



Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México



**Zoogeografía de holoturoideos
(Echinodermata: Holothuroidea)
Del Pacífico mexicano**

T E S I S

que para obtener el grado académico de

Maestro en Ciencias
(Biología Marina)

P r e s e n t a

Biól. Andrea Alejandra Caballero Ochoa

Director de Tesis: Dr. Alfredo Laguarda Figueras.

Comité Tutorial: Dra. Blanca E. Buitrón Sánchez.
Dr. Francisco A. Solís Marín.
Dr. Juan José Morrone Lupi.
Dr. Fernando Nuno Simões Dias Marques.

México D.F., 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
	Generalidades del phylum Echinodermata.....	2
	Generalidades de los holoturoideos (Echinodermata:Holothuroidea).....	4
II.	ANTECEDENTES.....	7
III.	ÁREA DE ESTUDIO.....	9
	Características de la zona de estudio.....	14
	Pacífico tropical mexicano (Cabo corrientes a la frontera con Guatemala).....	14
	Costa occidental de Baja California.....	19
	Golfo de California.....	21
IV.	OBJETIVOS	
	4.1. Objetivo general.....	26
	4.2. Objetivos particulares.....	26
V.	MATERIALES Y MÉTODOS	
	5.1. Material examinado para obtención de datos	
	a) Revisión taxonómica.....	27
	b) Trabajo de laboratorio.....	28
	5.2. Análisis biogeográfico	
	a) Divisiones biogeográficas.....	29
	b) Análisis de Parsimonia de endemismos (PAE).....	32
VI.	RESULTADOS	
	6.1. Biodiversidad	33
	6.2. Distribución.....	41
	6.3. Análisis de Parsimonia de Endemismos.....	42
VII.	DISCUSIÓN.....	48
VIII.	CONCLUSIONES.....	54
	 LITERATURA CITADA.....	 55
	APÉNDICE 1.....	71
	APÉNDICE 2.....	78
	APÉNDICE 3.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representantes de las cinco clases del Phylum Echinodermata; A-B) Clase Asteroidea; C) Clase Crinoidea; D-E) Clase Ophiuroidea; F-G) Clase Holothuroidea; H-J) Clase Echinoidea (tomado de Hendler <i>et al.</i> ; 1995).....	3
Figura 2. Tipos representativos de espículas de holoturoideos. A-F: tablas, G-J: botones, K: canasta, L: rueda, M: placa, N: ancla, O: cuerpo en forma de C, P: placa de soporte. (Tomado de Hendler <i>et al.</i> , 1995).....	4
Figura 3. Morfología de un cucumárido (Tomado de Rupert and Barnes, 1996).....	5
Figura 4. Área de estudio. A) Costa occidental de Baja California y Golfo de California, B) Pacífico tropical mexicano, C) Archipiélago Revillagigedo y D) Atolón Clipperton.....	10
Figura 5. Archipiélago Revillagigedo: Ca) Isla Clarión y Cb) Isla Roca Partida.	
Figura 6. Archipiélago Revillagigedo. Cc) Isla San Benedicto y Cd) Isla Socorro.....	11
Figura 7. Atolón Clipperton. Arriba imagen satelital, abajo gráfico de la isla mostrando la porción emergida y la extensión arrecifal (Tomada de Reyes <i>et al.</i> , 1999).....	12
Figura 8. Subregiones zoogeográficas y sus respectivas provincias. I Subregión norte, II Subregión Pacífico este tropical y III Subregión sur (tomado de Espinosa & Hendickx, 1996).....	29
Figura 9. Ubicación de las Islas Marianas (Modificado de Paulay, 2003b).....	31
Figura 10. Proporción por familias de las especies de holoturoideos encontradas en la zona de estudio.....	37
Figura 11. Proporción de especies encontradas en las Provincias del Pacífico mexicano, el archipiélago Revillagigedo y el atolón Clipperton.....	41
Figura 12. Cladograma obtenido a partir del PAE.	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de especies por clase de equinodermos reportado para cada área marina del territorio nacional (tomado de Solís-Marín et al., 2005, Durán-González et al., 2005 Laguarda-Figueras et al., 2005 ^a y Honey et al., 2008).....	6
Tabla 2. Especies, géneros y familias por órdenes de equinodermos para la zona de estudio.....	33
Tabla 3. Material examinado, se muestran las especies y el número de ejemplares revisados.....	34
Tabla 4. Distribución de los holoturoideos en las seis áreas seleccionadas para el análisis.....	38
Tabla 5. Matriz de datos obtenida a partir del análisis de presencia y ausencia.....	42
Tabla 6. Especies compartidas en los 5 grupos de provincias resultantes.....	46
Tabla 7. Especies exclusivas que presentan 4 provincias de las 7 analizadas.....	47

1. INTRODUCCIÓN:

La biogeografía es la disciplina que estudia la distribución de los seres vivos en el espacio y a través del tiempo; sus objetivos principales son describir y comprender los patrones de distribución geográfica de las especies y taxones supraespecíficos (Morrone, 2001).

A partir del trabajo del botánico suizo A. P. de Candolle (1820) se acostumbra distinguir entre la biogeografía ecológica, que analiza la distribución de los seres vivos en función de sus adaptaciones a condiciones actuales del medio, y la biogeografía histórica, que explica dichas distribuciones en función de factores históricos, es decir aquellos que ya no intervienen en la actualidad. Dada la existencia de un gradiente espaciotemporal, con la biogeografía ecológica en el extremo en que las escalas espaciales y temporales son pequeñas, y la biogeografía histórica en el extremo en que las mismas son mayores, podemos asumir que la distinción entre ambas biogeografías no es natural (Morrone, 2001).

La posición geográfica de México, permite que en él se encuentren un mosaico de climas y tipos de suelo que, con excepción de la tundra, alberga todos los tipos de vegetación del planeta. Además de ser una “zona de transición” o convergencia entre las floras y faunas neártica y neotropical. El país tiene en algunas regiones una larga y compleja historia de aislamiento, lo que ha favorecido la evolución de un gran número de especies endémicas. (Ramamoorthy *et al.*, 1993 en Soberón y Llorente, 1993).

México posee una extensa línea de costa, de 11,122 km (INEGI, 2008) que colinda hacia el este con el Golfo de México, al oeste con el Golfo de California y el océano Pacífico, y al sureste con el mar Caribe. Esta gran extensión litoral brinda al país amplios recursos marinos, además de conferir niveles de riqueza, diversidad y endemismos de especies que son comparables con los de la biota continental (Salazar-Vallejo y González, 1993).

GENERALIDADES DEL PHYLUM ECHINODERMATA

La Clase Holothuroidea pertenece al Phylum Echinodermata (del griego *echinus*: espinoso; *dermatos*: piel). Los equinodermos son organismos invertebrados, deuterostomados, exclusivamente marinos que conforman uno de los componentes principales en las comunidades bentónicas (Hendler, *et al.*, 1995).

El Phylum Echinodermata, comprende aproximadamente 7,000 especies vivientes y 13,000 especies fósiles. Este distintivo grupo de animales está definido por poseer un esqueleto de carbonato de calcio en forma de calcita, un único sistema vascular acuífero que media la alimentación, locomoción y otras funciones; y una simetría pentaradial más o menos conspicua (Pawson, 2007).

El Phylum posee representantes sésiles y de vida libre; y se encuentra representado por 5 Clases: Crinoidea (lirios de mar), Asteroidea (estrellas de mar), Ophiuroidea (ofiuras o estrellas serpiente), Echinoidea (erizos de mar) y Holothuroidea (pepinos de mar) (Figura 1) (Hendler, *et al.*, 1995).

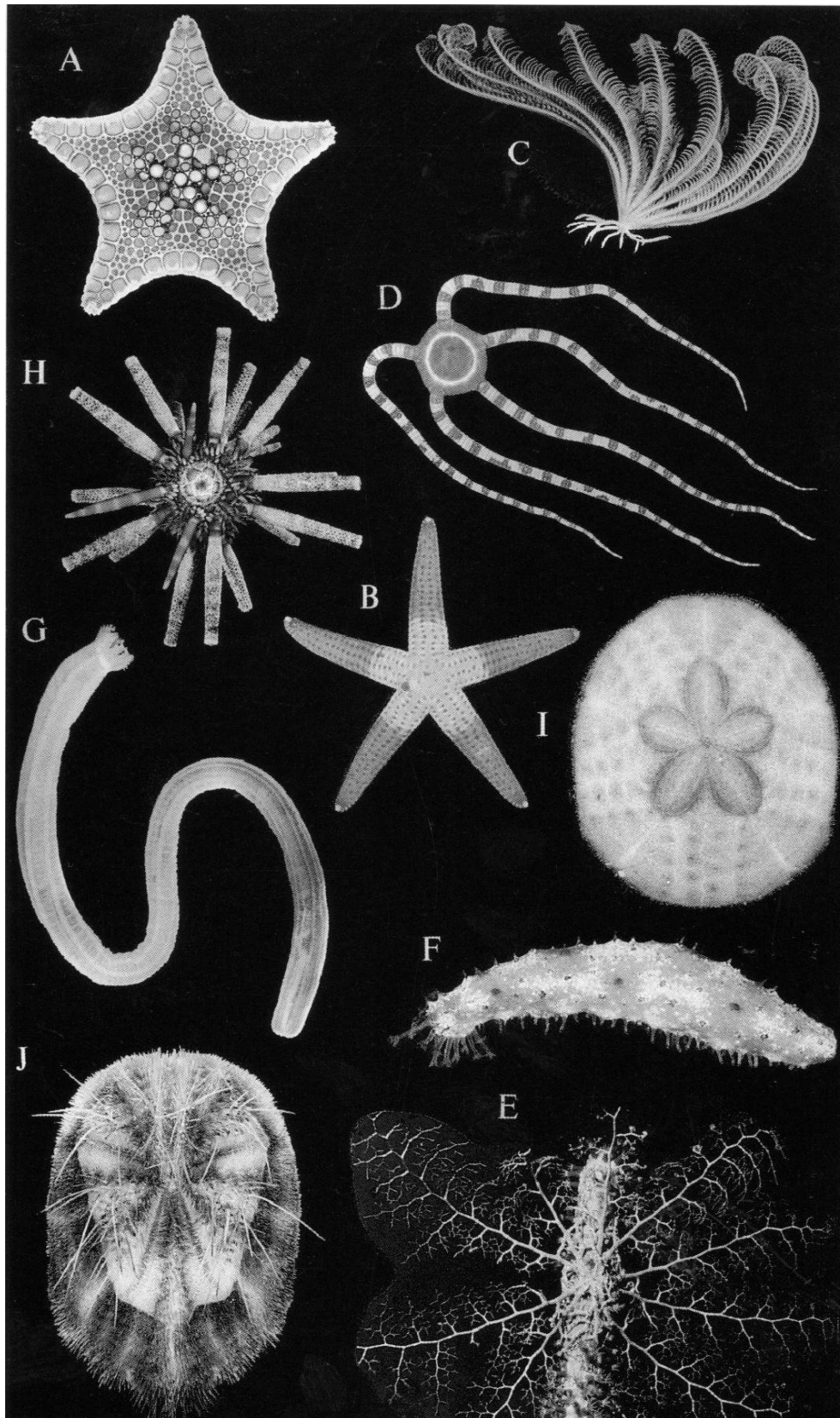


FIGURA 1. Representantes de las cinco clases recientes del Phylum Echinodermata; A-B) Clase Asteroidea; C) Clase Crinoidea; D-E) Clase Ophiuroidea; F-G) Clase Holothuroidea; H-J) Clase Echinoidea (tomado de Hendler *et al.*, 1995).

