

## Riqueza y distribución de equinodermos en los arrecifes del norte y sur de Veracruz, México

Carlos González-Gándara<sup>1</sup>, Francisco Alonso Solís-Marín<sup>2</sup>, Vicencio de la Cruz-Francisco<sup>1</sup>, Alejandro Granados-Barba<sup>3</sup>, José de Jesús Salas-Pérez<sup>1</sup>, Jimmy Argüelles-Jiménez<sup>1</sup> & Pastor Alberto Escárcega-Quiroga<sup>1</sup>

1. Laboratorio de Arrecifes Coralinos, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Campus Tuxpan, Universidad Veracruzana. Carr. Tuxpan-Tampico km 7.5, Col. Universitaria CP 92860, Tuxpan, Veracruz, México; cggandara@hotmail.com
2. Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz”, Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML), Universidad Nacional Autónoma de México, Apdo. Post. 70-305, México, D.F. 04510, México; fasilis@cmarl.unam.mx
3. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana. Hidalgo No. 617, CP. 94290, Veracruz, Veracruz, México; agranados@uv.mx

Recibido 30-V-2014. Corregido 03-X-2014. Aceptado 13-XI-2014.

**Abstract: Richness and distribution of echinoderms from northern and southern reef systems in Veracruz, Mexico.** Echinoderms are a key element in the structure and function of their ecosystems. To study composition and distribution of echinoderms from northern (Blanquilla, Medio, Lobos and Blake) and southern (La Perla, Zapotitlan, Palo Seco and Tripie) reefs of Veracruz, Mexico, 539 visual censuses and 770 collects distributed in different habitats of each reef were done from March to December 2013 using free and SCUBA diving. To evaluate spatial differences at different scales (type reef, reef and habitat), a similarity analysis was done using Jaccard index and NMDS. 45 species of 34 genera and 26 families were recorded, including five new records for Veracruz. Ophiuroidea (15 species) and Echinoidea (13 species) showed more species. Northern reefs presented more species (40 species) than southern reefs (27 species). By locality, Lobos reef presented the greatest richness (31 species) and Tripie (7 species) the poorest. NMDS at type reef separated the three type reefs, at reef scale fringing reefs were divided from platform and submerged reefs. At habitat scale, shallow zones were separated from deep areas, *Thalassia* beds and reef flat from slopes and there were not differences between habitats in fringing reefs except in the sunken ship. The fauna of echinoderms associated to reefs of State of Veracruz is composed by 54 species. The type of reef and the characteristics of substrate and depth are very important to define the richness and spatial distribution of echinoderms. *Rev. Biol. Trop.* 63 (Suppl. 2): 183-193. Epub 2015 June 01.

**Key words:** Echinoderms, Reefs, Gulf of Mexico, Atlantic Ocean.

Los equinodermos constituyen un grupo de organismos marinos típicamente bentónicos (Pawson, Vance, Messing, Solís-Marín & Mah, 2009) que pueden ocupar un amplio espectro de ambientes oceánicos y aunque no son exclusivos de las formaciones arrecifales, con frecuencia utilizan estos ecosistemas para establecerse (Hendler, Miller, Pawson & Kier, 1995). En estos ambientes, los equinodermos constituyen un elemento clave en la estructura y funcionamiento, ya que no solo participan

en la trama trófica (Solís-Marín & Laguarda-Figuera, 2011) controlando las poblaciones de algas que compiten por espacio para facilitar el reclutamiento de los corales escleractinios (Muthiga & McClanahan, 2013) sino también intervienen activamente en el proceso de bioerosión, el cual es fundamental para el reciclamiento de carbonato de calcio (Appana & Vuki, 2003; 2006; Steneck, 2013).

Las costas del estado de Veracruz se ubican en la parte suroccidental del Golfo de México

y presentan un amplia gama de hábitats, entre los cuales destacan los ecosistemas arrecifales (Abarca Arenas, Cruz, Franco-López, González-Gándara & Silva-López, 2012), que se distribuyen en tres grandes áreas: norte, centro y sur (Ortiz-Lozano et al., 2013), las dos primeras han sido declaradas como áreas naturales protegidas (DOF, 1992; 2009) y la última fue propuesta como tal por la CONANP en 2009 tomando como referencia su riqueza biológica potencial, sin embargo no hay datos suficientes sobre esa diversidad en los sistemas del norte y aún menos en los del sur.

