

EQUINODERMOS ASOCIADOS A FORMACIONES ARRECIFALES EN ZIHUATANEJO Y ACAPULCO, GUERRERO, MÉXICO

Pablo Zamorano¹ y Gerardo E. Leyte-Morales²

1 Instituto Nacional de Ecología. Periférico Sur 5000, Col. Insurgentes Cuicuilco, México, D. F., 04530. México. pazaha@ola.icmyl.unam.mx

2 Universidad del Mar, Puerto Ángel, Oaxaca, 70902. México. vicadem@angel.umar.mx

RESUMEN

El conocimiento de los equinodermos de la región de Zihuatanejo y Acapulco, Guerrero, es escaso, y el existente refiere principalmente a listados taxonómicos. Con esos antecedentes, en este trabajo, se describió y caracterizó la comunidad de equinodermos asociada a arrecifes coralinos a partir de transectos de banda de 50 m de largo por 1 m de ancho. Durante 2004 se realizaron dos muestreos prospectivos (uno en época de lluvias y otro en época de secas). En total se registraron diez especies, tres asteroideos, seis echinoideos y un holoturoideo. La diversidad promedio obtenida en los 13 sitios estudiados ($1.036 \text{ bits ind}^{-1}$) se considera baja al compararla con la diversidad máxima posible ($3.322 \text{ bits ind}^{-1}$) debido a la dominancia del erizo negro *Diadema mexicanum* y la estrella de mar *Phataria unifascialis*, con densidades promedio de $1.45 \pm 0.60 \text{ ind m}^{-2}$ y $0.12 \pm 0.02 \text{ ind m}^{-2}$, respectivamente. Durante la época de estiaje se presentó la mayor diversidad, misma que se mantiene sin diferencias entre localidades. El arreglo espacial de la composición de especies de equinodermos obtenido por el análisis de escalamiento multidimensional denota la formación de cinco conglomerados de localidades, donde posiblemente el tipo de fondo y la cobertura arrecifal son las variables determinantes. Cuatro son las especies predominantes y frecuentes (*D. mexicanum*, *P. unifascialis*, *Toxopneustes roseus* y *Hesperocidaris asteriscus*) cuyas densidades se compararon con las obtenidas en otros sitios del Pacífico Tropical Oriental, presentaron en general valores inferiores para echinoideos y valores intermedios para el asteroideo analizado. Para el caso específico de *D. mexicanum*, se observaron diferencias en su densidad entre localidades, profundidades y épocas del año y aunque su densidad promedio ($1.45 \pm 0.60 \text{ ind m}^{-2}$) resultó inferior a lo registrado en otras zonas, se observó que en algunas localidades tales como Playa Coral, Caleta de Chon, Punta del Cerro Colorado y Zacatoso, la densidad del erizo se incrementa considerablemente durante la época de lluvias, debido a los cambios significativos que suceden en las variables ambientales consideradas, pero estas altas densidades sostienen una correlación positiva con la cobertura coralina, lo que habla de un ecosistema en equilibrio. También se detectó que en las localidades donde la actividad turística es mayor, como lo son Isla Roqueta, Ensenada de Llantos y Pichilingue, todas en Acapulco, la diversidad de equinodermos es baja, con valores inferiores a $0.6 \text{ bits ind}^{-2}$ y altas abundancias de *D. mexicanum*. Estos resultados y la experiencia que se tiene del caso de la bahía de Acapulco, sugieren que es momento de tomar medidas de política ambiental pertinentes para evitar que suceda lo mismo con los arrecifes de Ixtapa-Zihuatanejo, considerados a la fecha como los de mejor desarrollo en el Pacífico tropical mexicano.

PALABRAS CLAVE: Echinodermata, Arrecifes coralinos, Diversidad, *Diadema mexicanum*, Costa de Guerrero.



ABSTRACT

Echinoderms associated with reef formations in Zihuatanejo and Acapulco, Guerrero, Mexico. Knowledge of echinoderms from Zihuatanejo and Acapulco, Guerrero is currently limited to taxonomic listings. This work attempts to characterize better the community of these organisms associated to coral reefs in this region using band transects of 50 m length by 1 m width. Two samplings were carried out in 2004, one in the rainy season and other in the dry season. Ten species, three Asteroidea, six Echinoidea and one Holothuroidea, were found. The mean values obtained for diversity in the 13 study sites ($1.036 \text{ bits ind}^{-1}$) are considered low when compared with the maximum possible diversity ($3.322 \text{ bits ind}^{-1}$), and this is likely due to the dominance of the black sea urchin *Diadema mexicanum* and the starfish *Phataria unifascialis*, with densities reported of $1.45 \pm 0.60 \text{ ind m}^{-2}$ and $0.12 \pm 0.02 \text{ ind m}^{-2}$, respectively. The highest diversity was associated with low tide, which is not different between localities. The spatial arrangement of the echinoderm species composition obtained by the multidimensional scaling analysis denotes the formation of five conglomerates according to similarity, where the substratum and reef cover are the possible determinant variables. The four predominant species (*D. mexicanum*, *P. unifascialis*, *Toxopneustes roseus* and *Hesperocidaris asteriscus*), whose densities were compared with those of other sites of the Oriental Tropical Pacific, show, in general, inferior values for Echinoidea and intermediate values for the Asteroidea. For the specific case of *D. mexicanum*, there are differences in the densities between localities, depths, and time of year, and the mean value obtained of $1.45 \pm 0.60 \text{ ind m}^{-2}$ was low compared to densities recorded in other zones. Also, it was observed that in some localities, such as Playa Coral, Caleta de Chon, Punta del Cerro Colorado, and Zacatoso, the sea urchin densities increased considerably during the rainy season, and these high densities maintain a positive correlation with coral cover, which is indicative of a balanced ecosystem. It was also detected that in localities close to Acapulco, which undergo more tourist activity, such as Isla Roqueta, Ensenada de Llantos, and Pichilingue, the diversity of echinoderms is lower ($0.6 \text{ bits ind}^{-2}$) and the abundance of *D. mexicanum* is higher. These results, plus those of other studies at Acapulco Bay, suggest that pertinent actions should be taken to avoid similar phase shifts on reefs of Ixtapa-Zihuatanejo, which are currently considered to be the best developed in the Mexican Tropical Pacific.

KEY WORDS: Echinodermata, Coral reef, Diversity, *Diadema mexicanum*, Guerrero Coast.

INTRODUCCIÓN

La costa de Guerrero, en especial Acapulco, tradicionalmente se ha caracterizado por ser el centro turístico más importante del Pacífico mexicano, por lo que el crecimiento desmedido de la infraestructura turística ha causado impactos en el medio ambiente. Posteriormente se fomentó la creación de un nuevo destino recreativo al que se le conoce como Ixtapa-Zihuatanejo, este último, a diferencia de Acapulco, ha venido desarrollándose de forma más ordenada y con una previa planeación, lo que mantiene la calidad del paisaje, aunque en playas de fácil acceso como Las Gatas el impacto negativo es notorio.

A finales del siglo XX sólo se contaba con registros aislados de presencia de corales y fauna asociada (Salcedo-Martínez *et al.*, 1988; Reyes-Bonilla y López-Pérez, 1998). Ya en el siglo XXI, dada la presión ecológica a la que está sometida la costa de Guerrero y la escasa información que existe en relación a los recursos

naturales marinos y su manejo, se desarrolló un proyecto enfocado al estudio de los arrecifes coralinos en el Pacífico Tropical mexicano, entre éstos, la costa de Guerrero. Así se pudo determinar que debido al tamaño y a su elevada cobertura coralina, los arrecifes de Ixtapa-Zihuatanejo se pueden considerar entre los mejor preservados del Pacífico mexicano (Leyte-Morales *et al.*, 2006a), no así en Acapulco, donde no se encontraron formaciones arrecifales vivas y sí una dominancia de especies masivas invasoras sobre especies ramificadas (Leyte-Morales *et al.*, 2006b). Existen otros trabajos relacionados en la zona, por ejemplo Oseguera-Cruz (2004) describió la estructura comunitaria de corales hermatípicos en Caleta de Chon; Victoria-Salazar (2007) caracterizó los corales escleractíneos de la playa las Gatas; Hernández-Ramírez (2006) caracterizó morfológica y batimétricamente los arrecifes de Ixtapa-Zihuatanejo, resultando arrecifes jóvenes del tipo bordeante de hasta 40 ha de extensión, posicionándolos entre los de mayor tamaño del Pacífico mexicano; García-Ocampo (2005) estudió la dinámica y estructura de tallas de reclutas y con base en sus resultados determinó una distribución mayoritariamente aleatoria de las colonias, dominando las de talla pequeña, proponiendo baja sobrevivencia de colonias grandes, mortalidad o reclutamiento diferencial.

