



Universidad del Mar

campus Puerto Ángel

Variación espacio temporal en la estructura comunitaria de equinodermos asociados a siete arrecifes del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano

T E S I S

Que para obtener el Título Profesional de
Licenciada en Biología Marina

Presenta

Cecilia Guadalupe Vergara Guerra

Director

Dr. Francisco Benítez Villalobos

Co-Director

Dr. Horacio Pérez España

Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Oaxaca, 2023

Resumen

Los equinodermos son invertebrados con gran importancia dentro de los ecosistemas marinos, ya sea por su papel como filtradores de la columna de agua, bioerosionadores de corales, controladores de poblaciones algales o depredadores de invertebrados. Conocer la estructura de sus comunidades puede ayudar a comprender el estado de los ecosistemas que habitan, por esto el presente trabajo tiene por objeto conocer la estructura comunitaria que presentan los equinodermos en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano y sus variaciones espacio-temporales. Con ese propósito se realizaron conteos visuales donde se registró la abundancia de los equinodermos presentes en transectos de 2x10 m. Se hicieron cinco transectos en la parte somera y cinco en la parte profunda de siete arrecifes del parque, repitiendo los muestreos tres veces por año desde el 2008 hasta el 2014. Se aplicaron índices de riqueza específica, diversidad, equidad y dominancia a los datos considerando toda la comunidad y también a los factores de arrecifes, zonas del parque, profundidades y años. Además, se hicieron comparaciones dentro de cada factor aplicando índices de similitud, y los análisis PERMANOVA, nMDS y SIMPER. La comunidad presentó una riqueza específica de 1.85, diversidad de 1.82, equidad de 0.41 y dominancia de 0.47. Se obtuvieron diferencias significativas respecto a todos los factores analizados. La comparación entre los arrecifes presentó la menor consistencia en todos los análisis, debido a las características particulares de cada arrecife. Dichas características, junto con las coberturas algales y coralinas del parque fueron las que influyeron en las diferencias de la estructura comunitaria de las dos zonas analizadas. Las diferencias en los sustratos produjeron la diferencia en la comunidad en las dos profundidades. En los años que duró el muestreo se definió un patrón temporal de tres periodos, siendo las tasas de sedimentación, el único factor que explica el patrón temporal presentado.

Palabras clave: Ecología de comunidades, Veracruz, Echinodermata, *Echinometra viridis*, índices de diversidad.



Abstract

Echinoderms are invertebrates of great importance within marine ecosystems, either for their role as filter feeders in the water column, coral bioeroders, algal population controllers or predators of. Knowledge of the state of their communities can help to understand the state of the ecosystems they inhabit, for that reason, the present work aims to know the echinoderms community structure in the Veracruz Reef System National Park and their spatio-temporal variations. With this purpose, visual counts were carried out where the abundance of echinoderms present in 2x10 m transects was recorded. Five transects were made in the shallow part and five in the deep part of seven reefs in the park, repeating the sampling three times a year from 2008 to 2014. The specific richness, diversity, evenness and dominance indices were applied to the data considering the entire community and also to the factors of reefs, park areas, depths and years. Additionally, comparisons were made within each factor applying similitude indices, PERMANOVA, nMDS and SIMPER analyses. The community showed a specific richness of 1.85, a diversity of 1.82, an evenness of 0.41 and dominance of 0.47. Evidence of significant differences was found with respect to all the factors analysed. The comparison between reefs was the less consistent in the analyses. On the other hand, in the sampling years, a temporal pattern of three periods was defined. The particular characteristics of each reef were the cause of the lack of groupings or trends seen in the analyses. These differences, together with the coralline and algal cover of the park, produced the differences we observed in the echinoderm community in the two areas analysed. Likewise, the differences in the substrates due to the topographical characteristics of the reefs were the factor that caused the difference in the echinoderm community at different depths. Finally, the relationship between sedimentation rates and community structure is the only factor that explained the entire temporal pattern presented.

Keywords: Echinodermata, community ecology, Veracruz, *Echinometra viridis*, diversity indices.



*“A mi yo del pasado, quien se preguntaba si sería correcto elegir este camino:
Es la mejor decisión que has tomado.
Esto es por y para ti, espero que estés orgullosa.”*

“A mis padres, los dos pilares que me han sostenido siempre.”



Agradecimientos

A los proyectos: CONABIO GM004 “Monitoreo del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano” y SEP-CONACyT No. 169747 “Conectividad y funcionamiento de los sistemas arrecifales del golfo de México y mar Caribe”.

A mi director de tesis, el Dr. Francisco Benítez Villalobos, por guiarme a lo largo de todo este proceso, por brindarme su apoyo y estar presente siempre que lo necesité, pero sobre todo por la paciencia infinita que demostró en todo momento. Gracias.

A mi co-director de tesis el Dr. Horacio Pérez España, por darme la confianza para trabajar con sus datos y asesorarme sobre todos los aspectos del proyecto que desconocía. Gracias por estar atento siempre y darme prontas respuestas a pesar de lo ocupado que se encontraba.

Al resto de mi comité revisor: M. en C. Gerardo Esteban Leyte Morales, M en C. Luz María Hernández Ballesteros, Dra. Julia Patricia Díaz Martínez y Dr. Antonio López Serrano por el interés y tiempo que brindaron a la revisión de este trabajo. Por todos sus comentarios que me ayudaron a dirigirlo hacia el rumbo que deseaba.

A todos los profesores de la Umar, por brindarme su conocimiento y su pasión por la investigación. Sobre todo, gracias a los que me enseñaron que el éxito en la vida es definido por uno mismo.