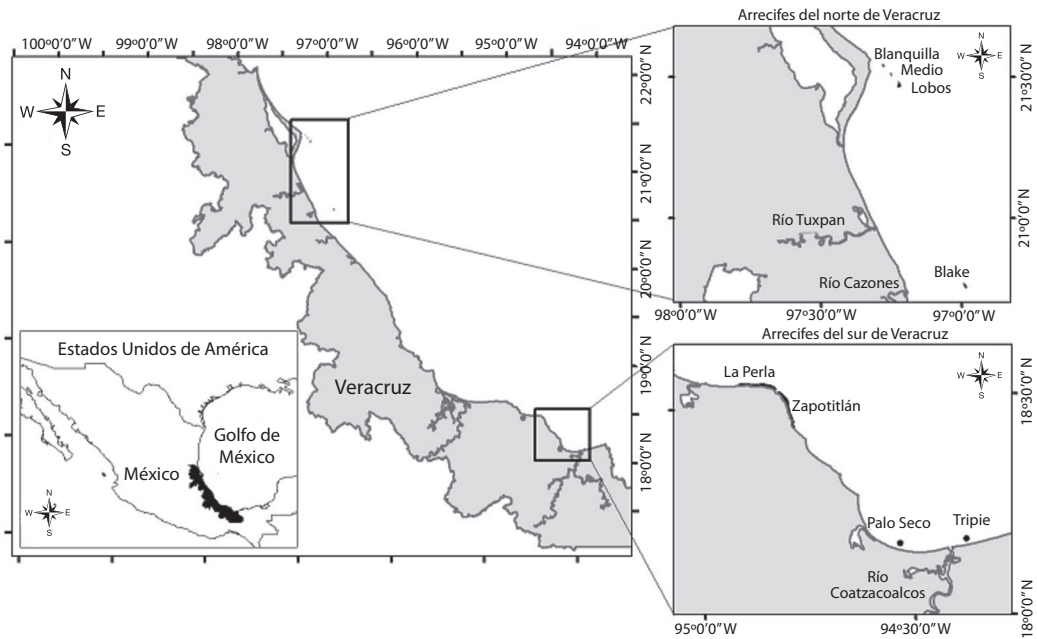
Los estudios sobre equinodermos del Golfo de México datan del siglo XIX (Solís-Marín & Laguarda-Figueras, 2011). Hasta el momento se tiene un registro de 522 especies, lo cual denota una diversidad relativamente alta y componentes faunísticos compartidos con el Caribe (Pawson et al., 2009) debido entre otras causas a la presencia de arrecifes coralinos y a la influencia de la provincia caribeña. Para el estado de Veracruz existe un registro de 100 especies de equinodermos (Solís-Marín & Laguarda-Figueras, 2011), casi el 50% de ellas se han observado en los sistemas arrecifales del centro de Veracruz (Solís-Marín, Laguarda-Figueras & Gordillo, 2007; Tunnell Jr. et al., 2007; Solís-Marín & Laguarda-Figueras, 2011). Sin embargo, el conocimiento que se tiene de este grupo taxonómico en los arrecifes veracruzanos aún es incipiente, particularmente si se considera que son áreas naturales protegidas o en proceso de serlo. El objetivo de este trabajo consiste en aportar datos sobre la composición de los equinodermos asociados a los sistemas arrecifales del norte (Blanquilla, Medio, Lobos y Blake) y sur de Veracruz (La Perla, Zapotitlán, Palo Seco y Tripie) México, incluyendo una comparación de su riqueza y distribución con base en el tipo de arrecife y los hábitats de cada uno de ellos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para generar el inventario de los equinodermos se realizaron un total de 14 expediciones de marzo a diciembre de 2013. Durante

éstas se efectuaron 539 censos visuales distribuidos en los arrecifes: Blanquilla (57 censos), Medio (51 censos), Lobos (89 censos), Blake (116 censos), La Perla (58 censos), Zapotitlán (62 censos), Palo Seco (62 censos) y Tripie (48 censos) (Fig. 1) cuyas características generales se citan en el cuadro 1. En cada sistema se realizaron exploraciones mediante la técnica del buzo errante durante 20 minutos a través de buceo libre, en las zonas con profundidad menor a 2 m y con equipo autónomo SCUBA en las zonas profundas. Los censos fueron distribuidos en los sistemas tomando como referencia sus atributos, para los arrecifes sumergidos se utilizaron estratos de profundidad (5 - 10 m; 10.1 - 15 m, 15.1 - 20 m, 20.1 - 25 m y > 25 m); para los sistemas de tipo plataforma, se consideraron tres zonas: planicie, pendiente de barlovento y pendiente de sotavento (excepto para Lobos, donde se estudió también la zona de pastos marinos); y para los arrecifes marginales se determinaron los ambientes tomando como referencia los grupos morfofuncionales dominantes. Para La Perla se definieron cuatro hábitats: Barco hundido (PB); Roca, algas y arena (PRAA); Roca, algas y zoántidos (PRAZ) y Roca, algas y corales (PRAC). En el arrecife Zapotitlán se definieron cuatro ambientes: Roca y macroalgas (ZRM); Roca coralina (ZRC); Rocas algas y arena (ZRAA), y Roca, zoántidos y corales (ZRZC).

Adicionalmente se recolectaron 770 organismos a mano, hurgando cuidadosamente entre el sustrato, especialmente durante el día y ocasionalmente por la noche. Los ejemplares fueron narcotizados con hidrato de cloral a concentraciones variables ( $1\text{gr}^{-1}$  de agua de mar) en función de la talla de los especímenes. Los asteroideos y equinoideos se fijaron en formaldehído diluido en agua de mar (5 - 8 %) mientras que los crinoideos y holoturoideos en alcohol etílico al 96 %. Para la identificación se utilizaron las obras de: Hendler et al. (1995), Solís-Marín et al. (2007), Pawson y Pawson (2008) y Laguarda-Figueras, Hernández-Herrejón, Solís Marín y Durán-González (2009). La organización taxonómica siguió los criterios de Pawson et al. (2009). La nomenclatura fue



**Fig. 1.** Localización geográfica de los arrecifes del norte y sur de Veracruz, México.  
**Fig. 1.** Geographic location of northern and southern reefs from Veracruz, Mexico.

actualizada de acuerdo a la World Register of Marine Species ([www.marinespecies.org](http://www.marinespecies.org)). Los especímenes fueron depositados en la Colección de Invertebrados de la Universidad Veracruzana (Clave: DF-CC-279-13) y dos de ellos en la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. Ma. Elena Caso Muñoz” del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM (Clave: DFE.IN.035.0797). Los datos obtenidos mediante los censos visuales y las colectas se reunieron para hacer una comparación de las comunidades de cada sistema utilizando el índice de Jaccard y el Escalamiento Multidimensional No Métrico (EMNM) a través del coeficiente de Bray-Curtis. Para esto se utilizó el programa PAST (Hammer, Harper & Ryan, 2006), considerando datos de presencia-ausencia de cada especie.

## RESULTADOS

Los equinodermos de los arrecifes coralinos del norte y sur de Veracruz están

representados por 45 especies pertenecientes a 34 géneros y 26 familias. Las clases Ophiuroidea y Echinoidea presentaron el mayor número de especies con 15 y 13 respectivamente. De acuerdo con los censos visuales y las colectas, el número de especies de equinodermos fue mayor para los arrecifes del norte (40 especies) en comparación con los del sur (27 especies). Agrupando a los sistemas arrecifales por su geomorfología, se detectan valores más altos de la riqueza en los sistemas tipo plataforma (34 especies) y los más bajos en los marginales (24 especies). A escala de arrecifes, la mayor riqueza fue observada en las formaciones: Lobos y Blake; y la menor en las formaciones: Medio y Tripie (Cuadro 2). Entre los resultados destacan los nuevos registros para el Estado de Veracruz de: *Copidaster lymani* A. H. Clark, 1948, *Poraniella echinulata* (Perrier, 1881), *Mithrodia clavigera* (Lamarck, 1816) pertenecientes a la clase Asteroidea; *Ophioderma rubicunda* Lütken, 1856 de la clase Ophiuroidea y *Ocnus surinamensis* (Semper, 1868) de la clase Holothuroidea.