Otra parte importante del estudio de arrecifes coralinos es la fauna asociada, llámese bentónica, batipelágica, pelágica o críptica, en este punto, se conoce únicamente un estudio de la comunidad íctica de ocho localidades arrecifales en Zihuatanejo (López-Ortiz, 2007) y uno de la estructura comunitaria de gasterópodos en dos localidades de Zihuatanejo (Urbano-Alonso y Frago, 2004). Con respecto a los equinodermos asociados a arrecifes coralinos en Guerrero, tema en el que se centra el presente trabajo, los antecedentes aún son escasos y los que existen son producto de inventarios faunísticos (Salcedo-Martínez *et al.*, 1988) en los que se señala la presencia de 32 especies o bien contribuciones taxonómicas y descripción de nuevas especies (Caso, 1957, 1963, 1964, 1965). Los equinodermos son de suma importancia en los arrecifes coralinos, ya que principalmente erizos y estrellas de mar están muy ligados a los procesos de bioerosión, reclutamiento coralino y transferencia de energía en el ecosistema (Glynn *et al.*, 1978; Carreiro-Silva y McClanahan, 2001).

A pesar que algunos de estos antecedentes están en tesis y memorias de congreso, sirven como complemento del presente estudio y establecen las bases para el desarrollo de futuras investigaciones que permitan incrementar el conocimiento acerca de los ecosistemas de arrecife de coral de la costa de Guerrero. En esta contribución se describe y compara la diversidad de equinodermos asociados a arrecifes coralinos en la costa de Guerrero, una de las áreas menos estudiadas en la región del Pacífico mexicano; se establecen semejanzas y diferencias entre

las distintas localidades muestreadas ubicadas entre Acapulco y Zihuatanejo; y se compara la densidad poblacional de las especies más representativas de equinodermos entre profundidades, épocas del año y localidades.

ÁREA DE ESTUDIO

La costa de Guerrero, con una longitud de 470 km (Carranza-Edwards *et al.*, 1975) se ubica en el sureste de México y forma parte del Pacífico tropical mexicano (Fig. 1). El litoral es mayoritariamente rocoso con presencia de acantilados, playas arenosas pequeñas y numerosos morros aislados (Gracia y Lozano, 1980), se caracteriza por la presencia de una plataforma continental angosta con una fuerte pendiente (Weinborn, 1977). Está clasificada como costa de colisión continental con predominio de costas formadas por movimientos diastróficos (Carranza-Edwards *et al.*, 1975). La amplitud de la marea es de 51 a 60 cm (Pérez, 1967) y en conjunto con el levantamiento de las placas tectónicas (Carranza-Edwards *et al.*, 1975) han causado que masas de arrecife queden expuestas, ocasionado así su muerte. Se identifican una época de lluvias de junio a noviembre y una de secas de diciembre a mayo (Santamaría-Miranda *et al.*, 2003), la precipitación es de 800 mm.

Las localidades estudiadas, de norte a sur, fueron:

1. Punta del Cerro Colorado (17° 49' 49.8'' N y 101° 39' 30.8'' W). Ubicada en la parte norte de la isla Ixtapa. Es una comunidad arrecifal paralela a la costa donde los corales se encuentran creciendo sobre rocas rodeados de arena. Es una comunidad más larga que ancha, ya que el crecimiento coralino termina donde la arena cubre las piedras, a poca distancia de la costa.

2. Playa Coral (17° 40' 31.5'' N y 101° 39' 19.9'' W). Ubicada sobre la costa sureste de la isla Ixtapa frente a la playa del mismo nombre. El fondo es rocoso y sirve como basamento para el crecimiento de corales, mismo que termina en una plataforma de arena. La agregación de colonias de arrecifes se da en parches y su grosor llega a alcanzar 1 m sobre el sustrato. En la orilla se encontró durante las visitas una franja de coral totalmente emergida y expuesta al aire.

3. Zacatoso (17° 39' 14.5'' N y 101° 37' 18.7'' W). Se encuentra ubicada en la costa oeste de un islote del mismo nombre. Es una de las localidades que presentó mayor cobertura coralina, aunque se encuentra sobre fondo rocoso; su crecimiento vertical ha sido suficiente como para cubrirlo completamente y comenzar a formar estructuras tridimensionales distintas al contorno del fondo tales como macizos y canales. El arrecife termina en una plataforma arenosa donde se encuentran colonias aisladas de coral, mientras que en la orilla el arrecife termina donde toca la pared de piedra del islote.

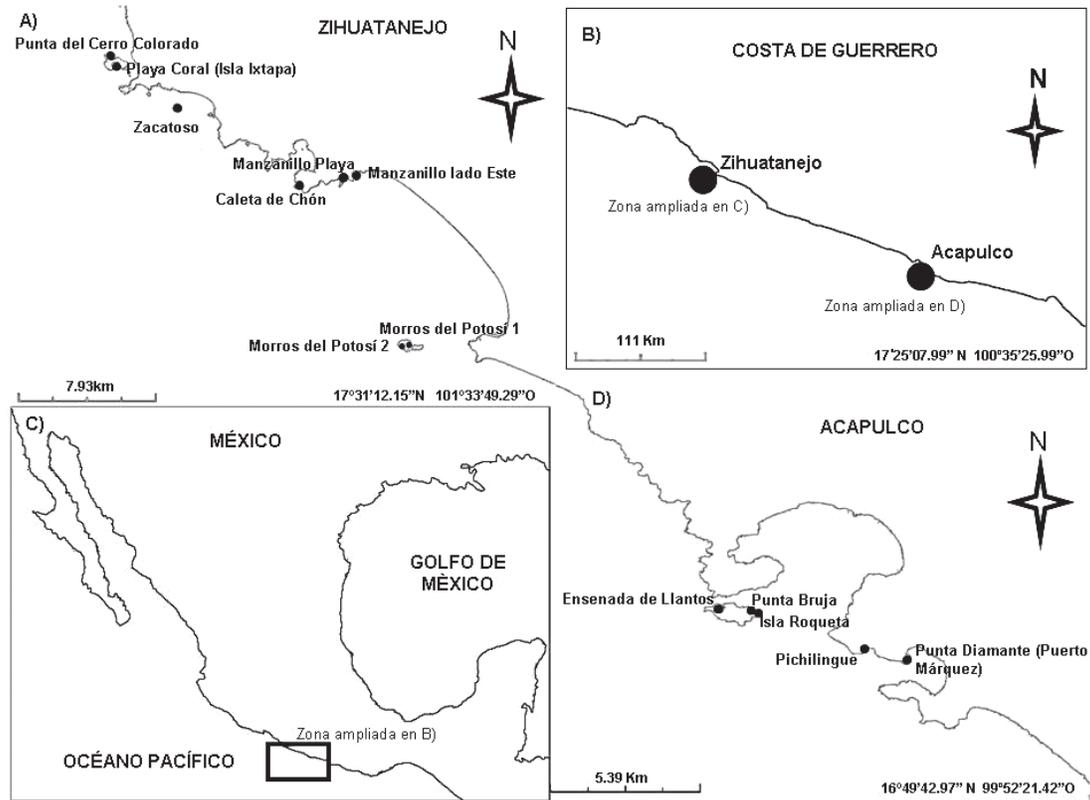


Figura 1. Ubicación geográfica de las trece localidades de muestreo en la costa de Guerrero. A) Zihuatanejo; B) Costa de Guerrero; C) México; D) Acapulco. Modificado de Google Earth, 2008.

4. Manzanillo Este ($17^{\circ} 37' 14.5''$ N y $101^{\circ} 31' 26.4''$ W). Se ubica al este de la bahía de Zihuatanejo frente a la playa del mismo nombre. Es uno de los arrecifes coralinos más grandes de la zona ya que cubre más de cinco hectáreas con alrededor de 100 m de ancho. Se ubica sobre una plataforma de pendiente moderada. El fondo está compuesto de rocas sobre las cuales crece el coral y el arrecife termina en una plataforma de arena.

5. Manzanillo playa ($17^{\circ} 37' 12''$ N y $101^{\circ} 31' 26.4''$ W). Ubicada en la parte oeste de la playa Manzanillo. Se puede considerar como una extensión del arrecife de Manzanillo lado este, sin embargo el ancho de la superficie cubierta es menor ya que no pasa de 50 m y su profundidad es superior.