GENERALIDADES DE LOS HOLOTUROIDEOS (ECHINODERMATA: HOLOTHUROIDEA)

Los pepinos de mar pertenecen a la Clase Holothuroidea, que cuenta con aproximadamente 25 familias, 199 géneros y 1,400 especies distribuidas a nivel mundial (Pawson, 2007). Se divide en 6 órdenes: Dendrochirotida, Dactylochirotida, Aspidochirotida, Elasipodida, Apoda y Molpadida (Hyman, 1955; Lawrence, 1987). A diferencia del resto de los equinodermos poseen simetría bilateral pentámera y su cuerpo es suave con forma de cilindro (Brusca & Brusca, 1990).

El endoesqueleto está conformado por espículas microscópicas embebidas en la pared del cuerpo en forma de botones, anclas, canastas, barrotes, galletas, ruedas, barrotes (con o sin espinas) o en forma de "C" (Figura 2), las cuales dan soporte al cuerpo y se utilizan como caracteres de identificación taxonómica (Hyman, 1955; Rowe, 1969; Caso, 1971a; Brusca & Brusca, 1990; Solís-Marín *et al.*, 2009).

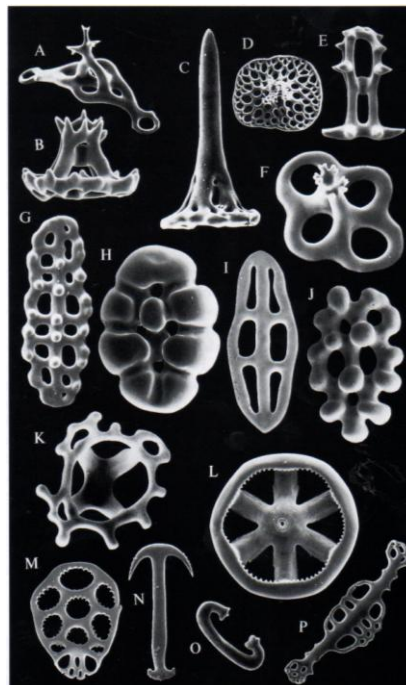


Figura 2. Tipos representativos de espículas de holoturoideos. A-F: tablas, G-J: botones, K: canasta, L: rueda, M: base articular del ancla, N: ancla, O: cuerpo en forma de C, P: placa de soporte (Tomado de Hendler *et al.*, 1995).

La talla del cuerpo de las holoturias va desde 1 mm (*Leptosynapta minuta* Becher, 1906) hasta más de 5 m [*Synaptula maculata* (Sluiter, 1887)]. Los órdenes se diferencian taxonómicamente con base en la forma general del cuerpo, forma y número de tentáculos, forma de anillo calcáreo, tipo de espículas, y en la distribución y arreglo de los pies ambulacrales (Pawson, 1982) (Figura 2).

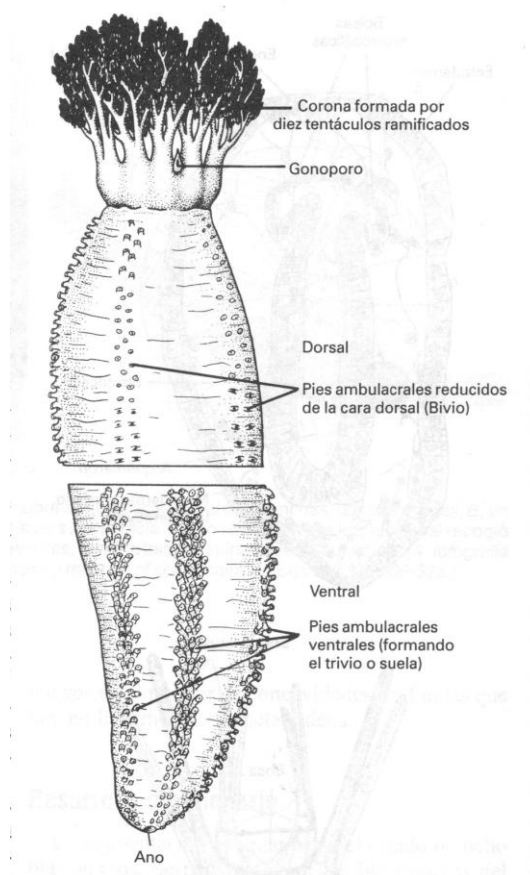


Figura 3. Morfología de un cucumárido (Tomado de Rupert & Barnes, 1996).

Los pepinos de mar se encuentran en todos los océanos y en todas las profundidades, desde la zona intermareal hasta la zona abisal (Hyman, 1955), incluso en las ventilas hidrotermales (Smirnov *et al.*, 2000). Generalmente son bentónicos y se les encuentra sobre las rocas o bajo la arena, pero también existen especies nadadoras (Bakus, 1973).

Los pepinos de mar juegan un papel importante en el ecosistema, ya que la mayoría se alimentan del sedimento y de esta manera reciclan y redistribuyen

la materia orgánica del suelo (Uthicke, 1994). Algunas poblaciones de holoturias consumen y procesan al año aproximadamente de 500 a 1000 toneladas de sedimento (Hyman, 1955; Bakus, 1973; Lawrence, 1987). Los holoturoideos dominan la fauna de invertebrados del mar profundo tanto en cantidad de individuos (Sibuet, 1977) como en términos de biomasa (Zenkevitch, 1963; Rutgers van der Loeff y Lavaleye, 1986; Billett, 1991), pues pueden llegar a formar el 90% de la biomasa de megafauna del ecosistema y dado que el mar profundo cubre más del 70% de la superficie de la tierra, los holoturoideos se encuentran entre los organismos dominantes del planeta (Hendler *et al.*, 1995).

México alberga una significativa diversidad de equinodermos. Hasta el momento, se han reportado más de 700 especies que habitan nuestro mar territorial, aproximadamente el 11% de las especies existentes en el planeta. Del total de especies de equinodermos de México, los holoturoideos constituyen casi el 20%, esta clase está representada por aproximadamente 114 especies en las aguas del mar territorial, siendo el Océano Pacífico el más diverso, con 68 especies reportadas (Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 1998) (Cuadro 1). El reconocimiento de las especies mexicanas ha sido posible gracias a los estudios taxonómicos e inventarios del grupo en diversos hábitats costeros, los cuales aunque todavía distan de estar completos, representan una muy valiosa información (Solís-Marín *et al.*, 1993; Buitrón y Solís-Marín, 1993; Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 1998; Solís-Marín y Mata, 1999).

Tabla 1. Número de especies por clase de equinodermos reportado para cada área marina del territorio nacional (tomado de Solís-Marín *et al.*, 2005, Durán-González *et al.*, 2005, Laguarda-Figueras *et al.*, 2005a y Honey *et al.*, 2008).

Clase	Crinoidea	Asteroidea	Ophiuroidea	Echinoidea	Holothuroidea	Subtotales
Océano Pacífico	1	50	63	36	46	196
Golfo de California	0	44	64	40	45	193
Golfo de México	12	70	49	51	27	209
Caribe de México	7	40	63	36	32	178

2. ANTECEDENTES:

Los estudios sobre equinodermos de México se iniciaron en 1838, cuando se hicieron breves referencias sobre especímenes recolectados en localidades próximas a las costas mexicanas. Son muchas las expediciones extranjeras que han recolectado ejemplares en distintos puntos de nuestras costas, tal es el caso de los primeros trabajos de L. E. Agassiz y G. Valentin. Durante el siglo XIX se destacaron las recolectas de equinodermos efectuadas en el territorio mexicano por parte de expediciones extranjeras como las de los buques Challenger, Albatros, Velero, etc., y las realizadas por Caso (1941-1991) en el Pacífico, golfo de California, golfo de México y Caribe mexicano.

Los estudios taxonómicos de equinodermos del área de estudio del presente trabajo, comenzaron desde el siglo XIX con las revisiones de material de distintas colecciones zoológicas provenientes de diversas expediciones en las costas del Pacífico del continente Americano. Entre los primeros estudios de la fauna de equinodermos del Pacífico Mexicano, destacan los realizados por Verrill (1871) sobre material recolectado desde Baja California hasta las costas de Panamá, cuyos ejemplares se depositaron en el "Museum of Comparative Zoology" de la Universidad de Harvard, E.U.A. (Honey *et al*; 2008); por otro lado, Verrill (1870, 1871) trabajó con equinodermos recolectados en el Golfo de California, tal material dio como resultado el primer trabajo de investigación en esta región (Solís-Marín *et al.*, 2005).

Poco después, las expediciones realizadas por el Challenger en el Pacífico Mexicano, generaron diversas publicaciones sobre todas las clases de equinodermos para esa zona: Lyman (1879, 1882), Théel (1879), A. Agassiz (1881), Carpenter (1884) y Sladen (1889). Más adelante, Ludwig (1893) y Hartlaub (1895) trabajaron con material recolectado por el "Albatross" en 1891 en aguas del Golfo de California.

En el siglo XX, varios autores realizaron numerosas revisiones morfológicas y sistemáticas, entre los que destacan: Fisher (1906), A. H. Clark (1916), H.L. Clark (1913, 1923, 1940, 1948), Boone (1928), Caso (1941, 1943,

1944, 1945, 1946, 1947, 1948, 1949, 1951, 1953, 1954, 1957, 1961, 1962a, 1962b, 1963, 1964, 1965, 1966, 1967, 1970a, 1970b, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980a, 1980b, 1983a, 1983b, 1984, 1986a, 1986b, 1992, 1994, 1996), Deichmann (1937, 1938, 1941, 1958), Ziesenhenné (1937, 1940, 1942), Domantay (1953), Fell (1962), Maluf (1988a), Kerstitch (1989), Hendler (1996), Caso *et al.* (1996), Solís-Marín *et al.* (1997), Solís-Marín y Laguarda-Figueras (1999) y Holguín-Quiñones *et al.* (2000).

Hasta 1939 en nuestro país, específicamente la UNAM, se comenzó el estudio sistemático y ordenado de los equinodermos de México; la Dra. María Elena Caso Muñoz inició una serie de estudios taxonómicos que rebasaron los 50 años de trabajo, sus publicaciones incluyen categorías taxonómicas descubiertas por la autora, entre subfamilias, subgéneros, especies y variedades del grupo representado en aguas de la República Mexicana (Solís-Marín *et al.*, 1993; Buitrón y Solís-Marín, 1993; Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 1998).

Más recientemente se han llevado a cabo trabajos taxonómicos de la zona de estudio Cintra-Buenrostro (2001), Solís-Marín *et al.*, (2005), Honey *et al.*, (2008). Las publicaciones acerca de biogeografía en México de equinodermos son escasas, en las que sobresalen Parker (1963) que en su trabajo analiza la zoogeografía y ecología de los macroinvertebrados en el Golfo de California; Laguarda-Figueras *et al.*, (2002) que realizan un estudio taxonómico sobre los asteroideos e incluyen comentarios sobre su zoogeografía y recientemente Caballero-Ochoa y Laguarda-Figueras (2010) presentan un trabajo sobre afinidades biogeográficas del Pacífico tropical mexicano.

Los estudios sobre equinodermos en México son relativamente recientes y más aún, los de los patrones de distribución, que además de ser escasos son poco documentados. En el caso particular de los holoturoideos existe poca información sobre biogeografía y se restringe sólo para algunas zonas del mundo, para el caso de México no se ha encontrado, hasta el momento, suficiente información al respecto.