CUADRO 1  
Descripción de los arrecifes del norte y sur de Veracruz

TABLE 1  
Description of northern and southern reefs of Veracruz

	Arrecife	Tipo de arrecife	Características principales
Arrecifes del norte	Blanquilla	Plataforma	Formación localizada a los 21°32'24.80 N - 97°16'44.67 W, con una longitud de 1.2 km, anchura de 0.5 km y profundidad máxima de 20 m. Presenta una planicie de roca coralina y restos de coral con escasa cobertura coralina. La pendiente de barlovento dominada por roca coralina con una cubierta algal y pequeñas colonias de <i>Montastraea cavernosa</i> y <i>Pseudodiploria strigosa</i> . La pendiente de sotavento presenta corales masivos representados por: <i>M. cavernosa</i> y <i>Colpophyllia natans</i> así como esponjas.
	Medio	Plataforma	Arrecife ubicado a los 21°30'32.75 N - 97°15'02.64 W, con una longitud máxima de 1.3 km, anchura de 0.5 km y profundidad máxima de 20 m. La planicie posee roca coralina y cantos rodados con áreas coralinas de: <i>Millepora alcicornis</i> y <i>Acropora palmata</i> . La pendiente de barlovento formada de roca coralina con colonias de: <i>M. cavernosa</i> y <i>P. strigosa</i> . La pendiente de sotavento con corales masivos representados por: <i>Orbicella annularis</i> , <i>M. cavernosa</i> , <i>C. natans</i> y <i>Siderastrea siderea</i> .
	Lobos	Plataforma	Esta formación se localiza a los 21°28'23.55 N - 97°13'19.35 W, tiene una longitud de 3 km, anchura de 1 km y profundidad máxima de 30 m Presenta una planicie cubierta en un 90 % por <i>Thalassia testudinum</i> así como colonias de <i>Porites porites</i> y <i>P. clivosa</i> . La pendiente de barlovento está cubierta de roca coralina y algunas colonias de corales. La pendiente de sotavento presenta corales masivos representados por: <i>O. annularis</i> , <i>Orbicella faveolata</i> , <i>C. natans</i> y <i>Pseudodiploria strigosa</i> .
	Blake	Banco sumergido	Este arrecife se ubica a los 20°45'30 N - 96°59'40 W, tiene una longitud máxima de 2.5 km, anchura de 1 km y profundidad máxima de 35 m Presenta una planicie con estructuras rocosas de tamaño variable así como colonias de corales representados por: <i>Porites astreoides</i> , <i>P. strigosa</i> y <i>M. cavernosa</i> . Las pendientes de barlovento y sotavento están dominadas por roca coralina y algunas colonias coralinas de: <i>M. cavernosa</i> , <i>O. annularis</i> , <i>C. natans</i> , <i>S. siderea</i> , <i>Madracis decactis</i> y <i>Agaricia lamarcki</i> .
Arrecifes del sur	La Perla	Marginal	Esta formación se localiza a los 18°32'32.56 N - 94°49'24.65 W, tiene una longitud aproximada de 7 km, anchura de 0.3 km y profundidad máxima de 9 m. Se desarrolla sobre roca de origen volcánico y posee una planicie somera con áreas de roca plana y arena así como otras más heterogéneas que forman laberintos rocosos con canales de arena. Destaca el encallamiento de un barco (Barco Viejo) así como los ambientes de <i>Zoanthus pulchellus</i> , planicies rocosas con colonias aisladas de <i>P. clivosa</i> y <i>P. strigosa</i> además de pequeñas pendientes cubiertas de algas e hidroides.
	Zapotitlán	Marginal	Este arrecife se ubica a los 18°30'07.58 N - 94°46'47.15W, tiene una longitud aproximada de 6.5 km, anchura de 0.3 km y profundidad máxima de 8 m Contiene una planicie con pequeñas pendientes y laberintos rocosos. Entre los ambientes arrecifales destacan las zonas de planicies rocosas con colonias aisladas de <i>P. clivosa</i> y <i>P. strigosa</i> así como áreas de <i>Palithoa caribaeorum</i> .
	Palo Seco	Banco sumergido	Arrecife localizado a los 18°10'33.10 N - 94°31'32.3 W, tiene una longitud aproximada de 2 km, anchura de 0.5 km y profundidad de 22 m. Es una formación con planicies rocosas coralinas y otras de origen volcánico. Su cobertura de coral es baja y está representada por: <i>P. clivosa</i> , <i>M. cavernosa</i> , <i>S. siderea</i> y <i>Oculina</i> sp, las pendientes abruptas llegan hasta los 22 m y al igual que la planicie presentan numerosas colonias de esponjas e hidroides.
	Tripie	Banco sumergido	Formación rocosa ubicada a los 18°10'33.6 N - 94°22'03.0 W, con una longitud aproximada de 0.6 km, anchura de 0.3 km y profundidad máxima de 15 m. Presenta planicies y pendientes cubierta de esponjas, hidroides y una cobertura coralina baja representada por: <i>Oculina</i> sp y <i>P. clivosa</i> . Debido a que se encuentra en el área de drenaje del Río Coatzacoalcos, la visibilidad es muy escasa.

CUADRO 2

Lista sistemática de los equinodermos asociados a los arrecifes coralinos del norte y sur de Veracruz.  
En negritas se refieren los nuevos registros para el Estado de Veracruz

TABLE 2

Checklist of echinoderms associated to northern and southern coral reefs of Veracruz.

