41

Figura 16. Composición porcentual de los periodos de segmentación del desarrollo embrionario de <i>M. faveolata</i>	42
Figura 17. Composición porcentual de las fases de mórula, blástula y gástrula del desarrollo embrionario de <i>M. faveolata</i>	43
Figura 18. Composición porcentual de las fases de plánula temprana, plánula, metamorfosis, pólipo calcificado y recluta calcificado del desarrollo de <i>M. faveolata</i>	44
Figura 19. Gráficos de la tendencia del desarrollo irregular durante el desarrollo temprano de <i>M. faveolata</i>	45

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla I. Intervalos de tiempo establecido para la fijación de muestras de las etapas de desarrollo de <i>M. faveolata</i> en condiciones de laboratorio.....	26
Tabla II. Resultados del ANDEVA multifactorial de la preferencia de asentamiento de las larvas de <i>M. faveolata</i> sobre sustratos artificiales.....	30
Tabla III. Resultados de la prueba de comparación múltiple, posterior al ANDEVA multifactorial de los factores de acondicionamiento, sustrato y superficie de establecimiento larval de <i>M. faveolata</i>	31
Tabla IV. Resultados del ANDEVA de una vía de la preferencia de asentamiento larval de <i>M. faveolata</i> sobre dos rugosidades.....	32
Tabla V. Resultado de la prueba de comparaciones múltiples, entre el tiempo de la mezcla de gametos y las secciones del cuerpo del espermatozoide.....	34
Tabla VI. Fases de desarrollo de <i>M. faveolata</i> . Se muestra el intervalo de tiempo de ocurrencia por fase, porcentaje de mayor incidencia y tamaño promedio.....	37
Tabla VII. Fases de desarrollo de <i>M. faveolata</i> que se presentaron simultáneamente con el desarrollo irregular.....	41

RESUMEN

En la región del Caribe, *Montastraea faveolata* es una de las principales especies de coral constructoras de arrecife. Su reproducción sexual se lleva a cabo a través de desoves masivos anuales. En el presente estudio se describió el desarrollo embrionario, larval, asentamiento y post-asentamiento del coral *M. faveolata*, durante dos temporadas de desove (agosto 2009 y 2010), en el sitio de la Bocana de la localidad de Puerto Morelos, Quintana Roo. En el arrecife, se recolectaron gametos colocando redes sobre las colonias de coral, se realizó una fecundación cruzada y se transportaron al laboratorio, donde se examinaron aspectos de desarrollo temprano, tales como el tamaño de gametos, potencial de fecundación de los espermatozoides, las fases de desarrollo larval y preferencia por el sustrato en el asentamiento de la larva, en este caso se consideraron dos diferentes tipos de sustratos: placas de cerámica y bases cilíndricas de cemento, tratados en distintos ambientes para su acondicionamiento: acuarios con agua de mar y arena, acuarios con agua de mar sin arena y en el mar. Además se evaluó el asentamiento larval de acuerdo al sitio y orientación del sustrato. Los desoves ocurrieron 6 a 7 días después de la luna llena en agosto del 2009 y 2010, alrededor de las 23:00 h. Los huevos midieron en promedio $316.7 \pm 24.1 \mu\text{m}$ para el ancho y $393.2 \pm 33.8 \mu\text{m}$ de largo ($n= 35$), posteriormente experimentaron un cambio en forma y tamaño ($418.6 \pm 24.2 \mu\text{m}$ y $438.04 \pm 29.04 \mu\text{m}$ respectivamente) en su exposición al agua. En promedio, la cabeza de los espermatozoides midió $5 \mu\text{m}$, en tanto el flagelo $56.1 \pm 3.32 \mu\text{m}$ ($n= 35$). El potencial de fecundación fue idóneo durante las primeras 2.5 h de la mezcla de gametos. El desarrollo constó de 15 fases, a partir de la primera división del embrión hasta el asentamiento de la larva ($n= 50$ en cada fase). A lo largo del proceso, estas etapas se presentaron de manera desfasada, es decir su desarrollo no fue uniforme. El porcentaje de desarrollo irregular fue de 1.87 %, el cual estuvo posiblemente relacionado con el inicio o fin de cada fase. De acuerdo al tipo de sustrato, las larvas de *M. faveolata* mostraron preferencia de asentamiento en placas de cerámica, principalmente en los laterales de los sustratos acondicionados en acuarios con agua de mar sin arena, probablemente por la disminución de depredadores, crecimiento algal, de biopelículas y acumulación de organismos incrustantes. La orientación del sustrato (parte rugosa vs. vidriada) durante el periodo de acondicionamiento, no mostró efectos en el asentamiento de la larva. La elección del sitio de asentamiento, puede determinarse por una serie de mecanismos influenciados por factores ambientales e intrínsecos que desencadenan el proceso de

asentamiento y la posterior integración a la población. La inoculación con simbiosomas (*Symbiodinium* sp.) aislados de colonias adultas, se obtuvo dos días posteriores al asentamiento de la larva. El conocimiento adquirido mediante este estudio, es esencial para comprender las posibles respuestas del arrecife ante algún disturbio del medio natural. Asimismo puede constituir una herramienta importante en estudios de investigación que requieran del cultivo de las etapas tempranas en condiciones controladas y/o en contraste con variables bióticas y abióticas que se han venido presentando como consecuencia de la acidificación de los océanos y del cambio climático global en general.

Palabras clave: Gametos, desove masivo, fecundación, desarrollo embrionario y larvario, asentamiento, sustrato artificial, *Montastraea faveolata*.