



# Universidad del Mar

Puerto Escondido - Puerto Ángel - Huatulco

O A X A C A

---

Reclutamiento de *Diadema mexicanum* A. Agassiz, 1863 después  
de un evento de mortandad masiva en Huatulco, Oaxaca

TESIS

Que como requisito para obtener el título de:

Licenciada en Biología Marina

Presenta

Cynthia Edith Méndez Aquino

Dirigida por

Dr. Francisco Benítez Villalobos

Puerto Ángel, Oaxaca, México

Agosto, 2013



# Universidad del Mar

Puerto Escondido - Puerto Ángel - Huatulco

O A X A C A

Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Oaxaca, 2013.

**M. en C. Ana María Torres Huerta**  
Jefe de la Carrera de Biología Marina  
P R E S E N T E

## ACTA DE REVISIÓN

Después de haber revisado y evaluado la tesis **“Reclutamiento de *Diadema mexicanum* A. Agassiz, 1863 después de un evento de mortandad masiva en Huatulco, Oaxaca”**, presentada por la pasante de la Licenciatura en Biología Marina **Cynthia Edith Méndez Aquino** con número de matrícula 06020039, por este conducto le comunicamos que la tesis cumple con la calidad académica necesaria para ser defendida en el examen profesional.

## COMISIÓN REVISORA

---

**Dr. Francisco Benítez Villalobos**  
Universidad del Mar  
Director

---

**Dr. Juan Francisco Meraz Hernando**  
Universidad del Mar  
Revisor

---

**Dr. Eugenio de Jesús Carpizo Ituarte**  
Universidad Autónoma de Baja California  
Revisor

---

**M. en C. Julia Patricia Díaz Martínez**  
Universidad del Mar  
Revisor

---

**Dr. Juan José Alvarado Barrientos**  
Universidad de Costa Rica  
Revisor

## RESUMEN

Antes del evento de mortandad masiva ocurrido en el 2009, *D. mexicanum* era la especie de erizo más común en los arrecifes coralinos de bahías de Huatulco, en los cuales actúa como herbívoro clave regulando las poblaciones de algas. En el presente trabajo se caracterizó la variación espacio-temporal del reclutamiento en La Entrega e Isla Montosa después del evento de mortandad masiva. De estas dos poblaciones, la más afectada fue la de La Entrega, en donde la mortandad fue total. Se realizaron monitoreos aproximadamente mensuales de octubre 2009 a julio 2011 para contar y medir a los reclutas de cada localidad, utilizando el método de muestreo de transecto-cuadrante. Con los datos obtenidos, se estimó la densidad promedio de reclutas por metro cuadrado, se determinó la existencia de diferencias significativas entre localidades y meses con un ANDEVA de dos vías no paramétrico, se obtuvo la estructura de tallas por localidad y por meses y se caracterizó el patrón de distribución espacial de los reclutas a partir del índice de Morisita y de un análisis de correspondencia. En cada monitoreo se realizaron 10 transectos de banda (de 10 x 2 m) para estimar la densidad poblacional adulta del erizo, posteriormente, se evaluó la relación que existió entre dicha densidad y la densidad de reclutas por medio de coeficientes de correlación de Spearman. Adicionalmente, se registraron los valores de temperatura del agua de mar, precipitación y concentración de clorofila *a* correspondientes a los meses monitoreados, con el fin de analizar, mediante coeficientes de correlación de Pearson, la influencia de dichas variables en la densidad de reclutas. De acuerdo con los resultados obtenidos, existieron diferencias significativas en los valores de densidad de reclutas entre localidades; presentándose en Isla Montosa una mayor densidad ( $0.85 \pm 0.26$  reclutas  $m^{-2}$ ) que en La Entrega ( $0.3 \pm 0.08$  reclutas  $m^{-2}$ ). Temporalmente, el mes de junio del 2010 fue el que difirió con la mayoría de los meses monitoreados en Isla Montosa; debido a que fue entonces cuando se presentó la mayor densidad de reclutas ( $4 \pm 1.81$  reclutas  $m^{-2}$ ). La distribución de tallas presentó una sola moda (clase VII: 1.5-1.6 cm) en La Entrega y dos (clase IV: 0.9-1 cm y clase VIII: 1.7-1.8 cm) en Isla Montosa. En esta última, el comportamiento bimodal de la distribución de tallas coincide con la variación temporal de la densidad de reclutas. En general, los reclutas se encontraron distribuidos de manera aleatoria entre los corales vivos, corales muertos y entre las oquedades de rocas, debido a la disponibilidad de espacios vacíos que dejó la mortandad masiva y a la protección que brindan dichos sustratos contra depredadores. En ambas localidades, la relación que existió entre la densidad de reclutas y la densidad de adultos no fue significativa ( $R_{S_{La\ Entrega}}=0.49$ ,  $p=0.06$  y  $R_{S_{Isla\ Montosa}}=-0.21$ ,  $p=0.46$ ). Ninguna de las variables ambientales se relacionó significativamente con la densidad de reclutas, debido a la multicolinealidad existente entre la concentración de clorofila *a* y la temperatura del agua de mar. Es probable que otros factores (*e.g.* asentamiento, depredación, rugosidad del sustrato) que no se evaluaron en el presente trabajo estén influyendo más en la variación de la densidad de reclutas que la densidad de adultos, temperatura del agua de mar, concentración de clorofila *a* y la precipitación. Debido a que la disponibilidad de alimento es abundante y a que el evento de mortandad masiva fue de tipo local, es muy probable que en bahías de Huatulco la recuperación de la población de *D. mexicanum* ocurra en un período de tiempo relativamente corto, contrario a lo que se espera para *D. antillarum* en el Caribe; donde el evento de mortandad masiva ocurrió a nivel regional.