New records for the State of Veracruz are cited in bold

Clase / Familia	Especie	Arrecifes							
		Norte			Sur				
		Blanquilla	Medio	Lobos	Blake	La Perla	Zapotitlán	Palo Seco	Tripie
Clase Crinoidea									
Familia Comasteridae	<i>Davidaster rubiginosus</i> (Pourtalès, 1869)	1	1	1	1			1	
Clase Asteroidea									
Familia Asteropseidae	<i>Poraniella echinulata</i> (Perrier, 1881)	1						1	
Familia Mithrodiidae	<i>Mithrodia clavigera</i> (Lamarck, 1816)		1						
Familia Ophidiasteridae	<i>Copidaster lymani</i> A.H. Clark, 1948				1				
	<i>Linckia guildingi</i> Gray, 1840	1	1	1	1	1	1	1	
Familia Oreasteridae	<i>Oreaster reticulatus</i> (Linnaeus, 1758)			1					
Familia Echinasteridae	<i>Echinaster (Othilia) brasiliensis</i> Müller & Troschel, 1842						1		
Familia Asteroiidae	<i>Coscinasterias tenuispina</i> (Lamarck, 1816)	1		1		1			
Clase Ophiuroidea									
Familia Ophiomyxidae	<i>Ophioblenna antillensis</i> Lütken, 1859				1				
Familia Amphiridae	<i>Amphiodia trychna</i> H. L. Clark, 1918				1				
Familia Ophiactidae	<i>Ophiactis quinqueradina</i> Ljungman, 1871	1			1				
	<i>Ophiactis savignyi</i> (Müller & Troschel, 1842)			1	1		1		
Familia Ophiocomidae	<i>Ophiocoma echinata</i> (Lamarck, 1816)			1			1		
	<i>Ophiocoma paucigranulata</i> Devaney, 1974			1					
	<i>Ophiocoma pumila</i> Lütken, 1859				1				
	<i>Ophiocoma wendtii</i> Müller & Troschel, 1842	1	1	1	1		1		
Familia Ophiodermatidae	<i>Ophioderma appressa</i> (Say, 1825)			1	1				1
	<i>Ophioderma cinerea</i> Müller & Troschel, 1842	1	1	1	1		1	1	1
	<i>Ophioderma rubicunda</i> Lütken, 1856				1				
Familia Ophionereididae	<i>Ophionereis reticulata</i> (Say, 1825)			1					
Clase Ophiuroidea									
Familia Ophiolepididae	<i>Ophiolepis elegans</i> Lütken, 1859			1	1				
Familia Ophiotrichidae	<i>Ophiotrix (Ophiotrix) oerstedii</i> Lütken, 1856			1			1		
	<i>Ophiotrix (Acanthophiotrix) suensoni</i> Lütken, 1856	1		1			1		1
Clase Echinoidea									
Familia Cidariidae	<i>Eucidaris tribuloides</i> (Lamarck, 1816)	1	1	1	1	1	1	1	1
Familia Diadematidae	<i>Diadema antillarum</i> Philippi, 1845	1	1	1	1	1	1	1	1
Familia Arbaciidae	<i>Arbacia punctulata</i> (Lamarck, 1816)			1		1	1		1
Familia Toxopneustidae	<i>Lytechinus variegatus</i> (Lamarck, 1816)			1			1		
	<i>Lytechinus williamsi</i> Cheshier, 1968			1	1	1	1	1	
	<i>Tripneustes ventricosus</i> (Lamarck, 1816)			1	1	1			
Familia Echinometridae	<i>Echinometra lucunter lucunter</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	1	1	1	1	1	1
	<i>Echinometra viridis</i> A. Agassiz, 1863	1	1	1	1	1	1	1	1
Familia Mellitidae	<i>Mellita quinquiesperforata</i> (Leske, 1778)			1			1		
Familia Brissidae	<i>Brissus unicolor</i> (Leske, 1778)			1		1			
	<i>Meoma ventricosa ventricosa</i> (Lamarck, 1816)				1				
	<i>Plagiobrissus grandis</i> (Gmelin, 1788)			1					
	<i>Rhynobrissus cuneus</i> Cooke, 1957						1		
Clase Holothuroidea									
Familia Cucumariidae	<i>Ocnus surinamensis</i> (Semper, 1868)							1	
	<i>Parathyone suspecta</i> (Ludwig, 1875)						1	1	1

CUADRO 2 (Continuación) / TABLE 2 (Continued)

Clase / Familia	Especie	Arrecifes							
		Norte				Sur			
		Blanquilla	Medio	Lobos	Blake	La Perla	Zapotitlán	Palo Seco	Tripie
Familia Holothuriidae	<i>Holothuria (Halodeima) floridana</i> Pourtales, 1851			1					
	<i>Holothuria (Halodeima) grisea</i> Selenka, 1867					1	1		
	<i>Holothuria (Thymiosycia) thomasi</i> Pawson y Caycedo, 1980			1					
	<i>Actinopyga agassizii</i> (Selenka, 1867)			1					
Familia Stichopodidae	<i>Isostichopus badionotus</i> (Selenka, 1867)	1	1	1		1	1	1	
Familia Synaptidae	<i>Euapta lappa</i> (J. Müller, 1850)			1					
Clase Holothuroidea									
Familia Synaptidae	<i>Synaptula hydriformis</i> (Lesueur, 1824)			1					
Total		13	10	31	20	14	19	11	7

El número 1 refiere la presencia de cada especie.  
Number 1 refers the presence of each species.

Los sistemas del norte y sur de Veracruz comparten 22 especies (Cuadro 2), la similitud entre estas dos faunas de acuerdo con el índice de Jaccard fue de 0.49. Al agrupar a los arrecifes en función de su geomorfología y de acuerdo con el EMNM, se separan los tres tipos de arrecifes (Fig. 2a) debido a que 20 de las 45 especies solo ocurrieron en un tipo de ellos y los tres grupos comparten 14 especies. La similitud de Jaccard a este nivel fue más alta entre los arrecifes: plataforma y marginales (0.49) y menor entre los bancos sumergidos y los arrecifes marginales (0.43). A escala de arrecifes,

el EMNM forma cuatro grupos: Blake, Medio y Blanquilla; Zapotitlán y La Perla; Palo Seco; y Lobos y Tripie (Fig. 2b). Estos dos últimos contrastan en su riqueza total pero todas las especies de Tripie están presentes en Lobos.

