



UNIVERSIDAD DEL MAR

**Parámetros poblacionales de *Diadema mexicanum* A. Agassiz, 1863
posterior al evento de mortalidad masiva (mayo 2009) en la comunidad
arrecifal de la Entrega, Oaxaca, México.**

TESIS

Que para obtener el título de Licenciado en Biología Marina

Presenta

Jair Jordan Silva Cruz

Director de Tesis

Dr. Francisco Benítez Villalobos

Puerto Ángel, Oaxaca.

2013



Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Oax. 2013

M. en C. Ana María Torres Huerta
Jefe de la Carrera de Biología Marina
PRESENTE

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Después de haber analizado y evaluado la tesis “Parámetros poblacionales de *Diadema mexicanum* A. Agassiz, 1863 posterior al evento de mortalidad masiva (mayo 2009) en la comunidad arrecifal de La Entrega, Oaxaca, México”, presentada por el Pasante de Biología Marina **Jair Jordan Silva Cruz**, se considera que cumple con los requisitos académicos y la calidad necesaria para ser defendida en el examen profesional.

COMISIÓN REVISORA

Dr. Francisco Benítez Villalobos
Instituto de Recursos, UMAR
Director

M. en C. Ana María Torres Huerta
Instituto de Recursos, UMAR
Revisora

M. en C. Julia Patricia Díaz Martínez
Programa de Doctorado, UMAR
Revisora

Dr. Juan Francisco Meraz Hernando
Instituto de Recursos, UMAR
Revisor

Dr. Francisco Alonso Solís Marín
ICMyL, UNAM
Revisor

“Fomentar una cultura de acercamiento y respeto a la naturaleza es honrar la memoria de nuestros antepasados y prodigar el amor a nuestros hijos”

P. Jorgensen

Dedicatoria

A la mar = naturaleza = Dios

Por la vida.

A los mejores padres Javier y Lolis

Por el apoyo incondicional ante todo, siendo unos verdaderos amigos quienes han sacrificado todo lo que han tenido en sus manos por el bien de nosotros sus hijos, por ser ese ejemplo de vida, fe y lucha constante de unión por su matrimonio y familia.

A ti Elian

Por llegar a la vida como mi hermana, siendo mi apoyo.

Abuela mechita

Por ser esa mujer tan hermosa, mi ejemplo de principios y valores, gracias a tu partida toda la familia aprendió una gran lección:

Sonreírle a la vida.

Familias Silva-Olivares & Cruz-Roman esto es por ustedes.

Abuela Catita, abuelos Juan y Salomón, tíos y primos, por recibirme siempre con ese entusiasmo, por aconsejarme y demostrarme su apoyo y preocupación.

A ti Carolina

Porque con el paso de los días te convertiste en mi mayor fortaleza, le diste sentido a mi vida volviéndote ese motivo tan especial por el cual decidí concluir esta etapa.

Gracias por tu escucha, apoyo, comprensión y amor ante todo.

Agradecimientos especiales

Papa Salomón por dejarme descubrir esa pasión tan inmensa hacía ese azul de olas infinitas del cual jamás deseo despartarme, gracias (Salomón 1991).

Dr. Francisco Benítez Villalobos por brindarme su confianza para sacar adelante esté trabajo y darme la oportunidad de trabajar con usted, por su tiempo y por sus observaciones de gran importancia durante y para concluir este proyecto, gracias (Benítez-Villalobos 2009).

M. en C. Julia Patricia Díaz Martínez gracias por todos sus consejos, observaciones, por su tiempo y por su apoyo durante todo el desarrollo de este trabajo, ya que su contribución fue muy importante para que este proyecto se realizara, gracias (Díaz-Martínez 2011).

A los revisores, Ana María Torres Huerta, Juan Francisco Meraz Hernando y Francisco A. Solís Marín, gracias por aceptar tomarse el tiempo de revisar y brindarme sus observaciones y comentarios muy certeros para terminar de perfeccionar este trabajo (Torres-Huerta *et al.* 2013).

Al proyecto: “Monitoreo de las poblaciones de *Diadema mexicanum* en las Bahías de Huatulco y comunidades coralinas aledañas a Puerto Ángel” con clave CUP 2IR1001, gracias al cual se financió este trabajo.

Por haberme enseñado el conocimiento empírico para sobrevivir dentro del mar y de la fascinante aventura que puedes descubrir cada vez que te sumerges en él (Armando y Gonzalo 2008).