6. Caleta de Chon ($17^{\circ} 36' 54.4''$ N y $101^{\circ} 33' 17.7''$ W). Ubicada al este de la bahía de Zihutanejo en la localidad del mismo nombre. Existen colonias de coral en ambos márgenes de la caleta, con mejor desarrollo en el lado este. Presenta crecimiento coralino importante en cuanto a su extensión horizontal ya que cubre desde la orilla hasta los 6 m de profundidad, empero su crecimiento vertical es reducido y no pasa de 0.5 m de espesor. En ciertas partes se observa la matriz rocosa sobre las cuales se establecieron las colonias de coral. El fondo es una plataforma inclinada sin cambios abruptos que destacar y el arrecife termina en campo arenoso.

7. Morros de Potosí 1 ($17^{\circ} 32' 00.7''$ N y $101^{\circ} 29' 43.7''$ W). De las localidades consideradas en este estudio es la que más alejada se encuentra de la costa y es intermedia entre los arrecifes de Zihuatanejo y los de Acapulco. Su posición marca el inicio de una pendiente abrupta y el fondo está constituido por rocas y guijarros (Salcedo-Martínez *et al.*, 1988).

8. Morros de Potosí 2 ($17^{\circ} 32' 00.6''$ N y $101^{\circ} 29' 52.8''$ W). Un segundo morro ubicado al sur de Morros de Potosí 1 que comparte características con el anteriormente descrito.

9. Ensenada de Llantos ($16^{\circ} 49' 24.4''$ N y $99^{\circ} 54' 49.7''$ W). Ubicada a dos kilómetros del centro del puerto de Acapulco y comparte características con la localidad de Isla Roqueta.

10. Punta Bruja ($16^{\circ} 49' 21.2''$ N y $99^{\circ} 54' 12.6''$ W). Con características similares a Isla Roqueta.

11. Isla Roqueta ($16^{\circ} 49' 19.9''$ N y $99^{\circ} 54' 03.1''$ W). Ubicada frente a la bahía de Santa Lucía muy cerca de las playas de Caleta y Caletilla de Acapulco, tiene una superficie aproximada de 8 km², constituida por un macizo rocoso fijo, con textura áspera y una pendiente promedio de 35.18° (García-Ibáñez *et al.*, 2007).

12. Pichilingue ($16^{\circ} 48' 36.5''$ N y $99^{\circ} 51' 53''$ W). Se ubica al noreste de la bahía de Puerto Marqués. Tiene una extensión de 366 m de largo, es una playa protegida por la bocana de la bahía.

13. Punta Diamante ($16^{\circ} 48' 22.4''$ N y $99^{\circ} 51' 00.4''$ W). También conocida como Puerto Marqués, se localiza al sureste del puerto de Acapulco y forma parte de un sistema hidrológico constituido por tres cuerpos de agua interiores que desembocan cerca de la zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos muestreos, uno en secas (febrero 2004) y uno en lluvias (agosto de 2004) en 13 localidades ubicadas entre Acapulco y Zihuatanejo. En cada localidad se censó a dos profundidades (somero: < 6 m; profundo: ≥ 6 m) y se registró la presencia y abundancia de las especies de equinodermos observadas a lo largo de un transecto de 50 m de largo por 1 m de ancho. Los transectos se ubicaron de forma paralela a la costa para mantener la misma profundidad. El muestreo fue sistemático y el punto de inicio se seleccionó al azar. La cantidad de transectos en cada localidad dependió de las condiciones climáticas y la profundidad del sustrato arrecifal. En el mes de febrero en Isla Roqueta sólo se realizó un transecto; en Manzanillo Este, Punta del Cerro Colorado y Morros de Potosí 1 fueron dos transectos; en Caleta de Chon y Zacatoso tres transectos; y en Manzanillo Playa y Playa Coral un total de cuatro transectos. Para el mes de agosto: en Pichilingue, Punta Diamante, Ensenada

de Llantos y Punta Bruja, donde la presencia de arrecifes no sobrepasó los 6 m de profundidad, sólo se realizó un transecto; en Morros de Potosí 1 y 2, Zacatoso, Playa Coral y Punta del Cerro Colorado fueron dos transectos (somero y profundo) y en Caleta de Chon, donde el arrecife alcanzó mayor profundidad, se realizaron tres transectos.

Efectuados los censos, se procedió a calcular parámetros comunitarios como el número de especies, densidad (ind m^{-2}), riqueza de especies de Margalef, equitatividad de Pielou, diversidad de Shannon por localidad y temporada de muestreo. Además, se calculó la diversidad máxima (H'_{max}) a partir del \log_2 del número de especies (Buzas y Hayek, 1996).

No fue posible muestrear todas las localidades en ambas temporadas, por lo que para el análisis comparativo sólo se tomaron en cuenta aquellas cinco localidades donde sí se logró, estas son: Morros de Potosí 1, Playa Coral, Zacatoso, Caleta de Chon y Punta del Cerro Colorado. Con estos cinco sitios y tomando en cuenta la diversidad de Shannon calculada, se realizó un análisis de varianza de dos vías ($\alpha= 0.05$) donde los factores fueron temporada y localidad. Posteriormente, con datos de presencia-ausencia de las especies en todas las localidades, independientemente de la estación de muestreo, se procedió a detectar similitudes por la técnica de escalamiento multidimensional (MDS) desarrollada a partir de una matriz de similitud de distancias de Bray-Curtis (Bray y Curtis, 1957) y se realizó un análisis de clasificación como complemento del MDS.

En estudios donde se ha comparado el MDS con otras técnicas de ordenamiento como el Análisis de Componentes Principales (PCA) y el análisis de Promedios Recíprocos (RA) se ha deducido que es el método que mejores resultados ha ofrecido (Gaugh y Whittaker, 1972; Fasham, 1977). La confiabilidad de la configuración 2D obtenida para describir las similitudes entre localidades a partir del MDS, se evaluó con la interpretación del valor de estrés (Kruskal, 1964).

Ya establecidas las relaciones entre localidades, con un ANDEVA factorial de tres vías, se evaluó la acción de la localidad, la profundidad y la época del año sobre la densidad de las especies identificadas como dominantes (D_m) (Picard, 1965) y frecuentes (F) (Glémarec, 1964). Los análisis estadísticos se realizaron con los paquetes computacionales STATISTICA 5.1 (Hill y Lewicki, 2005) y PRIMER 5 (Clarke y Warwick, 1994).

RESULTADOS

Durante los muestreos prospectivos en los arrecifes de Guerrero se logró identificar un total de diez especies de equinodermos (tres asteroideos, seis equinoideos y un holoturoideo) (Tabla 1). Las especies más abundantes fueron *Diadema*

mexicanum y *Phataria unifascialis* con 2589 y 202 organismos respectivamente, constituyendo el 94 % de los individuos muestreados. En ninguna localidad se identificaron las diez especies registradas. El máximo número de especies fue de siete y se presentó en Zacatoso y Manzanillo playa en época de estiaje, mientras que el mínimo número de especies se observó en Isla Roqueta en época seca, con tan sólo dos especies (*Hesperocidaris asteriscus* y *Diadema mexicanum*). La diversidad más alta se encontró en Zihuatanejo en la playa de Manzanillo durante la época de estiaje, con un valor de H' de 1.881 bits ind⁻¹, valor inferior a la máxima diversidad posible, de $H'_{max} = 3.322$ bits ind⁻¹. Lo anterior indica que la diversidad de equinodermos obtenida a partir de los transectos sobre los arrecifes de Guerrero es baja. La diversidad promedio fue de 1.036 bits ind⁻¹ siendo mínima (0.037) en Isla Roqueta en secas. Por otro lado, la máxima equitatividad se registró en Punta del Cerro Colorado en el muestreo de febrero (0.870) que no coincidió con la localidad con mayor diversidad como se señaló anteriormente. Se observó que durante la época de estiaje, la diversidad presentó una tendencia a decrecer conforme la latitud disminuye, mientras que durante lluvias, no se evidenció un patrón definido (Tabla 2). Se observaron diferencias significativas en la diversidad en las cinco estaciones muestreadas en ambas temporadas ($F_{1,8} = 9.258$, $p = 0.016$), siendo la diversidad promedio mayor durante febrero (1.598). Sin embargo no se detectaron diferencias entre localidades ($F_{4,5} = 0.315$, $p > 0.05$).

A partir del análisis de escalamiento multidimensional y contemplando únicamente la presencia o ausencia de las especies de equinodermos en las 13 localidades, independientemente de la temporada de muestreo, se pudo deducir que existen cinco conglomerados referentes a su similitud de especies de equinodermos (Figura 2). El primer grupo está conformado únicamente por Isla Roqueta (IR); el segundo por Punta Diamante (PD) y Morros de Potosí 2 (MP2); el tercero por Ensenada de Llantos (ELL) y Punta Bruja (PB); el cuarto conformado por cinco localidades [Manzanillo Playa (MAP), Punta del Cerro Colorado (PCC), Pichilingue (PI), Morros de Potosí 1 (MP1) y Playa Coral (PC)] y el último por Zacatoso (Z), Manzanillo este (MAE) y Caleta de Chon (CC). El valor de estrés resultante (0.08) sugiere un modelo de interpretación de datos “bueno” según el ámbito considerado por Kruskal (1964), siendo el modelo de configuración bidimensional adecuado para describir las similitudes entre las localidades. Este hecho se comprueba con la similitud de conformación de grupos en la clasificación, donde con al menos 70 % de similitud se obtienen los mismos cinco conglomerados (Figura 3).