### **Palabras clave:**

Arrecifes coralinos, Echinoidea, estructura comunitaria, La Entrega, mortandad, repoblación.

**Al gran océano que mueve mi ser... ¡Mi familia!  
por bañarme con su amor, cariño y su incondicional apoyo siempre**

## AGRADECIMIENTOS

### *Personales*

Antes que nada, quisiera agradecer a mis padres, Jaime y Rosario, porque siempre respetaron mi elección y nunca me limitaron; a pesar de la tristeza que sintieron cuando salí de casa para estudiar esta carrera. Gracias también porque con su esfuerzo para llevar a casa el sustento de cada día, su dedicación para siempre seguir adelante a pesar de los obstáculos y, principalmente, su AMOR Y CARIÑO, hicieron que lograra otra más de mis metas. Papás, ¡SON EL AMOR DE MI VIDA!

A mis hermanos tan extraordinarios, Paco y Liz; porque en el transcurso de mi formación académica siempre me han dado su apoyo incondicional, por demostrarme su infinito amor con esos besos y abrazos TAN CARIÑOSOS que me dan en cada visita efímera a casa, y porque con su inteligencia y deseos por hacer realidad sus sueños me fortalecen para conseguir los míos... ¡LOS AMO!

A Erick y a la familia Jiménez Hernández por muchas cosas... primero, por abrirme las puertas de su casa y recibirme como un miembro más de su familia, después, por brindarme el apoyo (de cualquier tipo) cuando más lo he necesitado, también por aconsejarme y animarme en tiempos difíciles, por compartir momentos de alegría y felicidad, y por su atención y el cariño que me dieron. Realmente estoy muy agradecida con ustedes, siempre los llevaré en mi mente y corazón. Y sépanse que este logro también es suyo.

A mis abuelos, tíos (as), primos (as), porque a lo largo de mi vida han compartido conmigo momentos de tristeza y alegría, por alentarme, apoyarme, quererme y siempre mimarme. Principalmente, gracias a mi abuela Juana porque sus sabios consejos me han ayudado a afrontar los problemas y por enseñarme que siempre hay caminos mejores... ¡Los quiero mucho, familia Méndez Torres y familia Aquino Carrillo!

A mis entrañables amigos; Monse, Jeimy, Yasú, Ania, Tavo, Julio, Andrea, Aideé y Zyanya, por los momentos de alegría, felicidad, tristeza y entre otros que compartieron conmigo. Especialmente, GRACIAS porque han estado cuando más los he necesitado... ¡Los quiero muchísimo!