3. ÁREA DE ESTUDIO

El área geográfica considerada para este estudio corresponde a la costa del Pacífico mexicano, la cual se extiende entre los 32°27'N, 117°07W y 14°32'N, 117°13'W. Las costas del Pacífico mexicano y del golfo de California (Figura 3) se extienden por 7,994 km aproximadamente e incluyen 11 estados (INEGI, 1991, Botello *et al.*; 2000). Tomando en cuenta las 200 millas náuticas (370.4 km) hacía el océano que corresponden a la zona económica exclusiva, México cuenta con 2,364,200 km² de extensión marina en el océano Pacífico, en el cual se incluye, como parte del territorio nacional, la isla Guadalupe y el archipiélago Revillagigedo (Figura 3, 4 y 5) (INEGI, 1991).

Se incluye asimismo la isla Clipperton, también conocida como Isla de la Pasión, pequeño territorio que actualmente pertenece políticamente a Francia y está ubicado en los 10° 18' N y 109° 13' O (Figura 3 y 6), constituyendo la porción emergida de un pequeño atolón coralino de forma ovalada, con 4 km de diámetro y 3.7 km² de extensión arrecifal. Su posición geográfica lo hace el punto más alejado del macizo continental dentro de la región biogeográfica del Pacífico oriental (que incluye toda la costa occidental del continente americano), por lo que es un sitio clave para el estudio de la distribución de las especies marinas de esta zona, al representar un puente de colonización de faunas y floras entre Asia y América (Reyes *et al.*, 1999).

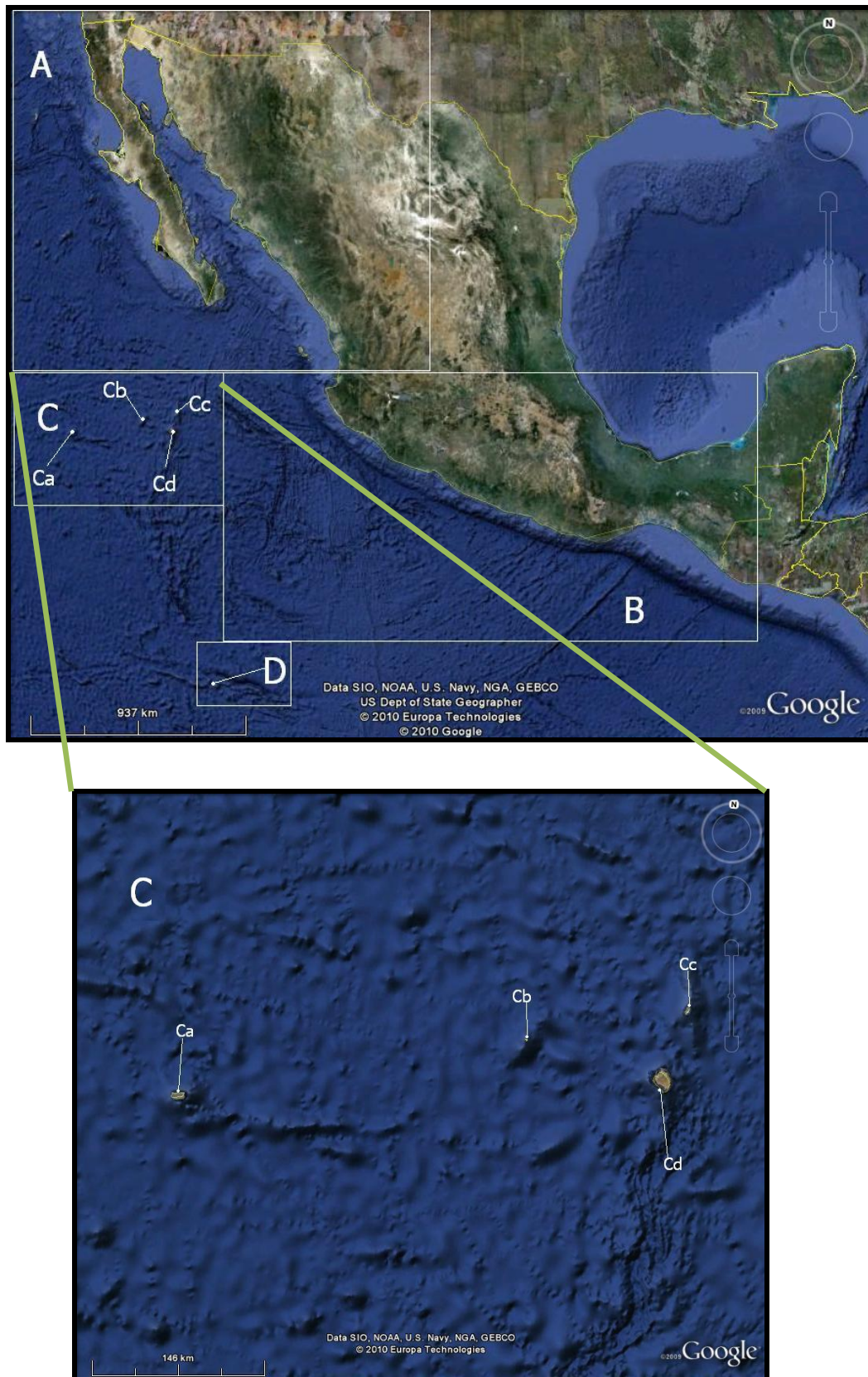


Figura 4. Área de estudio. A) Costa occidental de Baja California y Golfo de California, B) Pacífico tropical mexicano, C) Archipiélago Revillagigedo y D) Atolón Clipperton.

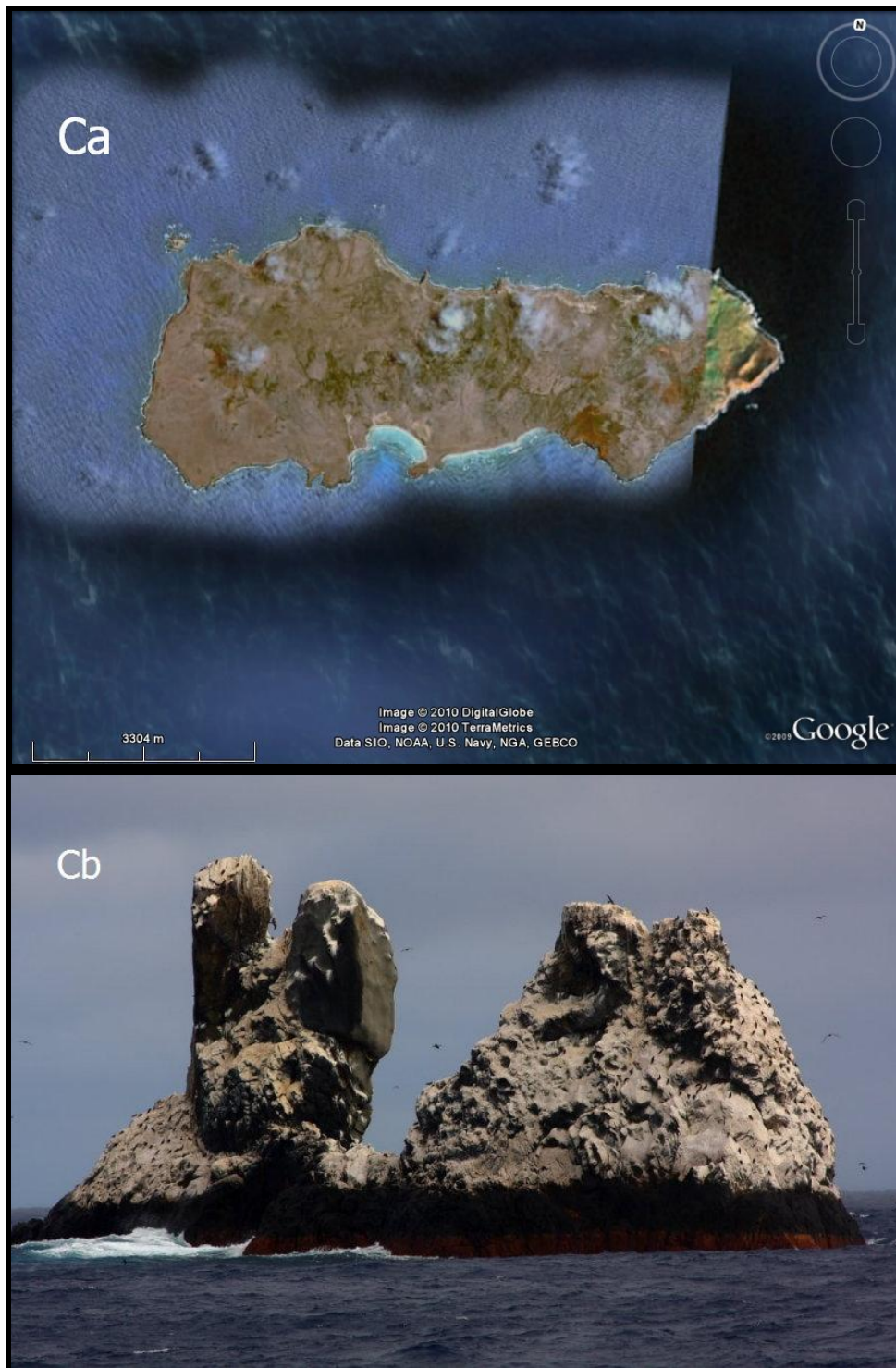


Figura 5. Archipiélago Revillagigedo: Ca) Isla Clarión y Cb) Isla Roca Partida (Foto Iván Cuevas).

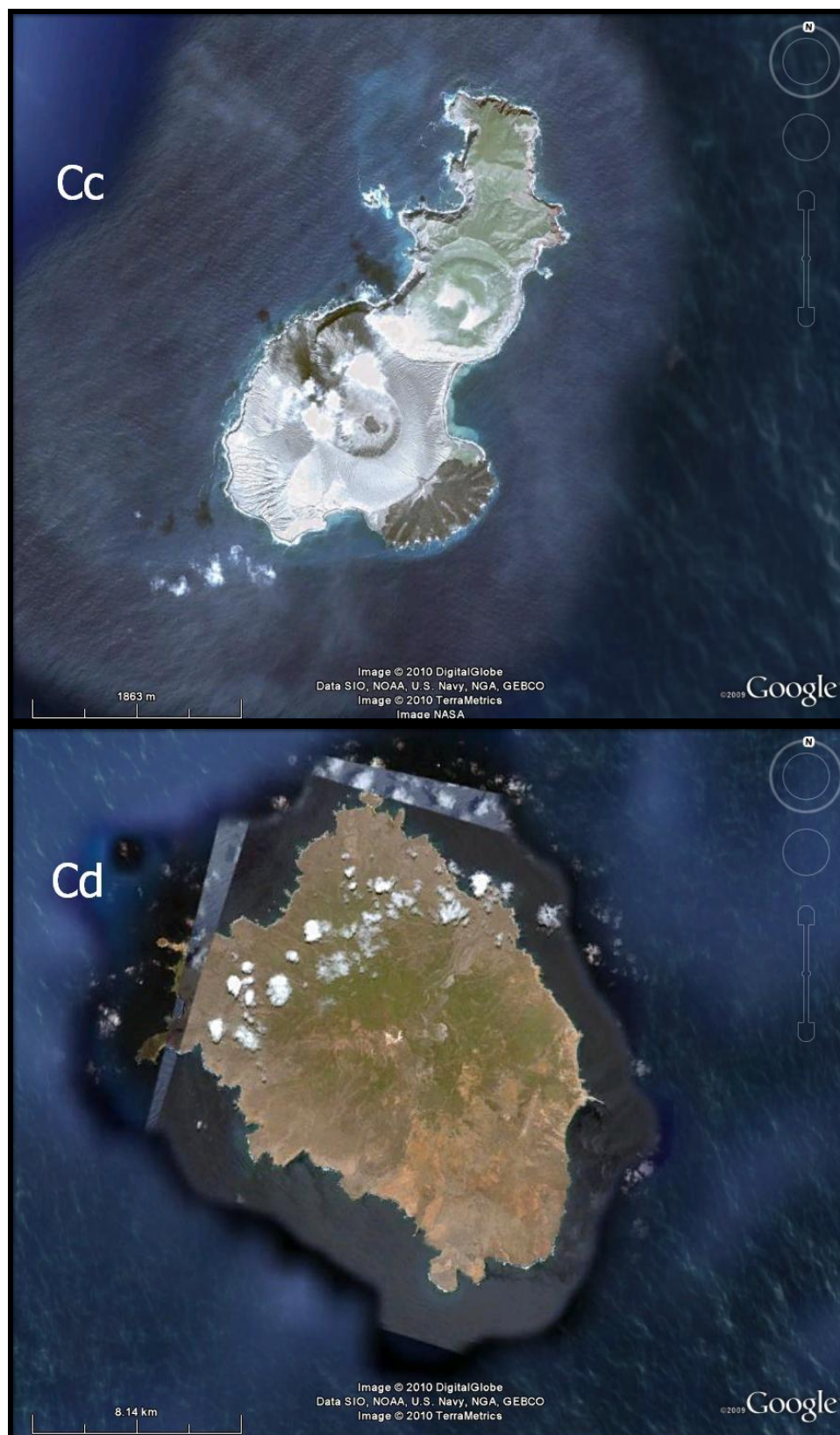


Figura 6. Archipiélago Revillagigedo. Cc) Isla San Benedicto y Cd) Isla Socorro.