Tabla 1. Abundancia total por especie de equinodermos en 13 localidades de la costa de Guerrero durante la temporada de secas (febrero de 2004) y lluvias (agosto de 2004). Donde: IR = Isla Roqueta; MAE = Manzanillo lado Este; MPI = Morros de Potosí 1; MAP = Manzanillo Playa; PC = Playa Coral; Z = Zacatoso; CC = Caleta de Chón; PCC = Punta de Cerro Colorado; PB = Punta Bruja; ELL = Ensenada de Liantos; PD = Punta Diamante; PI = Pichilingue; MPII = Morros de Potosí 2.

Localidad Especies	Temporada de secas											Temporada de lluvias										
	IR	MAE	MPI	MAP	PC	Z	CC	PCC	PB	ELL	PD	PI	PCC	PC	CC	Z	MPII	MPI				
<i>Pentacaster cumingi</i>	0	1	0	2	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
<i>Pharia pyramidata</i>	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
<i>Phataria unifascialis</i>	0	8	32	10	15	5	14	8	13	3	4	4	17	3	0	12	26	28				
<i>Hesperodaris asteriscus</i>	1	8	8	6	9	2	15	0	0	0	2	2	3	1	2	1	14	0				
<i>Centrostephanus coronatus</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0				
<i>Diadema mexicana</i>	252	25	76	49	38	57	89	2	15	142	62	274	51	115	113	1100	97	32				
<i>Toxopneustes roseus</i>	0	1	8	10	4	5	4	4	0	2	4	2	3	2	1	0	2	14				
<i>Echinometra vanbruniti</i>	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
<i>Echinometra oblonga</i>	0	0	0	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
<i>Isostichopus fuscus</i>	0	0	0	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				

Tabla 2. Valores obtenidos en 13 localidades de la costa de Guerrero durante la temporada de secas (febrero de 2004) y la temporada de lluvias (agosto de 2004). Donde: S = número de especies; N = número de organismos; riqueza de especies de Margalef; J' = equitatividad de Pielou; H'(log₂) = diversidad de Shannon en bits por individuos; H' max = diversidad máxima; PCC = Punta de Cerro Colorado; PC = Playa Coral; Z = Zacatoso; MAE = Manzanillo Este; MAP = Manzanillo Playa; CC = Caleta de Chon; MP1 = Morros de Potosí 1; MP2 = Morros de Potosí 2; ELL = Ensenada de Llantos; PB = Punta Bruja; IR = Isla Roqueta; PI = Pinchilingue; PD = Punta Diamante; ^f = temporada de secas; ^a = temporada de lluvias.

Localidad	S	N	Riqueza de especies	J'	H'(log ₂)	H' max
PCC ^f	3	14	0.758	0.870	1.379	1.585
PCC ^a	4	74	0.697	0.616	1.233	2.000
PC ^f	6	70	1.177	0.717	1.853	2.585
PC ^a	4	121	0.626	0.178	0.357	2.000
Z ^f	7	86	1.347	0.601	1.688	2.807
Z ^a	3	1113	0.285	0.061	0.096	1.585
MAE ^f	5	43	1.063	0.693	1.610	2.322
MAP ^f	7	82	1.362	0.670	1.881	2.807
CC ^f	6	126	1.034	0.547	1.414	2.585
CC ^a	3	116	0.421	0.124	0.197	1.585
MP1 ^f	6	129	1.029	0.641	1.656	2.585
MP1 ^a	3	74	0.465	0.951	1.508	1.585
MPII ^f	5	140	0.809	0.555	1.289	2.322
ELL ^a	3	147	0.401	0.156	0.247	1.585
PB ^a	3	29	0.594	0.743	1.178	1.585
IR ^f	2	253	0.181	0.037	0.037	1.000
PI ^a	4	282	0.532	0.114	0.229	2.000
PD ^a	4	72	0.701	0.396	0.793	2.000

Se observó que en los arrecifes de Guerrero cuatro especies son las predominantes: *Diadema mexicanum*, *Phataria unifascialis*, *Toxopneustes roseus* y *Hesperocidaris asteriscus* (Tabla 3); *D. mexicanum* presentó diferencias en su densidad entre localidades ($F_{4,3} = 265.17$, $p = 0.0004$), profundidad ($F_{1,3} = 362.65$, $p = 0.0003$) y época del año ($F_{1,3} = 343.36$, $p = 0.0003$), presentándose la mayor densidad en Zacatoso (21.3 ind m⁻²) en la parte profunda, durante la época de lluvias. Por su parte *P. unifascialis* presentó diferencias significativas únicamente por profundidad ($F_{1,10} = 12.77$, $p < 0.005$) siendo mayor a profundidades iguales o superiores a 6 m. *T. roseus* y *H. asteriscus* no presentaron ninguna diferencia entre las variables analizadas.

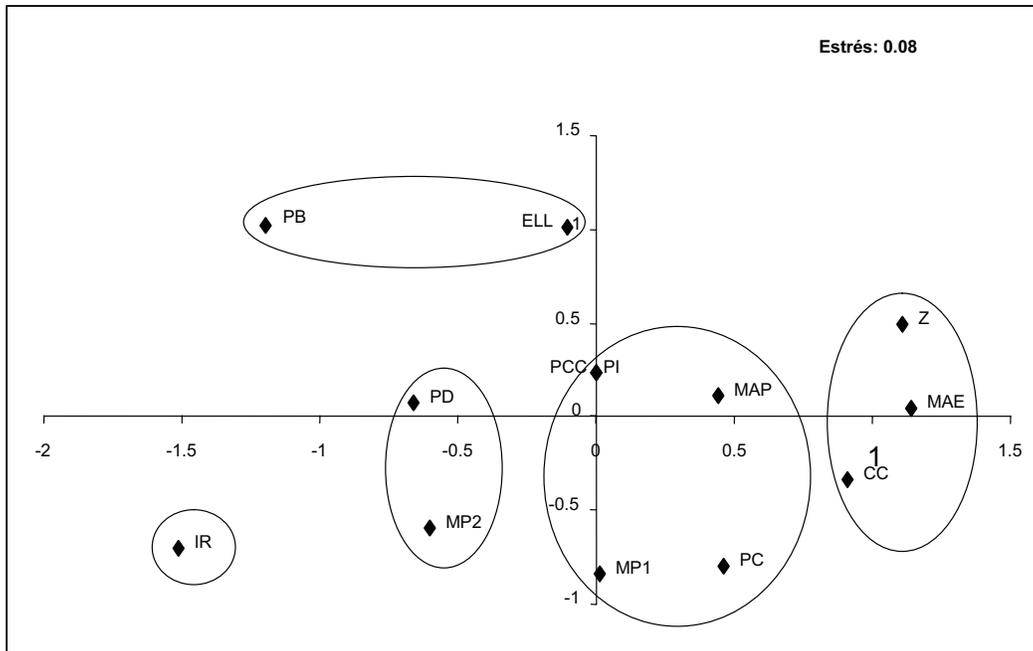


Figura 2. Modelo en dos dimensiones del Análisis de Escalamiento Multidimensional (MDS) obtenido a partir de la composición de especies de equinodermos asociados a arrecifes coralinos en 13 localidades de la costa de Guerrero durante el 2004. Donde: PCC = Punta de Cerro Colorado; PC = Playa Coral; Z = Zacatoso; MAE = Manzanillo Este; MAP = Manzanillo Playa; CC = Caleta de Chon; MP1 = Morros de Potosí 1; MP2 = Morros de Potosí 2; ELL = Ensenada de Llantos; PB =Punta Bruja; IR = Isla Roqueta; PI = Pinchilingue; PD = Punta Diamante.