Para los bancos sumergidos, las comunidades de equinodermos se dividen en dos: someras y profundas. En las primeras, se localizan a: *Linckia guildingi* Gray, 1840, *Ophiocoma echinata* (Lamarck, 1816), *Echinometra lucunter lucunter* (Linnaeus, 1758) y *Arbacia punctulata* (Lamarck, 1816), en las segundas fueron más frecuentes: *Echinometra viridis* A.

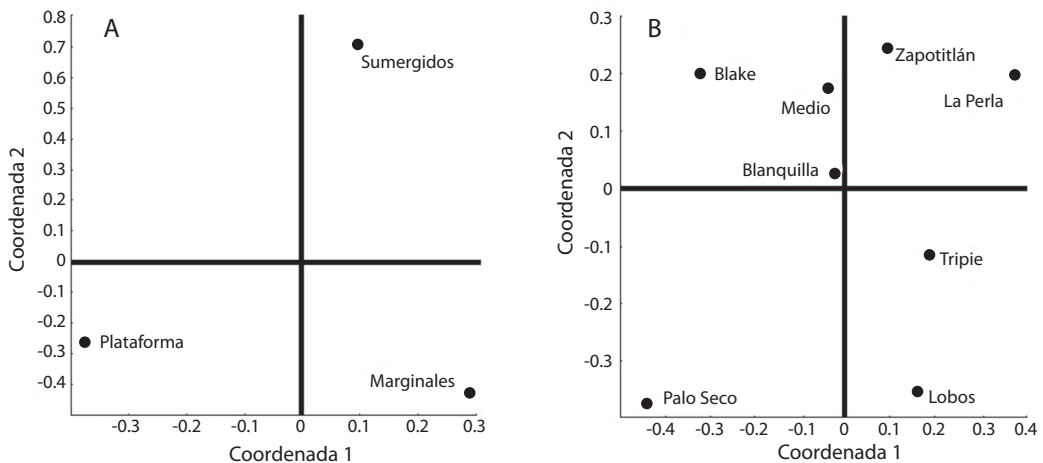


Fig. 2. EMNM para las asociaciones de equinodermos, clasificadas de acuerdo a: a) tipo de arrecife y b) escala de arrecifes.  
Fig. 2. NMDS for associations of echinoderms, divided by: a) type reef and b) reef scale.

Agassiz, 1863, *Eucidaris tribuloides* (Lamarck, 1816) y *Davidaster rubiginosus* (Pourtalès, 1869). El aislamiento de Palo Seco con profundidad mayor a 20 m se explica por su baja riqueza mientras que la presencia única de *E. lucunter lucunter* en Tripie menor a 10 m así como la ocurrencia exclusiva de *Echinaster (Othilia) brasiliensis* Müller & Troschel, 1842 y *E. lucunter lucunter* en Tripie mayor a 10 m los separan del resto en el análisis EMNM (Fig. 3)

En los arrecifes tipo plataforma, el análisis EMNM forma cuatro grupos (Fig. 4) que separa a la comunidad de pastos marinos (presente solo en el arrecife Lobos) tipificada por: *Tripeustes ventricosus* (Lamarck, 1816) y *Lytechinus variegatus* (Lamarck, 1816); la planicie donde son comunes: *E. lucunter lucunter*, *A. punctulata* y *L. guildingi*, además de *O. echinata* y *Ophioderma cinerea* Müller & Troschel, 1842; la pendiente de barlovento caracterizada por la presencia de: *E. viridis* y *E. tribuloides* y la pendiente de sotavento donde además de las dos anteriores ocurren *Isostichopus badiotus* (Selenka, 1867) y *D. rubiginosus*. En las zonas arenosas de esta pendiente se observaron a: *Rhynobrissus cuneus* Cooke, 1957, *Plagiobrissus grandis* (Gmelin, 1788), *Mellita quinquesperforata* (Leske, 1778) y *Meoma ventricosa ventricosa* (Lamarck, 1816). Finalmente, en

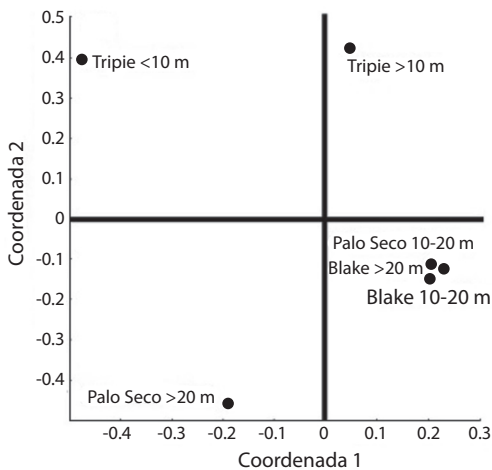


Fig. 3. EMNM para hábitats de los bancos sumergidos.  
Fig. 3. NMS for habitats of submerged reefs.