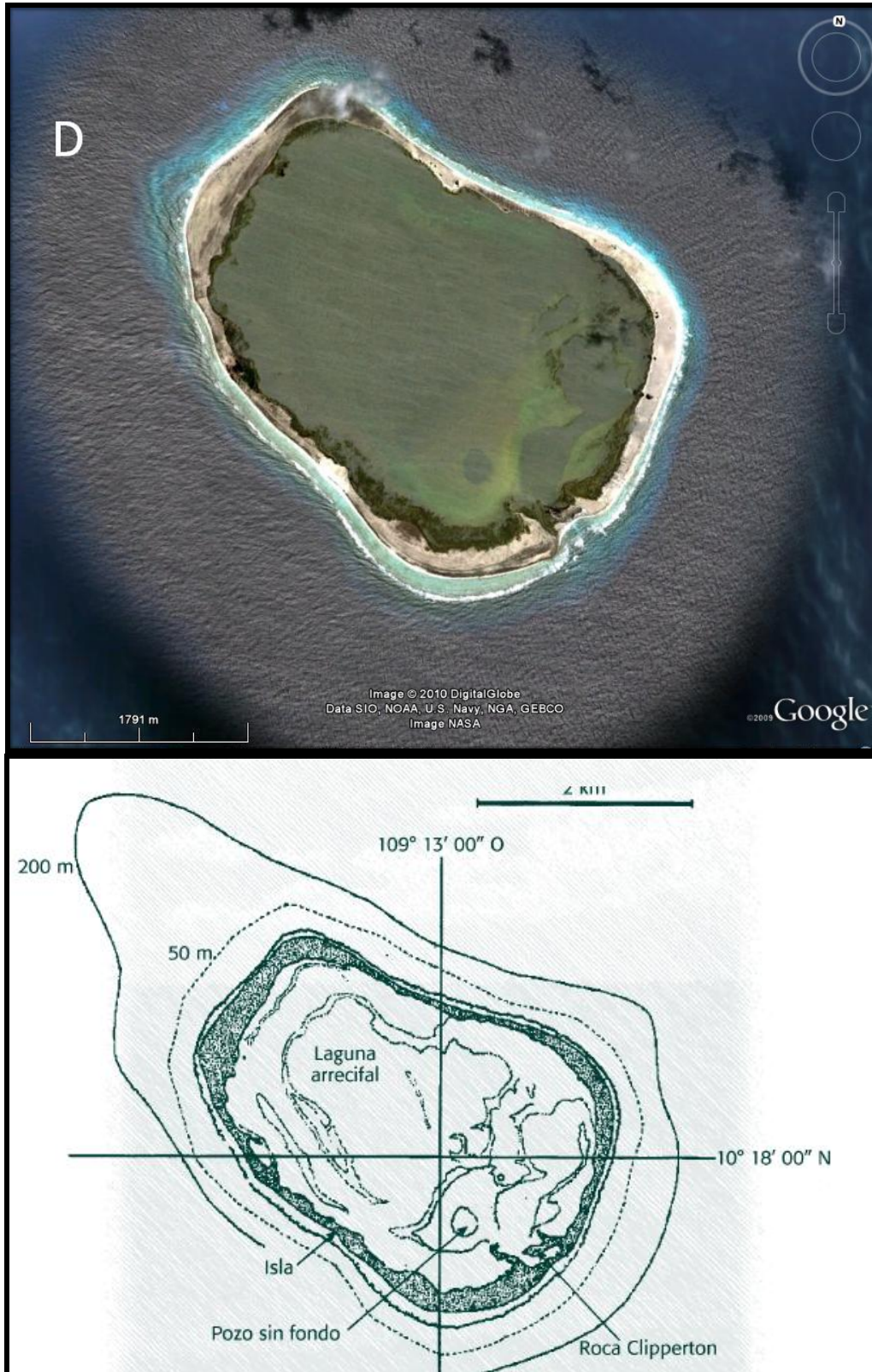


Figura 7. Atolón Clipperton. Arriba imagen satelital, abajo gráfico de la isla mostrando la porción emergida y la extensión arrecifal (Tomada de Reyes *et al.*, 1999).

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

PACÍFICO TROPICAL MEXICANO (CABO CORRIENTES A LA FRONTERA CON GUATEMALA)

Al Pacífico se le ha considerado como el océano más antiguo, un vestigio de la Panthalassa (todo agua), el océano contemporáneo de la Pangea, hace aproximadamente 200 millones de años (Wegener, 1966).

En el Cretácico la configuración del Pacífico fue notablemente diferente a la actual (De la Lanza, 1991). Larson y Chase (1972) describieron las posibles condiciones del océano Pacífico para este periodo, y sugieren la existencia de 4 placas (Kula, Farallón, Phoenix y Pacífica), 5 dorsales oceánicas y dos uniones triples dorsal-dorsal-dorsal.

La placa Farallón subduccionó bajo la costa occidental de América del norte; y la placa Kula a su vez, bajo las Aleutianas, fosas de Japón y Kuribs desapareciendo junto con las dorsales. La placa Phoenix subduccionó totalmente bajo América del sur, mientras que la placa Pacífica migró hacia el norte desplazándose más de 6,000 kilómetros, arrastrando consigo a las dorsales en las cuales se seguía formando piso oceánico .

La evolución del Pacífico entre el Cretácico medio (110 millones de años) y el presente ha traído como consecuencia una disminución de la superficie del océano.

Las fronteras de las placas han variado; hay placas desaparecidas (Kula y Phoenix) y otra que se ha escindido como la de farallón que se ha subdividido en rivera cocos y nazca (Hallam, 1979).

Se han llevado a cabo diversos trabajos sobre el origen y la evolución del Pacífico tropical mexicano, entre los más sobresalientes, se encuentra el realizado por Freedland y Dietz (1971), donde se propone que a finales del triásico las placas Sudamericana y Norteamericana se separaron, migrando esta última hacia el Noroeste en un giro de 10° a la vez que un pequeño bloque

de tierra (Yucatán-Nicaragua) migró hacia el Suroeste aproximándose a la región del istmo de Tehuantepec. Hacia el Jurásico medio (150 millones de años) la placa norteamericana se separa por completo del resto; los bloques Yucatán y Nicaragua se unieron a ella tomando desde entonces, su posición actual y delineándose la zona del Pacífico tropical mexicano en el Eoceno medio (45 a 50 millones de años). Se cerró el paso que se encontraba comunicando el Pacífico tropical con el Caribe y se formó el istmo de Panamá. El continente americano quedó estructurado como actualmente se conoce.

Karig *et al.*, (1978), con base en los datos geológicos y geofísicos, concluyen que la trinchera mesoamericana desde Cabo Corrientes hasta Tehuantepec fue un fenómeno que se dio entre 7 y 80 millones de años y puede ser retribuido al desplazamiento lateral derecho como resultado de subducción oblicua, sin eliminar una contribución parcial de desplazamiento lateral izquierdo en el Sureste, relacionado con el movimiento de los límites de las placas Caribe y Norte americana.

Se sabe que la dorsal pacífico oriental genera piso oceánico hacia el oeste y la dorsal galápagos-panameña hacia el norte, formando así los límites de generación de la placa de cocos, que a la vez subduce entre dos y diez centímetros al año según Malfait (1978), en la trinchera mesoamericana.

El Pacífico es el más grande y profundo de los océanos; cubre más de 166 millones de kilómetros cuadrados y tiene una profundidad promedio de 4,188 metros (Menard y Smith, 1966); el litoral mexicano del océano Pacífico mide 4,054 km de longitud, dentro de los cuales aproximadamente el 42% corresponde al tropical mexicano; su topografía carece de la simetría del atlántico además de sus dorsales, una de sus principales características son las grandes trincheras que circunscriben la mayor parte de los límites del océano. El Pacífico tropical mexicano comprendido entre Cabo Corrientes y la frontera con Guatemala, tiene tres rasgos topográficos sobresalientes: la dorsal del Pacífico este, la zona de fracturas y la trinchera mesoamericana.

El examen de la carta batimétrica para el Pacífico mexicano muestra:

- a) Que la plataforma continental limitada por la isobata de 200 m es de superficie escasa.
- b) Que la región pelágica limitada por las isobatas de 200 a 300 m es también de corta área, indicio de que el declive submarino es muy profundo.
- c) Que la región abisal con profundidades de más de 3000 m ocupa una amplia extensión.
- d) Que las profundidades de más de 4000 m se agrupan formando fosas enfrente del litoral.

La estructura térmica del Pacífico tropical oriental, se caracteriza por una capa de mezcla donde la temperatura es casi constante; una termoclina con un cambio térmico muy fuerte y una capa subsuperficial donde decrece, pero con intervalos mucho menores que en la termoclina (Tchernia, 1980).

La variación anual de la temperatura superficial fluctúa entre 26 y 28°C (Weare *et al.*, 1981). La intrusión de agua superficial subtropical propicia cambios de 5°C o más en el área cercana a Cabo Corrientes, mientras que en el Golfo de Tehuantepec oscila entre 3 y 4°C. Las aguas cálidas del Pacífico tropical están sujetas a un calentamiento superficial que tiende a reducir la densidad. No obstante, la excesiva evaporación que tiene lugar en el subtrópico, incrementa la densidad del agua subtropical y promueve la convección y consecuentemente un proceso de mezcla constante con una extensión vertical de la capa de mezcla de 20 a 50 m. En relación a esta capa se encuentra la termoclina que se caracteriza por ser somera y permanente (Wyrtki, 1965b).

Burke *et al.* (1983) mencionan el notable incremento de la temperatura hacia el sur y la diferencia de salinidad con la latitud, que se originan por la presencia de las corrientes oceánicas.

La densidad presenta variaciones tanto horizontales como verticales. Verticalmente, la estructura de la densidad depende de la temperatura, ya que la salinidad decrece conforme aumenta la profundidad. La relación

Temperatura-Salinidad entre los 150 y 600 m es casi lineal debido a la mezcla gradual del agua intermedia del Antártico (de salinidad baja) con el agua subsuperficial ecuatorial (Sverdrup *et al.*, 1970).

Debido a la poca profundidad de la zona costera la estructura termohalina se ve afectada por procesos particulares tales como los vientos locales, descargas de ríos, lluvias y evaporación, entre otras.