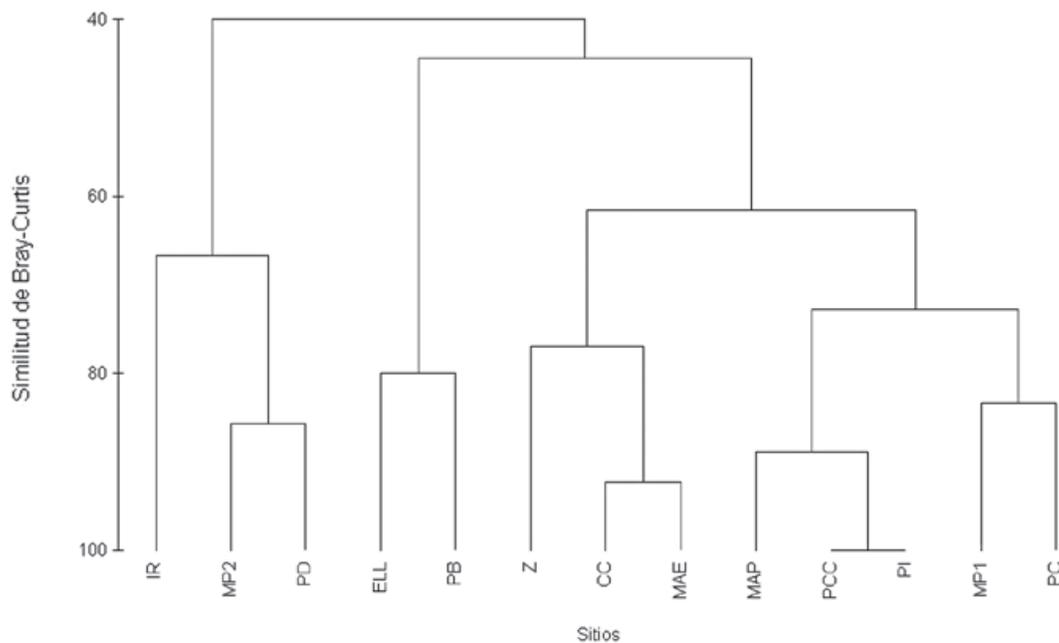


Figura 3. Análisis de clasificación obtenido a partir de la composición de especies de equinodermos asociados a arrecifes coralinos en 13 localidades de la costa de Guerrero durante el 2004. Donde: PCC = Punta de Cerro Colorado; PC = Playa Coral; Z = Zacatoso; MAE = Manzanillo Este; MAP = Manzanillo Playa; CC = Caleta de Chon; MP1 = Morros de Potosí 1; MP2 = Morros de Potosí 2; ELL = Ensenada de Llantos; PB =Punta Bruja; IR = Isla Roqueta; PI = Pinchilingue; PD = Punta Diamante.

Tabla 3. Valores de dominancia (Dm) y frecuencia (F) para las especies de equinodermos de acuerdo con Picard (1965) y Glémarec (1964), respectivamente. *Especies que cumplieron con los supuestos de dominantes (Dm>1) y frecuentes (F>10).

Espece	Dominantes (Dm)	Frecuentes (F)
<i>Pentaceraster cumingi</i>	0.27	22.22
<i>Pharia pyramidata</i>	0.17	11.11
<i>Phataria unifascialis</i> *	6.80	88.89
<i>Hesperocidaris asteriscos</i> *	2.49	77.78
<i>Centrostephanus coronatus</i>	0.10	16.67
<i>Diadema mexicanum</i> *	87.14	100.00
<i>Toxopneustes roseus</i> *	2.22	83.33
<i>Echinometra vanbrunti</i>	0.40	5.56
<i>Echinometra oblonga</i>	0.24	11.11
<i>Isostichopus fuscus</i>	0.17	16.67

DISCUSIÓN

Seis de las 32 especies de equinodermos registradas en fondos rocosos de Zihuatanejo por Salcedo-Martínez *et al.* (1988), se observaron en este estudio (*Diadema mexicanum*, *Hesperocidaris asteriscus*, *Phataria unifascialis*, *Toxopneustes roseus*, *Echinometra vanbrunti* e *Isostichopus fuscus*). La diferencia se debe a que en la actual contribución sólo se trabajó con especies pertenecientes a la epifauna, donde es difícil encontrar ofiuros o pequeños holoturios que viven entre y por debajo de colonias de corales (Zamorano y Leyte-Morales, 2005a). La diversidad promedio de equinodermos en arrecifes de Guerrero es significativamente más alta durante la época de estiaje debido a que en cuatro de las cinco localidades que se muestrearon durante ambas épocas del año (con excepción de Morros de Potosí 1), la abundancia de *D. mexicanum* se incrementó, por ejemplo, en Playa Coral pasó de 38 organismos a 115, en Caleta de Chon de 89 a 113, en Punta del Cerro Colorado de 2 a 51 organismos y el incremento más drástico sucedió en Zacatoso donde aumentó en casi 2000 %, pasando de 57 en secas a 1100 erizos en lluvias, estas diferencias, vistas en términos de densidad, son significativas ($F_{1,3} = 343.36$, $p = 0.0003$). Lo anterior causa que la dominancia de cierta especie sea mayor y por consiguiente la equitatividad y la diversidad se reduzcan, pero ¿a qué se debe este incremento significativo de la densidad de *D. mexicanum* en los arrecifes de Guerrero?, en siguientes párrafos se tratará esta pregunta.

En un estudio sobre moluscos presentes en el mesolitoral rocoso de la playa Troncones en el Estado de Guerrero (Flores-Rodríguez *et al.*, 2007), se documentó un comportamiento inverso al observado para equinodermos en este estudio, los autores en comento concluyen que al aumentar la precipitación la densidad promedio

de un bivalvo en especial tiende a disminuir al mismo tiempo que se incrementa la diversidad biológica, empero para un gasterópodo carnívoro, como el caracol púrpura, su densidad aumenta. Los autores plantean que al aumentar la precipitación, la competencia por el sustrato también y con esto la diversidad, sin embargo se puede interpretar que al aumentar la precipitación y disminuir la densidad deberá haber mayor espacio y menor competencia, por lo que otra causa puede ser estrés por la disminución de la salinidad junto con los períodos de desecación y mayor temperatura durante el verano. Estos resultados no aplican para nuestro estudio, ya que se observó que la especie herbívora, *D. mexicanum*, fue la que aumentó su densidad. La competencia con alguna otra especie de equinodermos tampoco aplica porque los resultados obtenidos sugieren que ni para el erizo rosa *T. roseus*, ni el erizo mina *H. asteriscus*, ni la estrella de mar *P. unifascialis*, todos considerados como predominantes y frecuentes en los arrecifes de Guerrero, se registraron diferencias significativas entre épocas del año. Con relación a las variables ambientales, donde los análisis comparativos entre secas y lluvias resultaron con diferencias estadísticamente significativas con un incremento en la temperatura durante lluvias ($F_{1,12} = 569.79$, $p < 0.05$) y un decremento tanto de la salinidad ($F_{1,12} = 33.33$, $p < 0.05$), como del contenido de oxígeno en el agua ($F_{1,12} = 7.41$, $p < 0.05$) y de la transparencia ($F_{1,9} = 9.24$, $p < 0.05$) durante la misma época (Leyte-Morales *et al.*, 2006a), parecen ser la causa principal de este incremento de la densidad poblacional de *D. mexicanum*, debido al estrés que experimentan al someterse a cambios drásticos de parámetros ambientales.

La densidad promedio del erizo *D. mexicanum* guarda una correlación positiva con la cobertura coralina encontrada por Leyte-Morales *et al.* (2006a) ($R^2 = 0.682$, $F_{1,6} = 10.73$, $p = 0.022$); así en Zacatoso, localidad que presentó la mayor cobertura coralina (89.6 %), también se registró la mayor densidad promedio de *D. mexicanum* (6.03 ind m²). Lo anterior es contrario a lo documentado en otros trabajos donde el repentino incremento de la densidad de *D. mexicanum* responde a mortalidades coralinas ocasionadas, por ejemplo, por la presencia de eventos de El Niño (Glynn, 1988; Guzmán y Cortés, 1992; Reyes-Bonilla *et al.*, 2002), por las actividades humanas, la contaminación que generan los centros urbanos y el deterioro de la calidad del agua (Glynn y Leyte-Morales, 1997; Reyes-Bonilla y Leyte-Morales, 1998) o por el crecimiento repentino de algas sobre las colonias de coral, lo que abre una nueva fuente de alimento para los erizos herbívoros que realizan movimientos para hacer uso del nuevo recurso disponible (Zamorano y Leyte-Morales, 2005b). Con estos antecedentes y comparándolas con la dinámica observada en el área de estudio, se puede suponer que a pesar de que las densidades de erizos se incrementen de una época del año a otra, no han llegado a ser determinantes en el desequilibrio de las comunidades arrecifales estudiadas, ya que éstas mantienen valores importantes de cobertura coralina.