A mi familia: mis padres Víctor y Ofelia, las personas que me han brindado su apoyo incondicional durante toda mi vida, por nunca decepcionarse de mí incluso cuando yo lo estaba. Mis hermanas Zyan y Caro, por darme sus consejos cuando los necesité, porque aún con la distancia siempre las sentí cerca. A mi sobrina Ximena por motivarme para darle el mejor ejemplo a seguir.

A mi primo Oswaldo, porque aun siendo menor que yo siempre se preocupó por mí y me cuidó incluso en contra de mi voluntad. Y al resto de mi familia porque



con todo y sus burlas por ser eternamente tesista, nunca dudaron de mí y me ayudaron siempre que lo precisé.

A mis amigos de generación por siempre creer en mí y en mis capacidades. Especialmente a Caro y Nadia, gracias por ser tan buenas amigas, por estar conmigo en momentos de alegrías, tristezas, enojos y estrés, y por seguir siendo tan cercanas después de estos años. A Reno y Didi, gracias por hacer mi vida universitaria tan divertida, ustedes dos fueron el respiro que necesitaba en los periodos de mayor estrés.

A Ricardo, gracias por estar a mi lado en todo momento, por sostenerme cuando tropezaba y ayudarme a levantar cuando no podía hacerlo sola (es gracioso que esto ha sucedido tanto metafórica como literalmente). Gracias por estar conmigo estos seis años. Gracias por todo tu amor.



Índice

Índice de Ecuaciones	ix
Índice de Figuras	x
Índice de Tablas	xi
Índice de Anexos	xiii
1 Introducción.....	1
2 Antecedentes	4
2.1 Comunidades de equinodermos.....	4
2.2 Equinodermos en el golfo de México y Veracruz.....	6
3 Justificación.....	8
4 Pregunta de investigación	9
5 Objetivos	10
5.1 Objetivo general.....	10
5.2 Objetivos particulares	10
6 Hipótesis	10
7 Área de estudio	11
8 Metodología.....	14
8.1 Fuente de datos.....	14
8.2 Procesamiento de datos	15
8.2.1 Representatividad del muestreo.....	15
8.2.2 Índices de diversidad alfa.....	16
8.2.3 Índices de diversidad beta.....	18
9 Resultados	20



9.1	Representatividad del muestreo	20
9.2	<i>Comunidad de equinodermos</i>	22
9.3	<i>Arrecifes</i>	23
9.4	<i>Zonas del parque</i>	26
9.5	<i>Profundidades</i>	28
9.6	<i>Años</i>	30
10	Discusión.....	33
11	Conclusiones.....	40
12	Recomendaciones.....	41
13	Referencias	41
14	Anexos	52



Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Proporción de especies	16
Ecuación 2. Índice de riqueza específica de Margalef.....	17
Ecuación 3. Índice de diversidad de Shannon.....	17
Ecuación 4. Índice de dominancia de Simpson	17
Ecuación 5. Índice de equidad de Pielou.....	17
Ecuación 6. Coeficiente de similitud cuantitativo de Sorenson.....	18



Índice de Figuras

Figura 1. Polígono del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.....	12
Figura 2. Arrecifes muestreados dentro del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano	15
Figura 3. Modelos de curvas de acumulación de especies de los arrecifes muestreados	21
Figura 4. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS), mostrando las relaciones de similitud entre los arrecifes muestreados.....	25
Figura 5. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS), mostrando las relaciones de similitud entre los años muestreados.....	32



Índice de Tablas

Tabla I. Coordenadas de los puntos de muestreo en los arrecifes del PNSAV	14
Tabla II. Índices de diversidad alfa aplicados a las matrices	17
Tabla III. Criterios de decisión para aplicar transformaciones basadas en la prueba Box & Cox	19
Tabla IV. Proporción de especies registradas de los arrecifes muestreados obtenido de los modelos Chao2, Jackknife2, MM y UGE.....	22
Tabla V. Índices de diversidad alfa de la matriz general	22
Tabla VI. Índices de diversidad alfa de los arrecifes muestreados.....	24
Tabla VII. Valores de similitud para la prueba de similitud cuantitativa de Sorenson (matriz triangular inferior) y valores de p en la prueba t de Hutcheson (matriz triangular superior) para las comparaciones de los arrecifes muestreados	24
Tabla VIII. Resultados del análisis PERMANOVA del grupo de arrecifes	25
Tabla IX. Resultados de la prueba SIMPER para el factor de arrecifes	26
Tabla X. Índices de diversidad alfa de las zonas del parque.....	27
Tabla XI. Resultados del análisis PERMANOVA del grupo zonas del parque .	27
Tabla XII. Índices de diversidad alfa de las profundidades muestreadas	29
Tabla XIII. Resultados del análisis PERMANOVA del grupo de profundidades.....	29
Tabla XIV. Índices de diversidad alfa de los años muestreados.....	30



Tabla XV. Valores de similitud para la prueba de similitud cuantitativa de Sorenson (matriz triangular inferior) y valores de p en la prueba T de Hutcheson (matriz triangular superior)	31
Tabla XVI. Resultados del análisis PERMANOVA del grupo de años.....	32
Tabla XVII. Valores de p por cada comparación de los años muestreados en el PERMANOVA.....	32
Tabla XVIII. Resultados de la prueba SIMPER para el factor de años.....	33



Índice de Anexos

Anexo A. Contribuciones de especies a las similitudes en la prueba SIMPER de los arrecifes muestreados.....	52
Anexo B. Contribuciones de especies a las similitudes en la prueba SIMPER de las zonas del parque.....	53
Anexo C. Contribuciones de especies a las similitudes en la prueba SIMPER de las profundidades muestreadas	53
Anexo D. Contribuciones de especies a las similitudes en la prueba SIMPER de los años muestreados.....	54