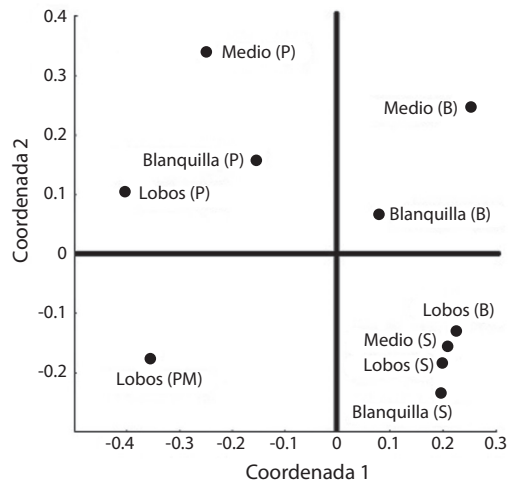
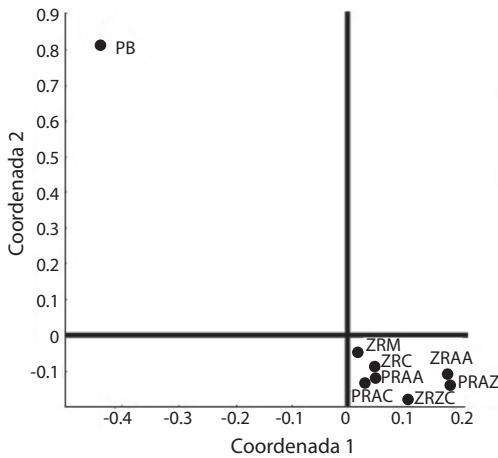


Fig. 4. EMNM para hábitats de los arrecifes tipo plataforma.  
Fig. 4. NMS for habitats of platform reefs.

los arrecifes marginales no se definen asociaciones de equinodermos y aparentemente se distribuyen independientemente de los grupos morfofuncionales dominantes. La estación donde se ubica el barco hundido presentó la menor riqueza (tres especies) y se separa del resto (Fig. 5).

## DISCUSIÓN

Entre las 45 especies listadas en esta investigación se incluyen cinco nuevos registros para el Estado de Veracruz, las cuales aunadas a las citadas previamente por: Rigby y McIntire (1966), Chávez, Hidalgo y Sevilla (1970), Solís-Marín et al. (2007), Tunnell Jr. et al. (2007) Solís-Marín y Laguarda-Figueras (2011) y Martínez-Melo, Solís-Marín y Laguarda-Figueras (2014) reúnen 54 especies, representadas principalmente por ofiuroideos y holoturoideos. La mayor riqueza definida para los sistemas del norte (40 especies) pueden ser resultado del mayor esfuerzo de muestreo (313 censos y 480 ejemplares colectados) con respecto a los del sur (230 censos y 290 ejemplares colectados) donde se registraron únicamente 27 especies o bien puede ser explicada por las condiciones para el desarrollo de las comunidades coralinas, que son mejores



**Fig. 5.** EMNM para los hábitats de los arrecifes marginales. PB = Barco (La Perla); PRAA = Roca con algas y arena (La Perla); PRAZ = Roca, algas y zoántidos (La Perla); PRAC = Roca, algas y corales (La Perla); ZRM = Roca y macroalgas (Zapotitlán); ZRC = Roca coralina (Zapotitlán); ZRAA = Rocas algas y arena (Zapotitlán) y ZRZC = Roca, zoántidos y corales (Zapotitlán).

**Fig. 5.** NMDS for habitats of fringing reefs. PB = Ship (La Perla); PRAA = Rock, algae and sand (La Perla); PRAZ = Rock, algae and zoanthids (La Perla); PRAC = Rock, algae and corals (La Perla); ZRM = Rock and macroalgae (Zapotitlán); ZRC = Coral rock (Zapotitlán); ZRAA = Rock, algae and sand (Zapotitlán) and ZRZC = Rock, zoanthids and corals (Zapotitlán).

en el norte debido a sus aguas oligotróficas que contrastan con las eutróficas del sur. Esto es una consecuencia del mayor drenaje continental que procede de las cuencas de los Ríos Coatzacoalcos y Papaloapan (Pérez-Maqueo, Muñoz-Villiers, Vázquez, Equihua & León, 2011) que además, incrementan la turbidez. La riqueza de equinodermos registrada (24 especies) por Rigby y McIntire (1966), Chávez et al. (1970) y Tunnell Jr. et al. (2007) especialmente para los arrecifes Lobos y Tuxpan, se incrementa para los sistemas del norte en un 40 % con los 16 nuevos reportes que se citan en la presente investigación. Para los arrecifes del sur, la incorporación de 15 nuevos registros incrementa en un 56% el conocimiento de los equinodermos citado por la CONANP (2009) y Martínez-Melo et al. (2014).

Los rasgos geomorfológicos de las formaciones arrecifales presentan diferencias en

función del tipo de sistema (Jordán-Dahlgren & Rodríguez-Martínez, 2003) y esto parece reflejarse en los hábitats disponibles. Por ejemplo, únicamente en Lobos existe una población de *Thalassia testudinum* Banks ex Köning, 1805 y esto repercute en las comunidades de equinodermos asociados. De esta forma, la variabilidad en la heterogeneidad ambiental parece tener influencia en la riqueza de equinodermos y esto explica parcialmente el mayor número de especies registradas para los sistemas del norte de Veracruz, donde parece haber mejores condiciones para el establecimiento y desarrollo de las comunidades de equinodermos especialmente en el arrecife Lobos (Cuadro 2).

De manera general, las áreas someras permiten el desarrollo de algas y esto favorece la presencia de especies estrictamente herbívoras como *E. lucunter lucunter*, que además de controlar las poblaciones de algas genera complejidad en el sustrato debido a su actividad bioerosiva (Appana & Vuki, 2006; McClanahan & Muthiga, 2013). Otras especies características de estas zonas son: *A. punctulata*, *L. guildingi*, *A. agassizii*, *O. echinata* y *O. cinerea* que durante el día se ubican debajo de las rocas (Hendler et al., 1995) o entre las macroalgas. La dominancia del género *Echinometra* en las formaciones marginales: La Perla y Zapotitlán así como en la planicie de los arrecifes tipo plataforma: Lobos, Medio y Blanquilla denota sus preferencias ambientales, definidas por la dinámica del oleaje ((McClanahan & Muthiga, 2013), particularmente en la cresta arrecifal donde se observan los vestigios de su actividad horadora que resulta de sus altos valores de abundancia (Celaya-Hernández, Solís-Marín, Laguarda-Figueras, Durán-González & Ruiz, 2008). En contraste, las áreas profundas presentan una biota representada por: *E. viridis*, *E. tribuloides* y *D. rubiginosus* las cuales fueron frecuentes en los sistemas sumergidos.