Por lo anterior se concluye de manera general que los cambios observados en la temperatura, salinidad, contenido de oxígeno y transparencia del agua, alteran la densidad poblacional del erizo *D. mexicanum* durante las dos épocas del año, pero este incremento no afecta a las formaciones coralinas. Espacialmente hablando, no se encontraron diferencias significativas en la estructura de la comunidad de equinodermos entre los distintos arrecifes; esto indica que son parte de un mismo sistema con origen común y expuesto a condiciones similares, por lo que es posible suponer que en la costa de Guerrero los efectos oceanográficos locales son de mayor influencia que los de origen regional.

Los cinco conglomerados detectados con al menos 70 % de similitud pueden deberse a condiciones locales, como el perfil o la cobertura del arrecife, el grado de estrés antropogénico al que están sometidas las localidades o a la dominancia de cierta especie de equinodermo. Sobre la base de esta información se discutirán los resultados obtenidos.

El primer grupo es unitario y está conformado por Isla Roqueta (IR), dicha localidad mantiene su mayor similitud con Morros de Potosí 2 y Punta Diamante con 65 %, mientras que con las restantes diez localidades, apenas alcanza el 40 %. De acuerdo al MDS se observa que es la localidad con menor riqueza de especies, apenas dos y con una clara dominancia de *D. mexicanum*, lo que la hace la localidad con menores diversidad y equitatividad y mayor dominancia, índices ecológicos que explican la diferencia con las otras localidades. Se sabe por historia que IR, en más de 50 años ininterrumpidos de crecimiento y desarrollo turístico, ha sido la playa que más visitas recibe en la zona por su cercanía a las de Caleta y Caletilla en la bahía de Acapulco y por la presencia de la Virgen de los Mares que también recibe importante cantidad de visitas anuales y por consiguiente bañistas que gustan del buceo autónomo y libre. De acuerdo a comentarios locales, IR ha sido la principal fuente de extracción para comercialización de arrecife lo que ha causado que no existan ya más formaciones coralinas y queden únicamente relictos de las especies que alguna vez constituyeron el arrecife. Además, IR por las mismas condiciones anteriormente descritas, se ha comportado como una localidad donde el alto aporte de materia orgánica, favorece al crecimiento de algas y con esto la colonización de especies de peces e invertebrados herbívoros, que en grandes densidades pueden causar desequilibrio en estos ecosistemas (Zamorano y Leyte-Morales, 2005b) o debilitar la estructura calcárea, haciéndola susceptible a la invasión de organismos horadores que también causan bioerosión interna en las colonias de coral (Reaka-Kudla *et al.*, 1996; Zamorano *et al.*, 2006).

El segundo grupo está constituido por Punta Diamante (PD) y Morros de Potosí 2 (MP2). En PD no se detectaron formaciones arrecifales vivas y se observó una baja cobertura de especies de corales ramificados *Pocillopora* spp. (7.14 %)

en contraste con las especies masivas que cuentan con el 28.8 % de cobertura (Leyte-Morales *et al.*, 2006b); la riqueza de equinodermos es de cuatro especies (*P. unifascialis*, *H. asteriscus*, *T. roseus* y *D. mexicanum*, este último con una abundancia de 62 individuos). Mientras que en MP2 se reconoció una riqueza de cinco especies, cuatro de las cuales también se registraron en PD, siendo la única especie extra en la localidad *Centrostephanus coronatus*. En MP2 la equitabilidad (0.555) habla de una menor dominancia de *D. mexicanum* (69 % de la abundancia relativa).

El tercer grupo lo representan Ensenada de Llantos (ELL) y Punta Bruja (PB), localidades ubicadas en Acapulco que sólo se muestrearon durante época de lluvias. En ambas localidades se registraron tres especies, dos de las cuales se comparten (*D. mexicanum* y *P. unifascialis*), estos sitios se encuentran muy próximos (a menos de 100 m de distancia), de ahí el 80 % de similitud que presentan.

El cuarto grupo identificado está conformado por cinco localidades: tres de Zihuatanejo (Punta del Cerro Colorado, Manzanillo Playa y Playa Coral), una intermedia (Morros de Potosí 1) y una en Acapulco (Pichilingue). Aquí llama la atención que entre Punta del Cerro Colorado y Pichilingue, a pesar de los 115 km que las separan, presentan un 100 % de similitud causado por la presencia de tres especies (*P. unifascialis*, *D. mexicanum* y *T. roseus*), debido posiblemente al fondo rocoso que favorece su alimentación.

El quinto y último grupo está conformado por Zacatoso (Z), Manzanillo Este (MAE) y Caleta de Chon (CC), los tres pueden ser considerados como arrecifes consolidados con pequeñas colonias aisladas, aunque sin una zonación clara (Oseguera-Cruz, 2004; Leyte-Morales *et al.*, 2006a), además que cuenta con la mayor cobertura coralina de la costa de Guerrero. Presentaron una riqueza de equinodermos de entre cinco y siete especies. En las tres localidades, su diversidad durante la época seca fue superior, sin embargo en época de lluvias en Z y CC, la diversidad disminuyó drásticamente (0.096 y 0.197, respectivamente), lo que las coloca como localidades sensibles a cambios climáticos locales. Entre ellas existe una distancia aproximada de 7.5 km y su similitud fue de 73 % compartiendo cinco especies (*P. cumingi*, *P. unifascialis*, *H. asteriscus*, *T. roseus* y *D. mexicanum*). Para *D. mexicanum* la abundancia relativa en estiaje fue semejante (66.3 % para Z y 70.6 % para CC), al igual que en lluvias (97.4 % para Z y 98.8 % para CC).

Las especies de equinodermos mejor representadas en los arrecifes de la costa de Guerrero son tres erizos y una estrella de mar, para cada una de estas especies se establecieron comparaciones con datos registrados en otros arrecifes del Pacífico Oriental Tropical (Tabla 4). Para *Diadema mexicanum*, llama la atención que los valores registrados en la costa de Guerrero son muy inferiores a lo registrado en Isla de Cocos (Guzmán y Cortés, 1992) y en Panamá (Glynn, 1988). En estas referencias, las altas densidades responden al evento de El Niño de 1982-83 que

facilitó un mayor reclutamiento de erizos en las zonas arrecifales, para Guerrero no se cuenta con datos anteriores a eventos de El Niño 1982-83 o 1997-98 que permitan describir el comportamiento y la respuesta que esta población tiene ante dichos fenómenos.

En el caso de *Hesperocidaris asteriscus*, es una especie que ha tenido poco estudio de manera general en el Pacífico Tropical y por ello sus valores se comparan con *Eucidaris thouarsii*, miembro de la misma familia y que ocupa nichos muy similares. Destaca en este caso que la densidad registrada en Guerrero resultó inferior a otras zonas del Pacífico mexicano y por mucho a las islas Galápagos donde juega un papel determinante en la bioerosión del arrecife (Reaka-Kudla *et al.*, 1996), las bajas densidades de este echinoideo en general de México y en específico de Guerrero (Tabla 4) es alentador en relación con la bioerosión.

De los escasos datos con los que se cuenta sobre la densidad de *Toxopneustes roseus* en el Pacífico mexicano, se muestran valores inferiores a 0.05 ind m⁻², y aunque es una especie conspicua, comúnmente observada en los arrecifes coralinos, no representa un riesgo o rol importante en estos ecosistemas y sus costumbres están más relacionadas a sustratos arenosos. Las densidades de la estrella de mar (*Phataria unifascialis*) en los arrecifes de Guerrero se puede considerar como intermedia si se compara con otras localidades del Pacífico Oriental Tropical.

En general, se observa que las densidades para *D. mexicanum* y *H. asteriscus* registradas en los arrecifes de Guerrero son inferiores a lo encontrado en otras zonas del Pacífico Oriental Tropical, por lo que a reserva de ser corroborado con estudios propios de bioerosión, salud de ecosistemas y depredación de arrecifes de coral en la zona, se puede argumentar que la densidad de estos erizos no es crítica para el desarrollo de las comunidades arrecifales que guardan valores altos de cobertura coralina, al menos para Ixtapa-Zihuatanejo. Esto habla de un ecosistema fundamentalmente sano y en equilibrio pero con una amenaza tangible causada por el crecimiento de la infraestructura urbano-turístico-recreativa que día a día incrementa el vertimiento de aguas residuales y desechos sólidos en cuerpos de agua adyacentes. En otros ecosistemas, como la laguna costera de Tres Palos cercana a Acapulco, en treinta y dos años ha pasado de ser eutrófica a hipereutrófica (De la Lanza-Espino *et al.*, 2008), y considerando que este tipo de ecosistemas mantiene una comunicación con la zona marina del área de estudio, no extrañaría que en un futuro estos arrecifes se vean afectados, por lo que es necesario tomar las medidas pertinentes e idear instrumentos de política ambiental que permitan la conservación, protección y manejo integral de los ecosistemas que durante años han sido la principal fuente de ingresos económicos del estado de Guerrero.