La costa occidental tropical de México está dominada por dos grandes corrientes, la corriente de California y la corriente norecuatorial; ambas pertenecen a la gran circulación local, la cual es estacional y afecta sólo las capas superficiales del océano.

En el Pacífico tropical oriental se distinguen varios tipos de masas de agua superficiales y 2 subsuperficiales. Las primeras son: 1) Agua superficial tropical, 2) Agua superficial subtropical, 3) Aguas superficiales de la corriente de California; 4) Agua de la corriente norecuatorial, y 5) Agua subsuperficial subtropical (Garfield *et al.*; 1983). Las fronteras entre estas masas de agua están sujetas a los cambios estacionales y, en la mayoría de los casos, hay más zonas de frontera que frentes (Wyrky, 1966).

Debajo de estas masas de agua se encuentra la zona de mínimo oxígeno (ZMO) (Knauss, 1962). Las ZMO, son zonas del océano persistentes que se distribuyen a profundidades intermedias y se caracterizan por presentar condiciones de muy bajo oxígeno ($< 0,5 \text{ mL L}^{-1}$) (Anderson *et al.*, 1982; Kamykowski y Zentara, 1990). Estas ZMO se desarrollan cuando hay aguas pobres en oxígeno y una alta demanda de oxígeno en combinación con una pobre ventilación (Wyrky, 1962; Kamykowski y Zentara, 1990). Un largo período de residencia y una intensa actividad biogeoquímica determinan en estas áreas una alta tasa de consumo de oxígeno, llegando a valores cercanos a cero. La importancia de cada uno de los procesos de ventilación, circulación y productividad en la formación, mantenimiento y evolución de las ZMO está en debate (Minas *et al.*, 1990; Pennington *et al.*, 2006) y es objeto de estudio de diferentes grupos de investigación.

Las masas de agua profunda se forman fuera de la región mexicana y penetran en el área por flujo horizontal y mezcla a gran escala (Knauss, 1962).

La circulación de la superficie del Océano Pacífico oriental tropical está sometida a una considerable variación en respuesta al cambio del sistema de los vientos dominantes. El patrón de circulación está dominado por las zonas oriental y ecuatorial de los movimientos giratorios anticiclónicos del océano Pacífico Norte, estos están constituidos por la corriente de California y la corriente Norecuatorial.

A causa de la configuración del océano, los movimientos giratorios anticiclónicos, no logran penetrar dentro del área del Pacífico oriental tropical entre Cabo Corrientes y el Ecuador, lo que consecuentemente ofrece una pauta de circulación variable y aparentemente complicada (Wyrky, 1965).

Oxígeno

El contenido de oxígeno disuelto del Pacífico tropical, se subdivide verticalmente en tres capas: a) la superior bien oxigenada por su contacto con la atmosfera, b) la del fondo que puede contener un alto contenido de oxígeno debido al efecto de la circulación, lo que implica que el consumo del gas en esta capa profunda es relativamente pequeño, o bien, la circulación es lo suficientemente fuerte para mantener un alto contenido de oxígeno, y c) la capa central o intermedia con poco movimiento y bajo contenido de oxígeno que propician condiciones anóxicas; a través de los procesos de mezcla por advección, ésta recibe aporte tanto de la capa superior como de la inferior.

Nutrientes

NITRÓGENO. El océano Pacífico oriental, se divide en áreas ricas y pobres en nutrientes, las cuales se distinguen en función de la detectabilidad de nitratos a los 10 m de profundidad (Thomas, 1969). Las aguas ricas se extienden desde los 0°30' N hasta los 15° S, en las longitudes 105° y 112° O, y las pobres se ubican tanto al Norte como al Sur de estos límites.

El Pacífico tropical mexicano es una zona pobre en nutrientes. Se aprecia que los nitratos generalmente son indetectables en los primeros 10 m de profundidad, mientras que los fosfatos y silicatos siempre están presentes en concentraciones de 0.1 a 0.4 ug-át/l y de 0.5 a 3.0 ug-át/l, respectivamente y el nitrógeno amoniacal muestra concentraciones menores a 1.0 ug-át/l. A partir de este hecho, se ha considerado al nitrógeno como nutriente limitante de las aguas oligotróficas de la costa occidental tropical del país (Thomas, 1969, 1970^a; Thomas y Owen, 1971; Thomas y Dodson, 1972).

FÓSFORO. La concentración de fosfatos en las aguas del Pacífico Tropical Mexicano varía de 0.1 a 1.5 ug-át/l de la superficie a los 100 m; en general se incrementan con la profundidad debido a la influencia de la masa de agua intermedia rica en fosfatos (3.0 ug-át/l) (Sverdrup *et al.*, 1970). En la capa de mezcla el contenido de ortofosfatos, tiende a incrementarse hacia la costa favorecido por la influencia del continente (ríos, escurrimientos, lagunas costeras, entre otros) (De la Lanza, 1991).

SILICATOS. El contenido de silicatos en las aguas someras (10 m) del Pacífico Tropical Mexicano disminuye de Norte a Sur, de 3.0 a 2.0 ug-át/l; y se incrementa hacia la costa (U.S. Department, 1972). Verticalmente la concentración de silicatos aumenta con la profundidad (5 a 40 ug-át/l) (Burke *et al.*, 1983).

COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA

En la Costa Occidental de Baja California se ha estudiado la distribución del oxígeno disuelto siguiendo dos enfoques complementarios: uno de ellos que abarca amplias regiones e intervalos de tiempo, y el otro que se centra en estudios específicos en ciertas bahías y/o lagunas costeras como parte del análisis para determinar su potencial para maricultivos. Dentro del primer enfoque se sitúan los trabajos realizados por CalCOFI a partir de 1949 y más recientemente, los estudios llevados a cabo por PEMEX (1986). Entre los estudios puntuales destacan los que se han hecho en Ensenada, Bahía San Quintín, Bahía Vizcaíno, Punta Banda y Bahía Magdalena (De la Lanza, 1991).

En las aguas superficiales a lo largo de toda la costa oeste de Baja California, desde Rosarito hasta Cabo San Lucas, en una franja de 20 km de ancho, el patrón de distribución del oxígeno muestra una clara relación inversa con la temperatura; la concentración de oxígeno disminuye de Norte a Sur conforme aumenta la temperatura. Asimismo, en los meses más cálidos se observa una disminución en el contenido de este gas (De la Lanza, 1991).

En un análisis de los datos de CalCOFI a través de dos transectos correspondientes a Baja California Norte y Baja California Sur, Reid (1960) determina que las aguas superficiales, por lo general, están saturadas de oxígeno con valores entre 5 y 6 ml/l. Lo más significativo se observa en el transecto correspondiente a Baja California Sur cerca de la costa, conforme aumenta la profundidad: los niveles de oxígeno descienden notablemente hasta alcanzar 0.25 ml/l a partir de los 200m (capa anóxica). Este descenso en la concentración de oxígeno coincide con las salinidades máximas en la región, debidas a una intrusión de aguas ecuatoriales. Este es un buen ejemplo de que el factor determinante para la concentración de oxígeno es la salinidad y no la temperatura como sucede en el resto de la costa oeste de Baja California. En las capas superficiales, la variación estacional de oxígeno está en relación con los cambios de temperatura que causan una variación en la saturación (De la Lanza, 1991).

Gómez (1984) con información de CalCOFI, establece la hidrografía promedio estacional frente a Ensenada, y con base en esto, estima que las termoclina, haloclina, picnoclina y oxiclina se presentan más profundas lejos de la costa y ascienden a la superficie a medida que se acercan a ella; en consecuencia, las aguas superficiales más frías, saladas, densas y con menor contenido de oxígeno, se presentan cerca de la costa. Este comportamiento se asocia con el balance geostrófico de la corriente de California y la ocurrencia de surgencias de la costa.

La distribución estacional del oxígeno es afín a la estructura de densidad correspondiente. La oxiclina resulta casi paralela a la picnoclina permanente. Cerca de la superficie, la variación estacional es del orden de 1ml/l con los

niveles más bajos de 4.5 ml/l que corresponden al periodo de intensificación de las surgencias, los más altos de 5.5 ml/l en invierno cuando las surgencias son más débiles. Lejos de la costa los cambios estacionales son prácticamente nulos. A profundidades cercanas a 200 m el aporte de agua con bajo contenido de oxígeno por la contracorriente subsuperficial da como resultado que el contenido de oxígeno sea del orden de 2 ml/l (De la Lanza, 1991).

GOLFO DE CALIFORNIA

El Golfo de California, es una cuenca marginal situada al noroeste de la República Mexicana, delimitada al occidente por la Península de Baja California y al oriente por las costas de los estados de Sonora y Sinaloa, ubicada entre los 23° y 32° de Latitud Norte y los 107° a 115° de Longitud Oeste. Este mar semicerrado de 1200 km de longitud presenta un promedio de 150 km de ancho con comunicación directa al sureste con el Océano Pacífico (Fig. 3); es una de las cuencas más estudiadas del mundo desde tiempos muy remotos, por el privilegio de poseer una gran variedad de ambientes costeros ya que circunscribe a 256 mil hectáreas de manglares, 600 mil hectáreas de lagunas costeras con pantanos, arrecifes rocosos y coralinos. Lo anterior, conlleva a una gran diversidad de hábitats que sirven de refugio y crianza a estadios larvarios y juveniles de crustáceos, moluscos, equinodermos, peces y aves. Asimismo, alberga alrededor de 102 islas (casi todas de origen volcánico), de las cuales la mayoría forman parte de los ecosistemas insulares ecológicamente más conservados del mundo y de los pocos laboratorios naturales que aún existen (Alvarez-Arellano y Molina-Cruz, 1986 y Tovilla-Hernández, 1991).

Por su latitud, así como por la cordillera de 1 a 3 km de altura, que corre a lo largo de la Península de Baja California en el Occidente, la cual obstruye el efecto termorregulador del Océano Pacífico y la presencia del desierto de Sonora en su lado Oriente, el Golfo de California se encuentra en medio de dos ambientes áridos, que le proporcionan la característica de ser la única gran

cuenca de evaporación en América que tiene comunicación directa con el Océano Pacífico (Roden, 1964), por lo que el clima es principalmente continental con grandes variaciones anuales y diurnas de temperatura.

En términos generales, desde el punto de vista oceanográfico, de acuerdo a Roden y Emilsson (1980), el Golfo de California se divide en las siguientes provincias: 1) el Golfo Superior, 2) Canal Ballenas y Fosa Salsipuedes, 3) Golfo Inferior y 4) entrada del Golfo.

El Golfo Superior incluye desde la desembocadura del Río Colorado hasta la Isla Tiburón. Se caracteriza por pendientes ligeras, cuencas someras, sedimentos gruesos, alta turbidez, temperaturas extremas, gran evaporación, baja precipitación, altas salinidades, grandes amplitudes de mareas, corrientes de marea fuertemente rotatorias que generan mezcla y escaso oleaje. Experimenta fuertes fluctuaciones estacionales, en cuanto a las variaciones de las características termohalinas y en lo que se refiere a las corrientes.

El Canal de Ballenas y la Fosa Salsipuedes se encuentran entre las islas Ángel de la Guarda, San Lorenzo y la península de Baja California. Esta provincia es única por su ubicación y compleja topografía; presenta corrientes de marea longitudinales que recorren la cuenca creando en el fondo elevadas temperaturas, salinidades y concentraciones de oxígeno disuelto (anormales), con altas velocidades de corriente que generan fuertes mezclas, que por los cambios drásticos en la profundidad del canal crean una barrera abrupta del flujo de agua subsuperficial entre el centro y el Norte del golfo.