A mis amigos aventureros, Pantín, Niche, Omar (Concha), Borre, Dahir (Chavo), Sixto, Betho, Mariano y Gabi, porque con su grata compañía me hicieron más amenos los últimos años de mi estadía en este pequeño puerto, también ¡los quiero mucho!☺

A Virgilio, Armando y a Gonzálo (Juani), porque fueron la hélice que impulso y guió mi viaje por el mundo marino; enseñándome que al mar no se le debe temer, al contrario, se

le debe respetar, amar y conocer. También porque aparte de ser buenos en lo que hacen, son buenos amigos y siempre confiaron en que lograría esta meta.

A Heladio “El Capi” y Andrés “Petro”, por su cariño, por hacer amenas las salidas de campo y por apoyarme en el agua siempre que lo necesitaba.

A mis compañeros de la generación 2006-2011, porque hicieron que el aprendizaje en el salón de clases fuera más agradable. Recuerden que somos la mejor generación, ¡no lo duden!

### ***Profesionales***

Al Dr. Francisco Benítez Villalobos, 1) por permitir que formara parte de su equipo de trabajo, 2) dirigir esta tesis y, por consiguiente, compartirme sus conocimientos, 3) por prestarme su atención para dudas, comentarios, consejos, etc. y 4) por la amistad y el apoyo brindado durante la elaboración de esta tesis.

A la Universidad del Mar, por proporcionar el apoyo económico al proyecto “Monitoreo de las poblaciones de *Diadema mexicanum* en las Bahías de Huatulco y comunidades coralinas aledañas a Puerto Ángel” (Clave: CUP21R1001), que hizo posible la realización de esta tesis.

A mi comité de revisores/sinodales (Julia Patricia Díaz-Martínez, Juan Francisco Meraz-Hernando, Eugenio de Jesús Carpizo-Ituarte y Juan José Alvarado-Barrientos), por aceptar revisar la tesis, y porque con sus observaciones y el aporte de sus conocimientos mejoraron el contenido de la misma.

A todos los profesores-investigadores de la UMAR que me formaron académicamente, pero principalmente al M. en C. Pedro Cervantes y a la M. en C. María del Rosario Cid por compartirme sus conocimientos y por la disponibilidad de su tiempo para ayudarme cuando fuese necesario.

### ***Por último...***

Gracias a esa fuerza que mueve al mundo y al universo, que en mi familia es Dios, porque existo y por darme el privilegio de disfrutar y conocer las maravillas del mar.

## ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1 Reclutamiento de erizos después de eventos de mortandad masiva..... | 3         |
| <b>2. ANTECEDENTES.....</b>   | <b>4</b>  |
| 2.1 Aspectos reproductivos de <i>D. mexicanum</i> .....                 | 5         |
| 2.2 Densidad poblacional de <i>D. mexicanum</i> .....                   | 6         |
| 2.3 Mortandad masiva de <i>D. mexicanum</i> .....                       | 6         |
| 2.4 Mortalidades masivas y reclutamiento de erizos.....                 | 7         |
| 2.5 Reclutamiento de erizos.....  | 9         |
| <b>3. JUSTIFICACIÓN.....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>4. HIPÓTESIS.....</b>  | <b>11</b> |
| <b>5. OBJETIVOS.....</b>  | <b>11</b> |
| 5.1 Objetivo general.....   | 11        |
| 5.2 Objetivos particulares.....   | 11        |
| <b>6. ÁREA DE ESTUDIO.....</b>  | <b>12</b> |
| <b>7. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>                                     | <b>14</b> |
| 7.1 Trabajo de campo.....   | 14        |
| 7.1.1 Reclutamiento.....  | 14        |
| 7.1.2 Adultos.....  | 15        |
| 7.1.3 Variables ambientales.....  | 16        |
| 7.2 Análisis de datos.....  | 16        |
| 7.2.1 Reclutamiento.....  | 16        |
| 7.2.2 Relación reclutas-adultos.....                                    | 18        |
| 7.2.3 Relación reclutas-variables ambientales.....                      | 19        |
| <b>8. RESULTADOS.....</b>   | <b>19</b> |
| 8.1 Reclutamiento.....  | 19        |
| 8.2 Relación reclutas-adultos.....                                      | 27        |
| 8.3 Relación reclutas-variables ambientales.....                        | 30        |
| <b>9. DISCUSIÓN.....</b>  | <b>33</b> |
| 9.1 Reclutamiento.....  | 33        |
| 9.2 Relación reclutas-adultos.....                                      | 38        |
| 9.3 Relación reclutas-variables ambientales.....                        | 40        |
| <b>10. CONCLUSIONES.....</b>  | <b>42</b> |
| <b>11. REFERENCIAS.....</b>   | <b>44</b> |
| <b>12. ANEXOS.....</b>  | <b>53</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Erizo de mar de la especie <i>D. mexicanum</i> .....   | 4  |
| <b>Figura 2.</b> Área de estudio mostrando las localidades monitoreadas.....  | 12 |
| <b>Figura 3.</b> Recluta de <i>D. mexicanum</i> de 2 cm de diámetro de testa.....   | 14 |
| <b>Figura 4.</b> Método de muestreo transecto-cuadrante.....  | 15 |
| <b>Figura 5.</b> Densidad promedio mensual de reclutas de <i>D. mexicanum</i> en ambas localidades.....   | 20 |
| <b>Figura 6.</b> Frecuencia relativa del diámetro de la testa de reclutas por clases en ambas localidades durante los meses monitoreados.....   | 21 |
| <b>Figura 6.1.</b> Distribución de la frecuencia de los diámetros de la testa de los reclutas de <i>D. mexicanum</i> por mes en ambas localidades.....  | 23 |
| <b>Figura 7.</b> Distribución de los diámetros de testa de los reclutas de acuerdo al tipo de sustrato donde fueron encontrados.....  | 27 |
| <b>Figura 8.</b> Densidad promedio mensual de adultos de <i>D. mexicanum</i> en ambas localidades.....  | 28 |
| <b>Figura 9.</b> Relación de la densidad promedio de reclutas con la densidad promedio de adultos de <i>D. mexicanum</i> en <b>a)</b> La Entrega y <b>b)</b> Isla Montosa.....                        | 29 |
| <b>Figura 10.</b> Relación de la densidad promedio mensual de reclutas de <i>D. mexicanum</i> con <b>a)</b> la temperatura del mar y <b>b)</b> la concentración de clorofila en bahía La Entrega..... | 31 |
| <b>Figura 11.</b> Relación de la densidad promedio mensual de reclutas de <i>D. mexicanum</i> con <b>a)</b> la temperatura del mar y <b>b)</b> la concentración de clorofila en Isla Montosa....      | 32 |
| <b>Figura 12.</b> Relación entre la densidad promedio mensual de reclutas de <i>D. mexicanum</i> y la precipitación en ambas localidades.....   | 32 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla I.</b> Valores del índice de Morisita que determinaron el tipo de distribución y el grado de agregación de los reclutas en el área de estudio.....   | 24 |
| <b>Tabla II.</b> Valores de las contribuciones de los diámetros de la testa de los reclutas y de los tipos de sustrato a la variación de las dimensiones..... | 26 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|   |    |
|---|----|
| <b>Anexo I.</b> Abundancia y densidad promedio mensual de reclutas de <i>D. mexicanum</i> en La Entrega e Isla Montosa.....   | 53 |
| <b>Anexo II.</b> Abundancia y densidad promedio mensual de adultos de <i>D. mexicanum</i> en La Entrega e Isla Montosa.....   | 54 |
| <b>Anexo III.</b> Diferencias significativas entre los meses de acuerdo con los diámetros de la testa de los reclutas de <i>D. mexicanum</i> observados en <b>a)</b> La Entrega e <b>b)</b> Isla Montosa..... | 55 |
| <b>Anexo IV.</b> Correlación entre las variables ambientales; Concentración de clorofila <i>a</i> , Temperatura del mar y Precipitación.....  | 56 |