Tabla 4. Comparación de la densidad de las especies de equinodermos representativas de las costa de Guerrero con datos de otras localidades del Pacífico Oriental Tropical.

Localidad/Especies	Densidad (ind m ⁻²)				Fuente
	<i>Diadema mexicanum</i>	<i>Eucidaris thourarsii</i>	<i>Toxopneustes roseus</i>	<i>Phataria unifascialis</i>	
La Entrega, Oax., Méx	5.96	0.46	0.02		Zamorano y Leyte-Morales (2005b)
La Entrega, Oax., Méx.	6.80				Herrera-Escalante <i>et al.</i> (2005)
Isla Montosa, Oax. Méx.	3.00				Herrera-Escalante <i>et al.</i> (2005)
Isla Cacaluta, Oax., Méx.	1.80				Herrera-Escalante <i>et al.</i> (2005)
San Agustín, Oax., Méx.	1.00				Herrera-Escalante <i>et al.</i> (2005)
Jicaral-Chichacual, Oax., Méx.	0.90				Herrera-Escalante <i>et al.</i> (2005)
Costa de Colima, Méx.	1.70				Espino-Barr <i>et al.</i> (1996)
Isla del Caño, Costa Rica	1.15				Guzmán (1988)
Parque Nacional Marino Ballena, Costa Rica	1.03	0.01-0.03		0.01-0.05	Alvarado y Fernández (2005)
Isla Uva, Panamá	1.89				Eakin (1996)
Isla Cocos, Costa Rica	11.40				Guzmán y Cortés (1992)
Isla Uva, Panamá	50.00-156.00	5-30			Glynn (1988)
Colombia	0.01-2.27				Vargas-Ángel, 2003
Cabo Pulmo, B.C.S., Méx.		0.17			Reyes-Bonilla y Calderón-Aguilera (1999)
Espíritu Santo, B. C. S., Méx.			0.036	0.019	González-Medina <i>et al.</i> (2006)
La Entrega, Oax., Méx.				0.005	Zamorano (2004)
La Paz, B. C. S., Méx.				0.30	Herrera-Escalante <i>et al.</i> (2006)
La Paz, B. C. S., Méx.				0.079	Reyes-Bonilla <i>et al.</i> (2005)

Localidad/Especies	Densidad (ind m ⁻²)				Fuente
	<i>Diadema mexicanum</i>	<i>Eucidaris thouarsii</i>	<i>Toxopneustes roseus</i>	<i>Phataria unifasciatis</i>	
Bahía de los Ángeles, B. C. S., Méx.				0.196	Reyes-Bonilla <i>et al.</i> (2005)
Santa Rosalía, B. C. S., Méx.				0.172	Reyes-Bonilla <i>et al.</i> (2005)
Loreto, B. C. S., Méx.				0.229	Reyes-Bonilla <i>et al.</i> (2005)
Loreto, B. C. S., Méx.	0.02	0.025			Holguín-Quiñones <i>et al.</i> (2000)
Islas Galápagos, Ecuador		35			Reaka-Kudla <i>et al.</i> (1996)
Islas Galápagos, Ecuador		12-27			Ruttenberg (2001)
Costa de Guerrero, Méx.	1.45	0.05	0.03	0.12	Este trabajo

AGRADECIMIENTOS

El proyecto fue financiado por fondos mixtos de Guerrero (FOMIX GUE 2002) “Prospección de comunidades coralinas de las costas de Guerrero” con clave FOMIXGUE 2002-CO1-5342. Se agradecen los comentarios y apoyo brindado durante los muestreos de Andrés R. López Pérez, Héctor Reyes Bonilla, Luz María Hernández Ballesteros, Paola Rodríguez Troncoso, Héctor A. Hernández Ramírez, María del Rosario García Ocampo, Linda M. Barranco Servín, Ariadna Montserrat López Ortiz y Marcela Elizande Rendón. A Pablo D. Vega García por la elaboración del mapa. A Vianey Mata de los Santos por su apoyo en el laboratorio de Ecología del Bentos de la Universidad del Mar. A Jorge Douglas Brandon Pliego por la revisión del inglés. A la Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel que apoyó con el equipo y la infraestructura para realizar la investigación. A dos revisores anónimos que con sus comentarios enriquecieron el manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, J. J. y C. Fernández. 2005. Equinodermos del Parque Nacional Marino Ballena, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 53: 275-284.
- Bray, J. R. y J. T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 27: 325-349.
- Buzas, M. A. y L. A. C. Hayek. 1996. Biodiversity resolution: An integrated approach. *Biod. Lett.*, 3: 40-43.
- Carranza-Edwards, A., M. Gutiérrez-Estrada y R. Rodríguez-Torres. 1975. Unidades morfo-tectónicas continentales de las costas mexicanas. *An. Cent. Cienc. Mar Limnol.*, 2: 81-88.
- Carreiro-Silva, M. y T. R. McClanahan. 2001. Echinoid bioerosion and herbivory on Kenyan coral reefs: the role protection from fishing. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 262: 133-153.
- Caso, M. E. 1957. Contribución al conocimiento de los holoturoideos de México. III. Algunas especies de holoturoideos litorales de la costa Pacífica de México. *An. Inst. Biol.*, 28: 309-338.
- Caso, M. E. 1963. Contribución al conocimiento de los holoturoideos de México. Descripción de una nueva especie de holoturia de un nuevo subgénero (*Paraholoturia n. sg.*). *An. Inst. Biol.*, 34: 367-380.
- Caso, M. E. 1964. Contribución al conocimiento de los holoturoideos de México. Descripción de un nuevo subgénero del género *Microthele* (*Paramicrothele*) *zihuatanensis*. *An. Inst. Biol.*, 35: 105-114.
- Caso, M. E. 1965. Estudio sobre los equinodermos de México. Contribución al conocimiento de los holoturoideos de Zihuatanejo y de la Isla de Ixtapa. *An. Inst. Biol.*, 36: 253-291.
- Clarke, K. R. y R. M. Warwick. 1994. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environment Research Council. Hutchings and Mason Ltda, Plymouth, Reino Unido. 144 p.
- De la Lanza-Espino, G., J. Alcocer-Durán, J. L. Moreno-Ruiz y S. Hernández-Pulido. 2008. Análisis químico-biológico para determinar el estatus trófico de la laguna de Tres Palos, Guerrero, México. *Hidrobiológica*, 18: 21-30.

- Eakin, C. M. 1996. Where have all the carbonate gone? A model comparison of calcium carbonate budgets before and after the 1982-1983 El Niño at Uva Island in the Eastern Pacific. *Coral Reefs*, 15: 109-119.
- Espino-Barr, E. R., R. Cibrián-Rodríguez y A. García-Boa. 1996. Estructura de la población del erizo tinta *Diadema mexicanum* en el litoral rocoso del estado de Colima. *Cienc. Pesq.*, 12: 60-67.
- Fasham, M. J. R. 1977. A comparison of nonmetric multidimensional scaling, principal components and reciprocal averaging for the ordination of simulated coenoclines, and coenoplanes. *Ecology*, 58: 551-561.
- Flores-Rodríguez, P., R. Flores-Garza, S. García-Ibáñez y A. Valdés-González. 2007. Variación en la diversidad malacológica del mesolitoral rocoso en Playa Troncones, La Unión, Guerrero, México. *Rev. Mex. Biod.*, 78: 33-40.
- García-Ibáñez, S., P. Flores-Rodríguez, R. Flores-Garza y A. Valdés-González. 2007. Dispersión espacial de *Plicopurpura patula pansa* en playas rocosas del estado de Guerrero, México. *Rev. Mex. Biod.*, 78: 15-21.
- García-Ocampo, M. R. 2005. Patrones de reclutamiento de las colonias juveniles de coral del género *Pocillopora* Lamarck 1816 (Anthozoa: Scleractinia), en cinco localidades de Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero, México. Tesis profesional, Universidad del Mar, Oaxaca, México. 56 p.
- Gaugh, H. G. y R. H. Whittaker. 1972. Comparison of ordination techniques. *Ecology*, 53: 868-875.
- Glémarec, M. 1964. Bionomie benthique de la partie orientale du golfe du Morbihand. *Cah. Biol. Mar.*, 5: 33-96.
- Glynn, P. W. 1988. El Niño, coral mortality and reef framework destruction by echinoid bioerosion in the Eastern Pacific. *Galaxea*, 7: 129-160.
- Glynn, P. W. y G. E. Leyte-Morales. 1997. Coral reef of Huatulco, West Mexico: reef development in upwelling Gulf of Tehuantepec. *Rev. Biol. Trop.*, 45: 1033-1047.
- Glynn, P. W., G. M. Wellington y C. Birkeland. 1978. Coral reef growth in the Galápagos limitation by sea urchin. *Science*, 203: 47-49.
- González-Medina, F. J., O. E. Holguín-Quiñones y G. De la Cruz-Agüero. 2006. Variación espaciotemporal de algunos macroinvertebrados (Gastropoda, Bivalvia y Echinodermata) de fondos someros del archipiélago Espíritu Santo, Baja California Sur, México. *Cienc. Mar.*, 32: 33-44.
- Google Earth. 2008. www.earth.google.com. 16/07/2008.
- Gracia, A. y E. Lozano. 1980. Alimentación del bagre marino *Netuma platypogon* y su importancia como indicador de reclutamiento de postlarvas de langosta (Decapoda: Palinuridae), Guerrero, México. *An. Centro Cienc. Mar Limnol.*, 7: 199-206.
- Guzmán, H. M. 1988. Distribución y abundancia de organismos coralívoros en los arrecifes coralinos de la isla del Caño, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 36: 191-207.
- Guzmán, H. M. y J. Cortés. 1992. Cocos Island (Pacific of Costa Rica) coral reefs after the 1982-1983 El Niño disturbance. *Rev. Biol. Trop.*, 40: 309-324.
- Hernández-Ramírez, H. A. 2006. Estructura de la comunidad coralina en cinco localidades de Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero, México. Tesis profesional, Universidad del Mar, Oaxaca, México. 56 p.
- Herrera-Escalante, T., R. A. López-Pérez y G. E. Leyte-Morales. 2005. Bioerosion caused by the sea urchin *Diadema mexicanum* (Echinodermata: Echinoidea) at Bahías de Huatulco, Western Mexico. *Rev. Biol. Trop.*, 53: 263-273.