El Golfo Inferior se localiza entre la Isla Tiburón y una línea imaginaria que une a Mazatlán y Cabo San Lucas. Se caracteriza por su libre comunicación, salinidades superficiales relativamente altas y la presencia de una fuerte corriente hacia el sur, cerca de sus límites occidentales. Las pendientes entre ambas son diferenciales en virtud de la falta de sedimentación en el lado occidental; las cuencas son profundas, las amplitudes de marea son pequeñas y las diferencias en la intensidad de las corrientes son menos importantes que aquellas producidas por el viento. Existe una marcada

variación estacional en la temperatura, con rangos cercanos a los del Golfo Superior, aunque las variaciones de salinidad son mínimas.

La entrada al Golfo ubicada al sur del paralelo de los 23° N, es de naturaleza más oceánica que las otras provincias, es el área triangular comprendida entre las líneas imaginarias originadas entre Mazatlán y Cabo Corrientes hasta Cabo San Lucas. Presenta diversas pendientes abruptas; en el lado de la península muestra cuencas de más de 3,600 m de profundidad. Las salinidades son las más bajas de todo el golfo y existe mayor precipitación, las temperaturas son moderadas por la entrada y mezcla de las aguas del Pacífico y las amplitudes de marea son pequeñas. La acción de las olas es más pronunciada a lo largo del año y la influencia de las tormentas del Pacífico es definitiva, especialmente durante la temporada de huracanes (ago-nov) (Tovilla-Hernández, 1991).

En el marco oceanográfico, teniendo en cuenta la estrecha influencia del clima, los vientos y la circulación atmosférica sobre los movimientos del agua, el Golfo de California manifiesta un patrón de vientos del noreste durante el invierno y del sureste en verano. Por lo anterior, durante el final del invierno y principios de primavera, el centro atmosférico anticiclónico del Pacífico nororiental concurre latitudinalmente con el centro atmosférico ciclónico del desierto de Sonora, dando lugar a un gradiente barométrico que obliga a que los vientos geostroficados se tornen paralelos al eje axial del golfo y se intensifiquen, manteniendo así un clima seco, e induciendo el transporte de agua superficial al sur y generando surgencias a lo largo de la costa oriental. Durante el verano y principios de otoño, la estructura atmosférica es completamente diferente ya que hay emigración del centro de baja presión del desierto de Sonora al norte del golfo, lo que origina que los vientos provengan del sureste, cargados con humedad provocando precipitación en la costa oriental del golfo, principalmente en su región sur, e induciendo el transporte de aguas superficiales hacia el interior del golfo generando surgencias en la costa occidental (Molina-Cruz, 1986). De acuerdo a Roden y Groves, (1959) y Roden (1964) la circulación de las aguas superficiales, tienen tres orígenes: el agua de la corriente de California, de baja salinidad y temperatura ($T < 22^{\circ}\text{C}$; $S < 34.6\text{‰}$);

el agua cálida del Pacífico Tropical Oriental, de salinidad intermedia ($T > 25^{\circ}\text{C}$; $34.6\% \text{o} < S < 34.9\% \text{o}$) y el agua originada en el interior del Golfo, de alta salinidad y temperatura ($22^{\circ}\text{C} < T < 25^{\circ}\text{C}$; $S > 34.9\% \text{o}$). En invierno existe una pequeña diferencia en la temperatura del aire entre el golfo y las costas de Pacífico de Baja California y en verano la temperatura del aire se incrementa hacia el interior del golfo.

Como se puede observar, el Golfo de California, es una cuenca estructuralmente compleja, donde se registran todo tipo de accidentes topográficos, desde los abanicos sedimentarios de pendientes sumamente suaves en el Golfo Superior, los cuales se interrumpen bruscamente por una serie de escarpes accidentados, hasta llegar a formar paredes casi verticales en el Canal de Ballenas. Presenta cañones submarinos, producto de las transgresiones y procesos de circulación durante el último millón de años, localizados principalmente en el extremo sur de la península, así como frente a Topolobampo, Sinaloa. Algunos de estos cañones desembocan en profundas cuencas y planicies abisales (Cuenca Farallón). El Golfo comprende tres cuencas alineadas de Norte a Sur (Carmen, Farallón y Pescadero) cuya batimetría se incrementa en el mismo sentido, teniendo a la isóbata de los 1 800 m como límite. Asimismo, son notables la presencia de una plataforma continental en el margen oriental del golfo y la ausencia de ésta en el occidental (Tovilla-Hernández, 1991).

Los sedimentos depositados en este mar, son de origen orgánico e inorgánico, los primeros constituidos por formas planctónicas y bentónicas, siendo en su mayoría autóctonos. Los de origen inorgánico han sido producto de la erosión y depositación en ambas márgenes, dominando la deposición o construcción en las costas de Sonora y Sinaloa, por lo que el margen continental presenta costas más extensas de pendientes suaves con predominio de arenas; desde granos gruesos hasta muy finos. En el margen costero de la península la erosión ha sido más común y destructiva, debido a la carencia de sistemas fluviales permanentes que depositen sedimentos a lo largo de las costas; en estas últimas, la erosión marina genera líneas de costa rocosas y escarpadas (Aguayo, 1981).

La riqueza biológica y ecológica del Golfo de California hacen de este mar uno de los que presentan mayor biodiversidad en el mundo, por la alta productividad de sus aguas, debido a la presencia de las surgencias las cuales sustentan amplias zonas pesqueras. Los humedales costeros y las zonas de concentración de microalgas, ambas importantes en la región, son utilizados por muchas especies como áreas de refugio, alimentación, reproducción y anidación (Solís-Marín, *et al.*, 1993).

4. OBJETIVOS:

4.1. OBJETIVO GENERAL:

- Analizar mediante la aplicación de análisis de parsimonia de endemismos (Rosen, 1988) las relaciones de afinidad biogeográfica de los holoturoideos del Pacífico mexicano, con respecto a las provincias biogeográficas establecidas en la región Pacífico Este, Archipiélago Revillagigedo y Atolón Clipperton.

4.2. OBJETIVOS PARTICULARES:

- Revisar la situación taxonómica actual de los holoturoideos del Pacífico Mexicano presentes en la Colección Nacional de Equinodermos: “Dra. María Elena Caso” del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Revisar la distribución de las especies de holoturoideos depositados en la base de datos del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington D.C., U.S.A.
- Actualizar la base de datos y la colección nacional, incluyendo el material del Pacífico mexicano obtenido durante el desarrollo de la tesis.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Material examinado para obtención de datos

a) Revisión taxonómica

Para la realización del presente trabajo, se hizo una revisión taxonómica de los ejemplares de holoturoideos depositados en la Colección Nacional de Equinodermos “Dra. María Elena Caso M.” del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), que caracterizan al océano Pacífico mexicano (que incluye el archipiélago Revillagigedo), el golfo de California y el atolón Clipperton. Lo anterior con el fin de elaborar una base de datos con información actualizada.

Se incluyen también, en la base de datos, los ejemplares de la zona de estudio presentes en el Museo Nacional de Historia Natural, de la institución Smithsonian. Esta información fue extraída de la base de datos de equinodermos en “BIOTICA” (versión 5).

También se incorporan los datos obtenidos a partir de la identificación de especímenes recolectados para el proyecto: “Los equinodermos de la costa Michoacana” (CONABIO HJ019) realizado en Marzo, Mayo y Junio de 2010, y una salida de recolecta realizada en las islas Revillagigedo en Agosto de 2008.

De dicha revisión se obtuvo una lista de provincias y de las especies contenidas en ellas. El atolón Clipperton y el archipiélago Revillagigedo fueron contemplados aparte. La base de datos obtenida fue utilizada para el análisis biogeográfico.

b) Trabajo de laboratorio

Se examinaron un total 8,018 ejemplares de holoturoideos presentes en la Colección Nacional para la zona de estudio y de las recolectas referidas. El trabajo de gabinete realizado en esta revisión fue el siguiente:

- I. Revisión de cada ejemplar (obtención de espículas de la zona dorsal para identificación).
- II. Revisión de datos por ejemplar contenidos en la base de datos "BIÓTICA" (versión 5) para los equinodermos.
- III. Elaboración de la etiqueta correspondiente a cada especie que concentra la información de cada ejemplar. La etiqueta contiene los siguientes datos: lugar y fecha de recolecta, nombre del recolector; coordenadas geográficas, temperatura, profundidad, oxígeno disuelto, pH, salinidad, transparencia del agua, sustrato y tipo de recolecta.
- IV. Durante la revisión taxonómica se hallaron los ejemplares mal identificados, se hizo una reidentificación, re-etiquetado y corrección de la base de datos.
- V. Cambio de alcohol etílico al 70% y plástico de la boca de los frascos.

5.2. Análisis biogeográfico

a) Divisiones biogeográficas

Para este análisis, las divisiones establecidas fueron las provincias biogeográficas correspondientes al Pacífico mexicano que están comprendidas en 2 subregiones según (Espinosa-Pérez y Hendrickx, 2006): Californiana (subregión Norte) y Cortés, Mexicana y Panámica (subregión Pacífico este tropical) (figura 7).

- Provincia Californiana (P. Cal.): desde punta Concepción (California; EUA) hasta bahía Magdalena (Baja California Sur, México).

- Provincia de Cortés (P. Cor.): desde bahía Magdalena hasta el extremo sur de bahía de Banderas (Jalisco, México), incluyendo la totalidad del golfo de California.
- Provincia Mexicana (P. Mex.): desde bahía de Banderas hasta bahía Tangola-Tangola (Oaxaca, México).
- Provincia Panámica (P. Pan.): desde bahía Tangola-Tangola hasta Paita (Perú).

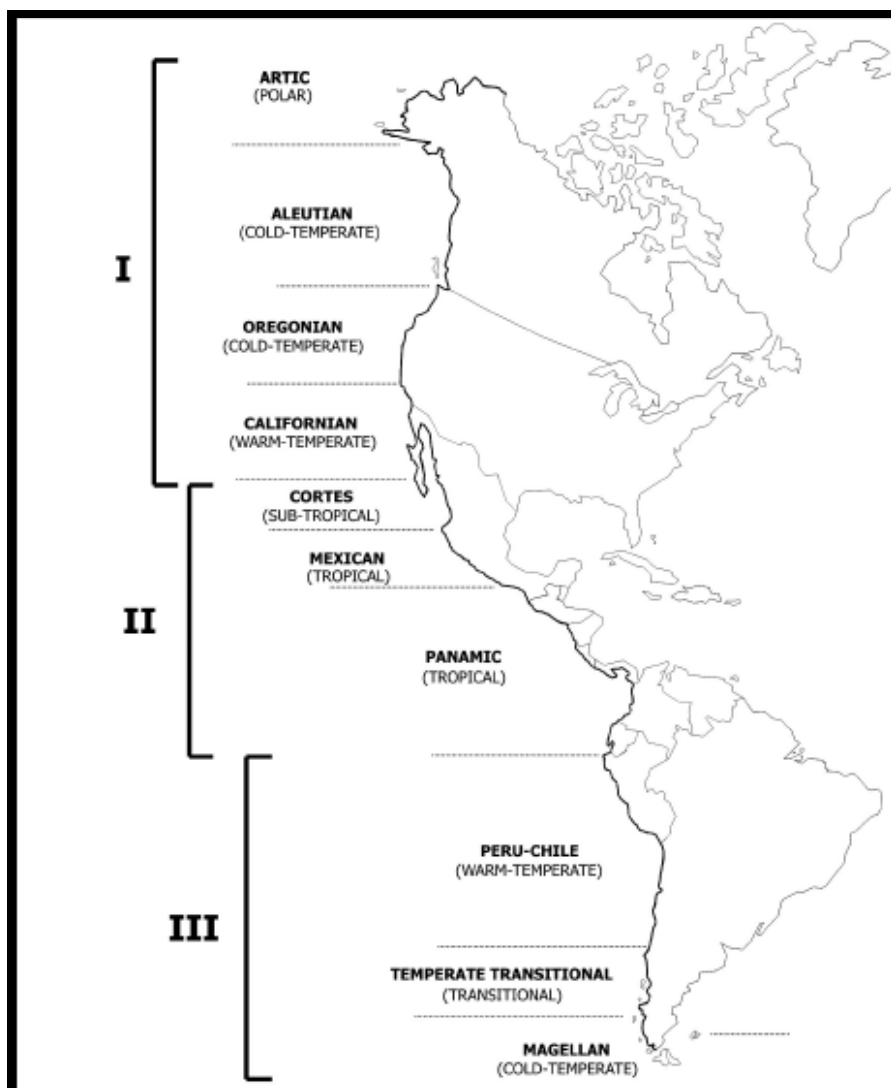


Figura 8. Subregiones zoogeográficas y sus respectivas provincias. I Subregión norte, II Subregión Pacífico este tropical y III Subregión sur (tomado de Espinosa-Pérez & Hendickx, 2006).