La relación de las especies de erizos regulares con el tipo de sustrato para Veracruz, ha sido registrada por Celaya-Hernández et al. (2008). Estos autores citan una asociación de *L. variegatus* y *T. ventricosus* con los pastos marinos, lo cual coincide parcialmente con



las observaciones del presente trabajo, ya que estas especies no solo fueron observadas en pastos sino también en las áreas adyacentes dominadas por fragmentos de coral e incluso en la cresta arrecifal y arrecifes profundos, como el Blake, pero fueron más frecuentes en las áreas de *T. testudinum*. Ambas especies se cubren de pequeños restos de coral u hojas de pastos (Hendler et al., 1995; Lawrence & Agatsuma 2013; Watts, McClintock & Lawrence, 2013). Por su parte, *E. tribuloides*, *E. lucunter lucunter* y *E. viridis* se asocian a sustrato rocoso o coralino rocoso (Celaya-Hernández et al., 2008). Estas tres especies tienen una distribución amplia, aunque *E. lucunter lucunter* domina en las zonas someras con intenso oleaje y *E. viridis* es más frecuente en las zonas profundas (McClanahan & Muthiga, 2013). Por su parte, *E. tribuloides* es una especie frecuente en las zonas de la cresta en los arrecifes emergentes y domina en los profundos como: Blake, Palo Seco y Tripie.

La presencia de zonas arenosas entre las formaciones coralinas favorece la ocurrencia de los erizos irregulares al igual que de holotúridos. Esto se asocia a los hábitos alimenticios de ambos, dado que necesitan filtrar o hurgar entre la arena para obtener su alimento, por esto se explica la presencia de: *P. grandis*, *Holothuria (Halodeima) grisea* Selenka, 1867 e *I. badiotus* en las áreas arenosas que limitan al arrecife. En contraste, las zonas con rocas sueltas o con interespacios permiten el abrigo a varias especies, particularmente de ofiuroides y asteroideos (Hendler et al., 1995), como es el caso de *O. echinata*, *O. cinerea*, *O. rubicunda*, *E.(Othilia) brasiliensis* y *M. clavigera* entre otras.

A pesar de que este trabajo no ha sido exhaustivo, enriquece el conocimiento de los equinodermos para el Estado de Veracruz. Las diferencias detectadas en la riqueza específica parecen definir relaciones con las características de cada tipo de formación arrecifal, con la ubicación geográfica de los mismos y con los atributos de cada hábitat. Esta información es clave para la definición de los planes de manejo de las áreas naturales protegidas, las cuales

requieren de un conocimiento claro de la diversidad biológica y sus patrones de distribución.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación forma parte del proyecto Bases para el Análisis y Síntesis de los Sistemas Costeros de Veracruz, realizado en el marco de la Red para el Análisis y Síntesis de la Zona Costera Veracruzana, Golfo de México (RASZCOV) así como del proyecto: Esponjas, corales escleractinios, equinodermos y peces de los arrecifes coralinos del norte y sur de Veracruz, financiado por la CONABIO (Convenio: FB1628/JF124/12). Se agradece a la SAGARPA por los permisos de pesca de fomento (DGOPA.02698.260312.0743 y DGOPA.5458.170512.1381). A la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el permiso otorgado para visitar los arrecifes.

## RESUMEN

Para obtener datos sobre la composición y distribución de los equinodermos presentes en los sistemas arrecifales del norte (Blanquilla, Medio, Lobos y Blake) y sur de Veracruz (La Perla, Zapotitlán, Palo Seco y Tripie) México, se efectuaron 539 muestreos y 770 colectas distribuidos en los diferentes hábitats de cada sistema de marzo a diciembre de 2013 mediante buceo libre y SCUBA. Para valorar las diferencias a cada escala espacial (tipo de arrecife, arrecife y hábitat) se efectuaron análisis de similitud con los índices de Jaccard y EMNM. Se registraron un total de 45 especies pertenecientes a 34 géneros y 26 familias, incluyendo cinco nuevos registros para el estado de Veracruz. El mayor número de especies corresponde a las clases: Ophiuroidea (15 especies) y Echinoidea (13 especies). Los sistemas del norte mostraron una mayor riqueza (40 especies) comparados con los del sur (27 especies). Por localidad, el arrecife Lobos (31 especies) presentó la mayor riqueza y la formación Tripie (7 especies) la menor. El EMNM dividió a los tres tipos de arrecifes, a escala de arrecifes, los marginales se alejan de los arrecifes plataforma y sumergidos. A nivel de hábitats, las zonas someras se separan de las profundas, las praderas de *Thalassia* y la planicie arrecifal de las pendientes y no se observaron diferencias entre hábitats en los sistemas marginales, excepto en el barco hundido. La fauna de equinodermos asociados a los arrecifes de Veracruz está compuesta por 54 especies. El tipo de arrecife así como los atributos del sustrato y la profundidad son muy importantes para definir la riqueza y distribución espacial de los equinodermos.