- Herrera-Escalante, T., H. Reyes-Bonilla, F. A. García-Domínguez y M. D. Herrero-Pérez. 2006. Dinámica poblacional y reproducción de la estrella de mar *Phataria unifascialis* (Gray 1843) en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. 70. En: SOMAC (Ed.). Memorias del III Congreso Mexicano de Arrecifes de Coral, Cancún, Quintana Roo, México. 92 p.
- Hill, T. y P. Lewicki. 2006. Statistics methods and applications. A comprehensive reference for science, industry, and data mining. StatSoft, Inc. Tulsa, Estados Unidos. 828 p.
- Holguín-Quiñones, O., H. Wright-López y F. Solís-Marín. 2000. Asteroidea, Echinoidea y Holothuroidea en fondos someros de la Bahía de Loreto, Baja California Sur, México. Rev. Biol. Trop., 48: 749-750.
- Kruskal, J. B. 1964. Nonmetric multidimensional scaling: a numerical method. Psychometrika, 2: 115-129.
- Leyte-Morales, G. E., L. M. Hernández-Ballesteros, R. A. López-Pérez, H. Reyes-Bonilla y L. E. Calderón-Aguilera. 2006a. Arrecifes coralinos de las costas de Guerrero: Ixtapa-Zihuatanejo. 29. . En: SOMAC (Ed.). Memorias del III Congreso Mexicano de Arrecifes de Coral. Cancún. 92 p.
- Leyte-Morales, G. E., L. M. Hernández-Ballesteros, R. A. López-Pérez, H. Reyes-Bonilla y L. E. Calderón-Aguilera. 2006b. Arrecifes coralinos de las costas de Guerrero: Acapulco. 29. En: SOMAC (Ed.). Memorias del III Congreso Mexicano de Arrecifes de Coral, Cancún, Quintana Roo, México. 92 p.
- López-Ortiz, A. M. 2007. Estructura de la comunidad de peces de arrecifes en ocho localidades de Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero, México. Tesis profesional, Universidad del Mar. Oaxaca, México. 66 p.
- Oseguera-Cruz, J. M. 2004. Estructura comunitaria de corales hermatípicos en Caleta de Chon, Zihuatanejo, Guerrero, México. Tesis profesional, Univ. Nal. Autón. Méx., México D. F. 92 p.
- Pérez, G. 1967. Algas de la familia Coralinacea (División Rodophyta) de la bahía de Zihuatanejo. Tesis profesional, Univ. Nal. Autón. Méx. México D. F. 115 p.
- Picard, J. 1965. Recherches qualitatives sur les biocénoses marines des substrats meubles dragables de la région marseillaise. Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume, 36: 1-160.
- Reaka-Kudla, M. L., J. S. Feingold y W. Glynn. 1996. Experimental studies of rapid bioerosion of coral reefs in the Galápagos Islands. Coral Reefs, 15: 101-107.
- Reyes-Bonilla, H. y L. E. Calderón-Aguilera. 1999. Population density, distribution, and consumption rates of three corallivores at Cabo Pulmo Reef, Gulf of California. Mar. Ecol., 20: 347-357.
- Reyes-Bonilla, H. y G. E. Leyte-Morales. 1998. Corals and coral reefs of the Puerto Ángel region, west coast of Mexico. Rev. Biol. Trop., 46: 679-681.
- Reyes-Bonilla, H. y R. A. López-Pérez. 1998. Biogeography of the stony corals (Scleractinia) of the Mexican Pacific. Cienc. Mar., 24: 211-224.
- Reyes-Bonilla, H., J. D. Carriquiry, G. E. Leyte-Morales y A. L. Cupul-Magaña. 2002. Effects of the El Niño-Southern Oscillation and the Anti-El Niño event (1997-1999) on coral reefs of the western coast of Mexico. Coral Reefs, 21: 368-372.
- Reyes-Bonilla, H., A. González-Azcárraga y A. Rojas-Sierra. 2005. Estructura de las asociaciones de las estrellas de mar (Asteroidea) en arrecifes rocosos del Golfo de California, México. Rev. Biol. Trop., 53: 233-244.
- Ruttenberg, B. I. 2001. Effects of artisanal fishing on marine communities in the Galapagos Islands. Conserv. Biol., 15: 1691-1699.
- Salcedo-Martínez, S., G. Green, A. Gamboa-Contreras y P. Gómez. 1988. Inventario de macroalgas y macroinvertebrados bénticos, presentes en áreas rocosas de la región de Zihuatanejo, Guerrero, México. An. Inst. Cienc. Mar Limnol., 15: 73-96.

- Santamaría-Miranda, A., J. F. Elorduy-Garay y A. A. Rojas. 2003. Hábitos alimentarios de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) en las costas de Guerrero, México. *Rev. Biol. Trop.*, 51: 503-517.
- Urbano-Alonso, B. y D. Fragoso. 2004. Estructura comunitaria de gasterópodos de dos localidades de Zihuatanejo, Guerrero, México. 106-107. En: Rodríguez-Gil, L. A. (Ed.). Resúmenes de la IX Reunión Nacional de Malacología y Conquilonología Dr. Antonio García-Cubas Gutiérrez, Mérida, Yucatán, México. 141 p.
- Vargas-Ángel, B. 2003. Coral community structure off the Pacific coast of Colombia: onshore vs offshore coral reefs. *Atoll Res. Bull.*, 499: 1-21.
- Victoria-Salazar, I. 2007. Caracterización de la comunidad de corales scleractinios de la playa Las Gatas, Zihuatanejo, Guerrero, México: fisiografía y estructura comunitaria. Tesis profesional, Univ. Nal. Autónoma de México, México D. F. 52 p.
- Weinborn, J. A. 1977. Estudio preliminar de la biología, ecología y semicultivo de los palinúridos de Zihuatanejo, Gro., México. *Panulirus gracilis* Streets y *Panulirus inflatus* (Bouvier). *An. Cent. Cienc. Mar Limnol.*, 4: 27-79.
- Zamorano, P. 2004. Evaluación de la comunidad actual de moluscos y equinodermos asociados al coral *Pocillopora damicornis* y comparación con la comunidad de 1994, en el arrecife de La Entrega, Huatulco. Tesis profesional, Universidad del Mar, Oaxaca, México. 80 p.
- Zamorano, P. y G. E. Leyte-Morales. 2005a. Cambios en la diversidad de equinodermos asociados al arrecife coralino de La Entrega, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*, 9: 19-28.
- Zamorano, P. y G. E. Leyte-Morales. 2005b. Densidad poblacional de cuatro especies de erizo (Echinodermata: Echinoidea) en el arrecife de La Entrega, Oaxaca. *Oceánides*, 20: 65-72.
- Zamorano, P., N. A. Barrientos-Luján y G. E. Leyte-Morales. 2006. Cambios en diversidad y abundancia de especies dominantes de moluscos en la zona coralina de La Entrega, Oaxaca. *Oceánides*, 21: 101-111

FECHA DE RECEPCIÓN: 31/03/08

FECHA DE ACEPTACIÓN: 23/06/09