A mis brothers con los cuales compartí muchas experiencias inolvidables y aprendí de la mayor escuela - la vida - cerca del mar, con los cuales puede confiar y me apoyaron en momentos difíciles para poder terminar la carrera (Tavo, Everardo, Armando, Germán 2008).

A mis carnales con los cuales viví y compartí el prope, una etapa especial y fuerte de la carrera (Isai, Erick, Julio, Magda 2006).

Por sus consejos, apoyo o por brindarme buenas experiencias con su convivencia en los momentos de diversión (Elian, Monserrat, Denisse, Lore, Yasu, Ania, Gela, Grecia, Lucero, Sarita, Lupita, Chupis, Daniel (el more), Julio (pigüi), Heber, Virgilio, Chupón 2008).

A la banda rock & rolera los wendolys por su amistad y esos buenos momentos y triunfos acompañados de guitarras, rolas, pizzas y demás (Ada, Ana, Uri, Rafa, Rulo, Fer, Omar 2012).

Gracias carnales Chuy y Checo por su apoyo, consejos y por ser ejemplos de vida para mí.

Al capitán (Sr. Eladio) y su ayudante potro (Sr. Andrés) por su trabajo y esfuerzo en la conducción de la embarcación de muestreo y que en conjunto con el grupo *Echinodermata* apoyaron en la obtención de los datos para este trabajo (Cynthia, Yasu, Chupis, Everardo, Tavo 2009).

A mis compañer@s de generación por colaborar conmigo y tener un trato respetuoso durante todas nuestras actividades escolares, salidas de campo y viajes: Andrea, Aidé, Zyanya, Nayeli, Elizabeth, Efraín, Gandhi, Rubén (Musleke 2007).

Resumen

Las comunidades coralinas actúan como zonas de refugio, alimentación, crecimiento y reproducción de varias especies de organismos en ocasiones de interés comercial. Como habitantes con alta relevancia ecológica de las mismas se encuentran los equinodermos, ya que determinan el funcionamiento y estructura de las comunidades coralinas a través de distintos niveles tróficos. Algunos erizos de mar pueden encontrarse muy relacionados con procesos de bioerosión y reclutamiento coralino, como el caso de *D. mexicanum* que debido a sus hábitos alimenticios y a su presencia se considera una especie clave para la estabilidad de las mismas. En La Entrega (mayo de 2009) se presentó un evento de mortandad masiva de *D. mexicanum*, por lo que ante este panorama se decidió estimar los parámetros poblacionales en un periodo posterior: abundancia (con los modelos Seber-LeCren y Zippin), mortalidad (con el modelo de Berry), distribución espacial (con el índice de Morisita y el modelo de Binomial Negativa) y crecimiento poblacional (con la función de Verhulst, obteniéndose los valores de N_0 , K , r y dN/dt), en el periodo de mayo del 2009 a octubre de 2011. También se evaluó la relación entre la variación mensual de la abundancia y los valores de temperatura superficial del mar (TSM), pH y precipitación pluvial (con un modelo de regresión lineal múltiple paso a paso); para posteriormente realizar una comparación entre los periodos pre y post-evento de mortandad masiva. En el periodo posterior a la mortandad la abundancia varió entre 6 y 62 (modelo de Zippin) y 1 y 81 individuos (modelo de Seber-LeCren). La tasa de mortalidad fue de 0.60. La distribución espacial fue de dos tipos: aleatorio y principalmente de tipo agregado, los cuales se alternaron durante el periodo de muestreo. Los valores obtenidos para el crecimiento poblacional fueron: $K= 6719.653$, $r= 7.994$ y $N_0= 0.183$. Finalmente se obtuvo que la temperatura superficial del mar esta influenciando de manera positiva a la abundancia de *D. mexicanum*. El periodo posterior al evento de mortandad se caracterizó por una capacidad de carga más grande, una tasa de crecimiento más baja, alta tasa de mortalidad (M) y un bajo aporte de individuos por mes (dN/dt). Aparentemente existen condiciones favorables para una repoblación rápida, pero *D. mexicanum* puede estar siendo más vulnerable ante la sustitución ecológica por otras especies competitivas o por la amenaza de sus depredadores. Evidenciando un estrés por relaciones interespecíficas más que por el efecto de las variables físicas.