**Palabras clave:** Equinodermos, Arrecifes, Golfo de México, Océano Atlántico.

## REFERENCIAS

- Abarca-Arenas, L. G., Cruz, N., Franco-López, J. González-Gándara, C. & Silva-López, G. (2012). Distribution and biogeographical notes of the coastal fish fauna of Veracruz, Mexico. In D., Thangadurai, C. A. Busso, L. G. Abarca-Arenas, & S. Jayabalan (Eds.), *Frontiers in Biodiversity Studies* (pp. 190-212). Nueva Delhi: International Publishing House.
- Appana, S. D. & Vuki, V. C. (2003). A novel method of assessing bioerosion by the sea urchin *Echinometra* sp. A on a Fijian reef. *The South Pacific Journal of Natural and Applied Sciences*, 21, 25-30.
- Appana, S. D., & Vuki V. C. (2006). Bioerosion patterns and abundance and spatial distribution of *Echinometra* sp. A (green white tip) ecomorph on Nukubuco reef, Fiji. *Proceedings of 10<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium, Okinawa*, 938-945.
- Celaya-Hernández, E. V., Solís-Marín, F. A., Laguarda-Figueras, A., Durán-González, A de la L., & Ruiz, R. T. (2008) Asociación a sustratos de los erizos regulares (Echiordermata: Echinoidea) en la laguna arrecifal de Isla Verde, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*, 56(Supl. 3), 281-295.
- Chávez, E. A., Hidalgo, E., & Sevilla, M. L. (1970). Datos acerca de las comunidades bentónicas del arrecife de Lobos, Veracruz. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 31, 211-280.
- CONANP. (2009). *Estudio Previo justificativo para el establecimiento del Área Natural Protegida reserva de la Biosfera "Arrecifes Los Tuxtlas"*. (Reporte Técnico). México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- DOF. (1992). Decreto por el que se declara área natural protegida, con el carácter de Parque Marino Nacional, la zona conocida como Sistema Arrecifal Veracruzano, ubicada frente a las costas de los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado del Estado de Veracruz Llave, con superficie de 52, 238-91-50 hectáreas. *Diario Oficial de la Federación*, 467, 6-15
- DOF. (2009). Decreto por el que se declara área natural protegida, con el carácter de Área de Protección de Flora y Fauna, la región conocida como Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, localizada frente a las costas de los municipios de Tamiahua y Tuxpan, en el Estado de Veracruz. *Diario Oficial de la Federación*, 659, 79-84.
- Hammer, O., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2006). PAST: Palaentological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electrónica*, 4, 1-9
- Hendler, G., Miller, J. E., Pawson, D. L., & Kier, P. M. (1995). *Sea Stars, Sea Urchins and Allies: Echinoderms of Florida and the Caribbean*. Washington: Smithsonian Institution Press.
- Jordan-Dahlgren, E., & Rodríguez-Martínez, R. E (2003). The Atlantic coral reefs of Mexico. In J. Cortés (Ed.). *Latin American Coral Reefs* (pp. 131-157). Amsterdam: Elsevier.
- Laguarda-Figueras, A., Hernández-Herrejón, L. A., Solís Marín, F. A., & Durán-González, A. (2009). *Ofiuroides del Caribe Mexicano y Golfo de México*. México: CONABIO-UNAM.
- Lawrence, J. M., & Agatsuma, Y. (2013). *Tripneustes*. In Lawrence, J. M. (Ed.). *Sea Urchins: Biology and Ecology* (pp. 491-502). Amsterdam: Elsevier.
- Martínez-Melo, A., Solís-Marín, F. A., & Laguarda-Figueras, A. (2014). New record of the irregular sea urchin *Rhynobrissus cuneus* (Echinoidea: Brissidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 617-620.
- McClanahan, T. R., & Muthiga, N. A. (2013). *Echinometra*. In J. M. Lawrence (Ed.), *Sea Urchins: Biology and Ecology* (pp. 337-354). Amsterdam: Elsevier.
- Muthiga, N. A., & McClanahan, T. R. (2013). *Diadema*. In J. M. Lawrence (Ed.), *Sea Urchins: Biology and Ecology* (pp. 257-274). Amsterdam: Elsevier.
- Ortiz-Lozano, L., Pérez-España, H., Granados-Barba, A., González-Gándara, C., Gutiérrez-Velázquez, A., & Martos, J. (2013). The reef corridor of the southwest Gulf of Mexico: challenges for its management and conservation. *Ocean & Coastal Management*, 86, 22-32.
- Pawson, D. L., & Pawson, D. J. (2008). *An illustrated key to the sea cucumbers of the South Atlantic Bight*. Southeastern Regional Taxonomic Center Carolina: Southern Carolina, USA.
- Pawson, D. L., Vance, D J., Messing, C. G., Solís-Marín, F. A. & Mah, C. L. (2009). Echinodermata of the Gulf of Mexico. In D. L. Felder & D. K. Camp (Eds.), *Gulf of Mexico Origin, Waters and Biota. Vol 1: Biodiversity* (pp. 1177-1204). United States: Texas A & M University Press.
- Pérez-Maqueo, O., Muñoz-Villiers, L., Vázquez, G., Equihua, Z. E., & León, R. P. (2011). Hidrología. In A. Cruz-Angón (Ed.), *La biodiversidad en Veracruz estudio de estado* (pp. 289-292). México: CONABIO, Gobierno de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología.
- Rigby, J. K., & McIntire, W. (1966). The isla lobos and associated reefs, Veracruz, Mexico. *Geology Studies*, 3, 3-46.
- Solís-Marín, F. A. & Laguarda-Figueras, A. (2011). Crinoideos, estrellas, ofiuos, erizos y pepinos de mar (Echinodermata). In A. Cruz-Angón (Ed.), *La biodiversidad en Veracruz estudio de estado* (pp. 225-234).

- México: CONABIO, Gobierno de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología.
- Solis-Marín, F. A., Laguarda-Figueras, A., & Gordillo, H. M. A. (2007). In A. Granados-Barba, L. G. Abarca-Arenas, & J. M. Vargas-Hernández (Eds.), *Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano* (pp. 73-100) Campeche, México: Universidad Autónoma de Campeche.
- Steneck, R. S. (2013). Sea urchins as drivers of shallow benthic marine community structure. In J. M. Lawrence (Ed.), *Sea Urchins: Biology and Ecology* (pp. 195-207). London: Elsevier.
- Tunnell, Jr. W., Barrera, N., Beaver, C. R., Davidson, J., Gourley, J. E., Moretzsohn, F., ... Vega, M. E. (2007). Checklist of the biota associated with Southern Gulf of Mexico coral reefs and coral reef islands. *GulfBase*. Retrieved from <http://www.gulfbase.org>
- Watts, S. A., McClintock, J. B., & Lawrence, J. M. 2013. *Lytechinus*. In J. M. Lawrence (Ed.), *Sea Urchins: Biology and Ecology* (pp. 475-490). London: Elsevier.