Para el presente estudio, se considera al archipiélago Revillagigedo (Ar. Revillagigedo) y el atolón Clipperton (At. Clipperton) como áreas separadas de las provincias debido a su lejanía del continente.

No obstante las 4 provincias biogeográficas pertenecientes al Pacífico mexicano, así como el Ar. Revillagigedo y At. Clipperton fueron consideradas por poseer registros de holoturoideos, albergados en la Colección Nacional de Equinodermos.

Para la comparación con la fauna del indopacífico se utilizan los registros de holoturoideos que poseen las Islas Marianas (Apéndice 2), estos se incluyen en la matriz de datos para analizar las afinidades con las provincias mexicanas, el Ar. Revillagigedo y el At. Clipperton.

Las Islas Marianas son una cadena de 15 islas volcánicas y de piedra caliza más importantes, que bordean el margen occidental de la placa del Pacífico entre los 13° N y 21° N de latitud. El archipiélago es un clásico arco de islas, formado por erupciones volcánicas, iniciado por la subducción de la placa del Pacífico bajo la placa de Filipinas (Paulay, 2003a).

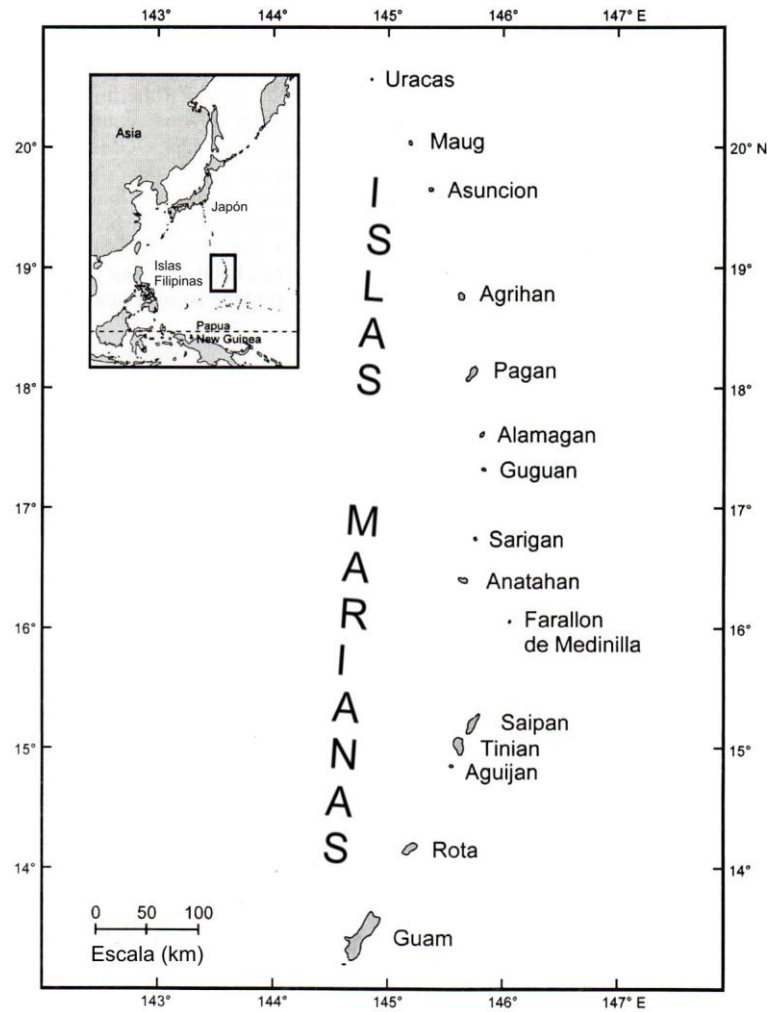


Figura 8. Ubicación de las Islas Marianas (Modificado de Paulay, 2003b).

b) Análisis de Parsimonia de endemismos (PAE).

Las afinidades biogeográficas fueron establecidas mediante la aplicación del análisis de parsimonia de endemismos o "Parsimony Analysis of Endemicity" (PAE por sus siglas en inglés) (Rosen, 1988), el cual es un método comparativo de biogeografía histórica, que toma como base la distribución de los taxones (Crisci *et al.*, 2003). El PAE ha sido aplicado por diferentes autores para establecer relaciones entre diferentes unidades geográficas (análogas a taxones), de acuerdo con sus taxones compartidos (Análogos a los caracteres), mediante la solución más parsimoniosa (Espinosa & Morrone, 2001). Las unidades geográficas que se han utilizado en el PAE son "localidades, cuadrículas" con diferente resolución espacial y áreas de endemismo (Crisci *et al.*, 2000), estas últimas representadas generalmente por regiones o provincias biogeográficas (Contreras-Medina, 2006).

El análisis se realizó construyendo una matriz de presencia/ausencia, en la cual se incorporaron los taxones (columnas) y sus correspondientes provincias (filas), en donde las presencias se codifican con "1" y las ausencias con "0"; enraizando el cladograma con un área hipotética codificada con "0's" (Tabla 5). Los datos contenidos en dichas matrices fueron los obtenidos de la base de datos construida en la revisión taxonómica y la base de datos de equinodermos en "BIOTICA" versión 5. La matriz fue sometida a un programa Nona (Goloboff, 1997) a través de Winclada (Nixon, 2002). La confiabilidad de los datos se determina mediante los índices de consistencia y de retención implícitos en los cálculos del programa.

6. RESULTADOS:

6.1. Biodiversidad

En la zona de estudio fueron registradas 68 especies de holoturoideos del Pacífico mexicano agrupadas en 34 géneros y 13 familias (cuadro 3).

Tabla 2. Especies, géneros y familias por órdenes de holoturoideos para la zona de estudio.
Para más detalle ver anexo 1.

	Especies	Géneros	Familias
Dendrochirotida	31	19	4
Aspidochirotida	25	5	2
Elasipodida	4	4	3
Molpadida	4	3	2
Apodida	4	3	2
Total	68	34	13

A continuación se muestran el número de ejemplares revisados para cada una de las especies, en total fueron revisados de 8,018 ejemplares.

Tabla 3. Material examinado, se muestran las especies y el número de ejemplares revisados.

Espece	No. de ejemplares revisados
<i>Lissothuria hancocki</i> (Deichmann, 1941)	1
<i>Lissothuria nutriens</i> H. L. Clark, 1901	3
<i>Lissothuria ornata</i> (Verrill, 1867)	45
<i>Psolidium dorsipes</i> Ludwig, 1887	21
<i>Psolus chitinoides</i> H. L. Clark, 1901	1
<i>Psolus diomedeeae</i> Ludwig, 1894	17
<i>Psolus squamatus</i> (Müller, 1776)	2
<i>Afroccucumis ovulum</i> (Selenka, 1867)	14
<i>Athyone glasselli</i> (Deichmann, 1936)	6
<i>Apentamera lepra</i> Deichmann, 1941	2
<i>Neothyone gibbosa</i> Deichmann, 1941	201
<i>Neothyone gibber</i> (Selenka, 1867)	105
<i>Neothyone panamensis</i> (Ludwig, 1887)	1
<i>Pachythyone lugubris</i> (Deichmann, 1939)	35
<i>Pachythyone pseudolugubris</i> Deichmann, 1941	25
<i>Neopentamera anexigua</i> Deichmann, 1941	11
<i>Phyllophorus zaca</i> Deichmann, 1938	3
<i>Pentamera chierchia</i> (Ludwig, 1887)	243
<i>Pentamera chiloensis</i> (Ludwig, 1887)	1
<i>Thyone bidentata</i> Deichmann, 1941	3
<i>Thyone parafusus</i> Deichmann, 1941	6
<i>Thyone strangeri</i> Deichmann, 1941	1
<i>Staurocucumis abyssorum</i> (Théel, 1886)	4
<i>Cucumaria chilensis</i> Ludwig, 1875	2
<i>Cucumaria crax</i> Deichmann, 1941	2,628
<i>Cucumaria flamma</i> Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 1999	30
<i>Neocucumis veleronis</i> (Deichmann, 1941)	8
<i>Pseudocnus californicus</i> (Semper, 1868)	838
<i>Trachythyone peruana</i> Semper, 1868	47
<i>Thyonella mexicana</i> (Deichmann, 1941)	111
<i>Leptopentacta nova</i> Deichmann, 1941	1
<i>Holothuria (Cystipus) casoae</i> Laguarda-Figueras y Solís-Marín, 2009	5
<i>Holothuria (Cystipus) c.f. inhabilis</i> Selenka, 1867	2

<i>Holothuria (Cystipus) c.f. rigida</i> (Selenka, 1867)	42
<i>Holothuria (Halodeima) atra</i> Jaeger, 1833	10
<i>Holothuria (Halodeima) inornata</i> Semper, 1868	39
<i>Holothuria (Halodeima) kefersteini</i> Selenka, 1867	306
<i>Holothuria (Lessonothuria) pardalis</i> Selenka, 1867	5
<i>Holothuria (Mertensiothuria) c.f. fuscocinerea</i> Jaeger, 1833	8
<i>Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota</i> (Brandt, 1835)	188
<i>Holothuria (Platyperona) difficilis</i> Semper, 1868	107
<i>Holothuria (Selenkothuria) lubrica</i> Selenka, 1867	1469
<i>Holothuria (Selenkothuria) portovallartensis</i> Caso, 1954	87
<i>Holothuria (Selenkothuria) theeli</i> Deichmann, 1938	1
<i>Holothuria (Semperothuria) imitans</i> Ludwig, 1874	133
<i>Holothuria (Semperothuria) languens</i> Selenka, 1867	1
<i>Holothuria (Theelothuria) paraprinceps</i> Deichmann, 1937	3
<i>Holothuria (Thymiosycia) arenicola</i> Semper, 1868	123
<i>Holothuria (Thymiosycia) impatiens</i> (Forskaal, 1775)	381
<i>Holothuria (Thymiosycia) hilla</i> Lesson, 1830	143
<i>Holothuria (Vaneyothuria) zaca</i> e (Deichmann, 1937)	373
<i>Labidodemas c.f. americanum</i> Deichmann, 1938	25
<i>Labidodemas macullochi</i> (Deichman, 1958)	6
<i>Isostichopus fuscus</i> Ludwig, 1874	50
<i>Apostichopus parvimensis</i> Clark, 1913	5
<i>Parastichopus californicus</i> (Stimpson, 1857)	1
<i>Pannychia moseleyi</i> Théel, 1882	1
<i>Achlyonice ecalcare</i> a Théel, 1879	1
<i>Scotoplanes clarki</i> Hansen, 1975	1
<i>Benthodytes sanguinolenta</i> (Théel, 1882)	3
<i>Molpadia intermedia</i> (Ludwig, 1894)	9
<i>Molpadia musculus</i> Risso, 1826	3
<i>Caudina californica</i> Ludwig, 1894	1
<i>Paracaudina chilensis</i> (Müller, 1850)	1
<i>Epitomapta tabogae</i> Heding, 1928	1
<i>Euapta godeffroyi</i> (Semper, 1868)	20
<i>Chiridota aponocrita</i> H. L. Clark, 1920	9
<i>Chiridota rigida</i> Semper, 1868	39
TOTAL: 68 especies	8,018

La familia Holothuriidae es la mejor representada, con 22 especies (32% de las especies registradas). Las familias Sclerodactylidae y Cucumariidae están representadas por 9 especies cada una (13%), seguidas por las familias Psolidae, Phyllophoridae y Stichopodidae con 7 (10%), 6 (9%) y 3 (4%) especies respectivamente; mientras que las familias Elpidiidae, Molpadiidae, Caudinidae, Synaptidae y Chirodotidae con 2 especies, representando el 3%; y finalmente las familias Laetmogonidae, Psychropotidae con 1 especie que representa el 2%.