Palabras claves: Ecología poblacional, distribución espacial, crecimiento poblacional, arrecifes, erizo tinta.

Índice

Dedicatoria	IV
Agradecimientos especiales	V
Resumen.....	VII
Índice de figuras	X
Índice de tablas.....	XI
Índice de anexos.....	XI
1. Introducción	1
2. Antecedentes	4
2.1. Densidad y Bioerosión	4
2.2. Dinámica poblacional	5
2.3. Eventos de mortandad masiva.....	6
3. Justificación.....	10
4. Hipótesis.....	10
5. Objetivos	11
5.1. Objetivo general	11
5.2. Objetivos específicos	11
6. Área de estudio.....	12
7. Material y métodos	15
7.1. Trabajo de campo	15
7.2. Análisis de datos.....	15
7.2.1. Abundancia.....	15
7.2.2. Distribución espacial	18
7.2.3. Mortalidad	22
7.2.4. Variables ambientales y abundancia	22

7.2.5. Crecimiento poblacional	23
8. Resultados	25
8.1. Densidad	25
8.2. Abundancia.....	26
8.3. Distribución espacial.....	27
8.4. Mortalidad	29
8.5. Variables ambientales	29
8.6. Relación entre la abundancia de <i>D. mexicanum</i> y la temperatura.....	31
8.7. Crecimiento poblacional.....	32
9. Discusiones.....	33
9.1. Abundancia y densidad.....	33
9.2. Distribución espacial.....	36
9.3. Mortalidad	38
9.4. Crecimiento poblacional.....	39
9.5. Relación de la abundancia con las variables ambientales.....	39
9.6. Comparación de los parámetros poblacionales.....	42
10. Conclusiones	43
11. Referencias	45
12. Anexos	52

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación geografía de bahía La Entrega.	12
Figura 2. Variación de la densidad poblacional de <i>D. mexicanum</i> en el periodo de mayo 2009 a octubre 2011 en bahía La Entrega.	26
Figura 3. Abundancia de <i>D. Mexicanum</i> a través del tiempo de muestreo obtenida con los modelos de Zippin (línea obscura con rombos) y Seber & LeCren (línea clara con círculos)	27
Figura 4. Variación mensual de la temperatura en bahía La Entrega (línea discontinua con triángulos) y variación mensual de la precipitación pluvial en Bahías de Huatulco (Gráfico de barras), en el periodo de mayo de 2009 a octubre de 2011	30
Figura 5. Variación mensual de pH en bahía La Entrega (línea discontinua con círculos) y variación mensual de la precipitación pluvial en bahías de Huatulco (grafico de barras), en el periodo de mayo de 2009 a octubre de 2011	30
Figura 6. Relación ($Nt \text{ Zippin} = -140.803 + 6.012 * x$) entre la abundancia de <i>D. mexicanum</i> (calculada con el modelo de Zippin) y la temperatura ($r=0.573$, $r^2=0.328$, $F_{1, 11}=5.381$ y $p=0.040$)	31
Figura 7. Curva de crecimiento poblacional de <i>D. mexicanum</i> determinada con el modelo de la curva logística (Verhulst 1838) y ajustada con el modelo de Mínima Verosimilitud.....	32

Índice de tablas

Tabla I. Condiciones para la validación del tamaño poblacional.	16
Tabla II. Probabilidad de los parámetros p y q	16
Tabla III. Tipos de distribución espacial	18
Tabla IV. Valores del índice de Morisita ($\sigma^2 > \mu$) y del índice Binomial Negativa (K)	28
Tabla V. Tasa de mortalidad natural (M), coeficiente de correlación (R), coeficiente de determinación (R^2) y nivel de significancia (p).....	29

Índice de anexos

Anexo I. Valores máximos y mínimos obtenidos por cada estimación mensual de la abundancia (Nt) mediante los dos métodos Zippin y Seber & LeCren	52
Anexo II. Densidad (ind/m^2) y abundancia muestreada de <i>D. mexicanum</i> , Desviación estándar (Des Est)	53
Anexo III. Intervalos de confianza para los parámetros K (a), N_0 (b) y r (c), en bahía La Entrega. Perfil de máxima verosimilitud (línea punteada) y distribución X^2 (línea solida)..	54
Anexo IV. Comprobación de la aceptación de la variable Temperatura (T°) en el modelo de Regresión Lineal Múltiple (RLM).....	55