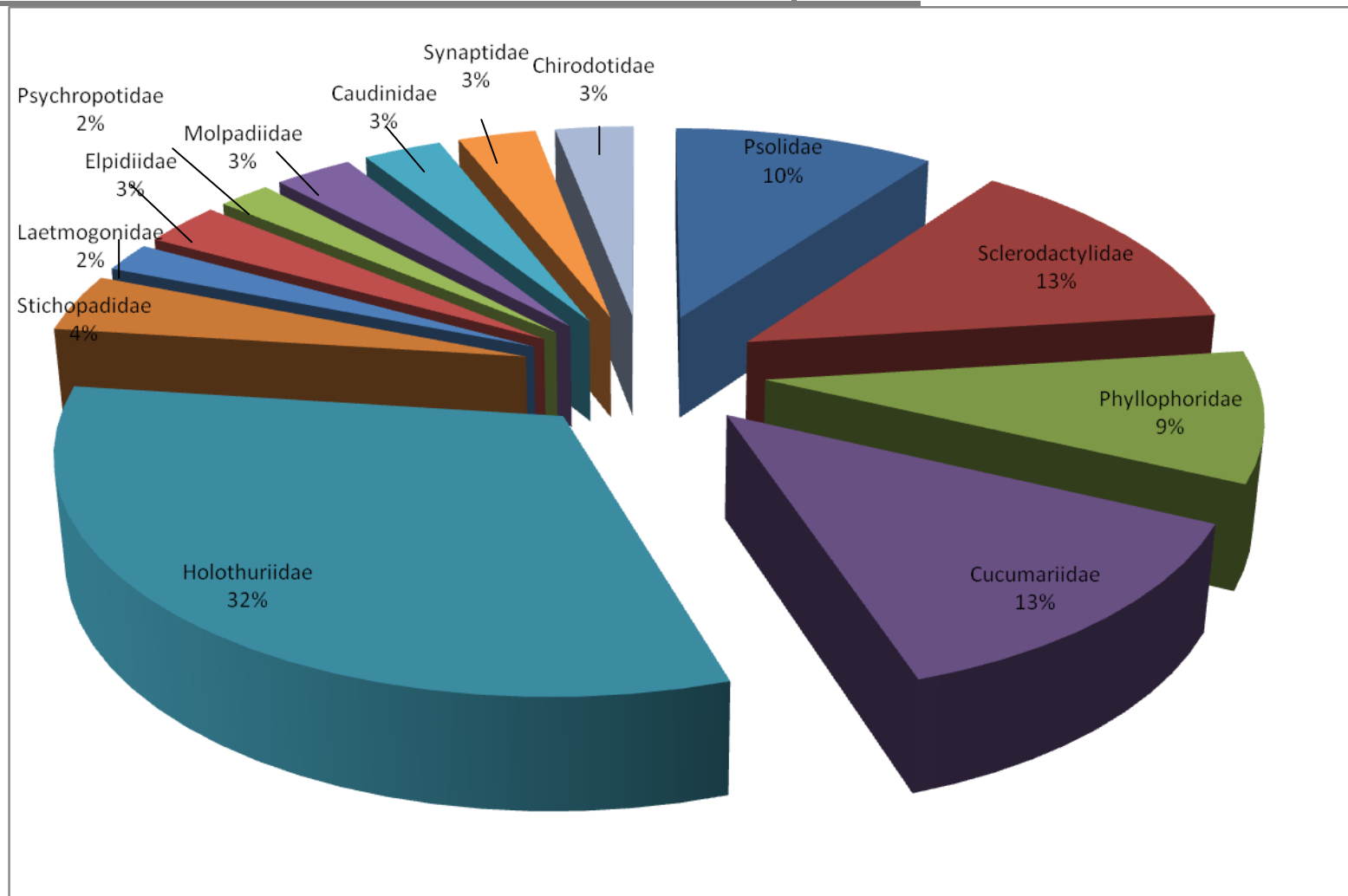


Figura 10. Proporción por familias de las especies de holoturoideos encontradas en la zona de estudio.

Tabla 4. Distribución de los holoturoideos en las seis áreas seleccionadas para el análisis.

	P. Californiana	P.Cortés	P. Mexicana	P. Panámica	A. Revillagigedo	A. Clipperton
<i>Lissothuria hancocki</i> (Deichmann, 1941)		*				
<i>Lissothuria nutriens</i> H. L. Clark, 1901	*		*			
<i>Lissothuria ornata</i> (Verrill, 1867)	*	*	*			
<i>Psolidium dorsipes</i> Ludwig, 1887		*	*			
<i>Psolus chitinoides</i> H. L. Clark, 1901	*					
<i>Psolus diomedea</i> Ludwig, 1894	*	*				
<i>Psolus squamatus</i> (Müller, 1776)		*				
<i>Afrocucumis ovulum</i> (Selenka, 1867)		*	*			
<i>Athyone glasselli</i> (Deichmann, 1936)		*				
<i>Apentamera lepra</i> Deichmann, 1941		*				
<i>Neothyone gibbosa</i> Deichmann, 1941		*	*			
<i>Neothyone gibber</i> (Selenka, 1867)	*	*	*			
<i>Neothyone panamensis</i> (Ludwig, 1887)		*				
<i>Pachythyone lugubris</i> (Deichmann, 1939)	*	*	*			
<i>Pachythyone pseudolugubris</i> Deichmann, 1941		*	*			
<i>Neopentamera anexigua</i> Deichmann, 1941		*	*			
<i>Phyllophorus zaca</i> Deichmann, 1938		*			*	
<i>Pentamera chierchia</i> (Ludwig, 1887)		*	*		*	
<i>Pentamera chiloensis</i> (Ludwig, 1887)		*				
<i>Thyone bidentata</i> Deichmann, 1941	*	*	*			
<i>Thyone parafusus</i> Deichmann, 1941		*	*			
<i>Thyone strangeri</i> Deichmann, 1941		*				
<i>Staurocucumis abyssorum</i> (Théel, 1886)	*	*	*			
<i>Cucumaria chilensis</i> Ludwig, 1875		*				
<i>Cucumaria crax</i> Deichmann, 1941	*	*				
<i>Cucumaria flamma</i> Solís-Marín y Laguarda-Figuera, 1999		*	*			
<i>Neocucumis veleronis</i> (Deichmann, 1941)		*	*			
<i>Pseudocnus californicus</i> (Semper, 1868)	*	*	*			

<i>Trachythyone peruana</i> Semper, 1868		*	*	*	
<i>Thyonella mexicana</i> (Deichmann, 1941)		*			
<i>Leptopentacta nova</i> Deichmann, 1941	*				
<i>Holothuria (Cystipus) casoae</i> Laguarda-Figueras y Solís-Marín, 2009		*			
<i>Holothuria (Cystipus) inhabilis</i> Selenka, 1867		*			
<i>Holothuria (Cystipus) rigida</i> (Selenka, 1867)		*	*		
<i>Holothuria (Halodeima) atra</i> Jaeger, 1833		*	*		*
<i>Holothuria (Halodeima) inornata</i> Semper, 1868		*			
<i>Holothuria (Halodeima) kefersteini</i> Selenka, 1867		*	*		*
<i>Holothuria (Lessonothuria) pardalis</i> Selenka, 1867		*			*
<i>Holothuria (Mertensiothuria) fuscocinerea</i> Jaeger, 1833	*	*	*		*
<i>Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota</i> (Brandt, 1835)	*	*	*		*
<i>Holothuria (Platyperona) difficilis</i> Semper, 1868		*	*		*
<i>Holothuria (Selenkothuria) lubrica</i> Selenka, 1867	*	*	*		*
<i>Holothuria (Selenkothuria) portovallartensis</i> Caso, 1954		*	*		
<i>Holothuria (Selenkothuria) theeli</i> Deichmann, 1938			*		
<i>Holothuria (Semperothuria) imitans</i> Ludwig, 1874		*	*		*
<i>Holothuria (Semperothuria) languens</i> Selenka, 1867		*			
<i>Holothuria (Theelothuria) paraprinceps</i> Deichmann, 1937		*	*		
<i>Holothuria (Thymiosycia) arenicola</i> Semper, 1868		*	*		*
<i>Holothuria (Thymiosycia) impatiens</i> (Forskaal, 1775)	*	*	*		*
<i>Holothuria (Thymiosycia) hilla</i> Lesson, 1830		*	*		
<i>Holothuria (Vaneyothuria) zaca</i> (Deichmann, 1937)		*			
<i>Labidodemas americanum</i> Deichmann, 1938		*	*		*
<i>Labidodemas macullochi</i> (Deichman, 1958)		*	*		
<i>Isostichopus fuscus</i> Ludwig, 1874		*			
<i>Apostichopus parvimensis</i> Clark, 1913		*			
<i>Parastichopus californicus</i> (Stimpson, 1857)	*	*			
<i>Pannychia moseleyi</i> Théel, 1882	*	*			

<i>Achlyonice ecalcarea</i> Théel, 1879	*				
<i>Scotoplanes clarki</i> Hansen, 1975			*		
<i>Benthodytes sanguinolenta</i> (Théel, 1882)	*				
<i>Molpadia intermedia</i> (Ludwig, 1894)	*	*			
<i>Molpadia musculus</i> Risso, 1826	*	*			
<i>Caudina californica</i> Ludwig, 1894		*			
<i>Paracaudina chilensis</i> (Müller, 1850)		*			
<i>Epitomapta tabogae</i> Heding, 1928		*			
<i>Euapta godeffroyi</i> (Semper, 1868)	*	*		*	*
<i>Chiridota aponocrita</i> H. L. Clark, 1920		*	*		
<i>Chiridota rigida</i> Semper, 1868		*	*		

6.2. Distribución

Considerando las divisiones biogeográficas según Espinosa-Pérez & Hendrickx, 2006; para el Pacífico Este, el archipiélago Revillagigedo y el atolón Clipperton: la P. Cortés es la más biodiversa con 62 (45%) especies que comprende desde bahía Magdalena hasta el extremo sur de bahía Banderas. La provincia Mexicana está representada por 35 especies (25%), seguida de la Californiana con 22 (16%) y de Ar. Revillagigedo con 13 especies (9%). Finalmente, las menos diversas son el At. Clipperton y la P. Panámica con 4 (3%) y 3 especies (2%) respectivamente (Figura 9).

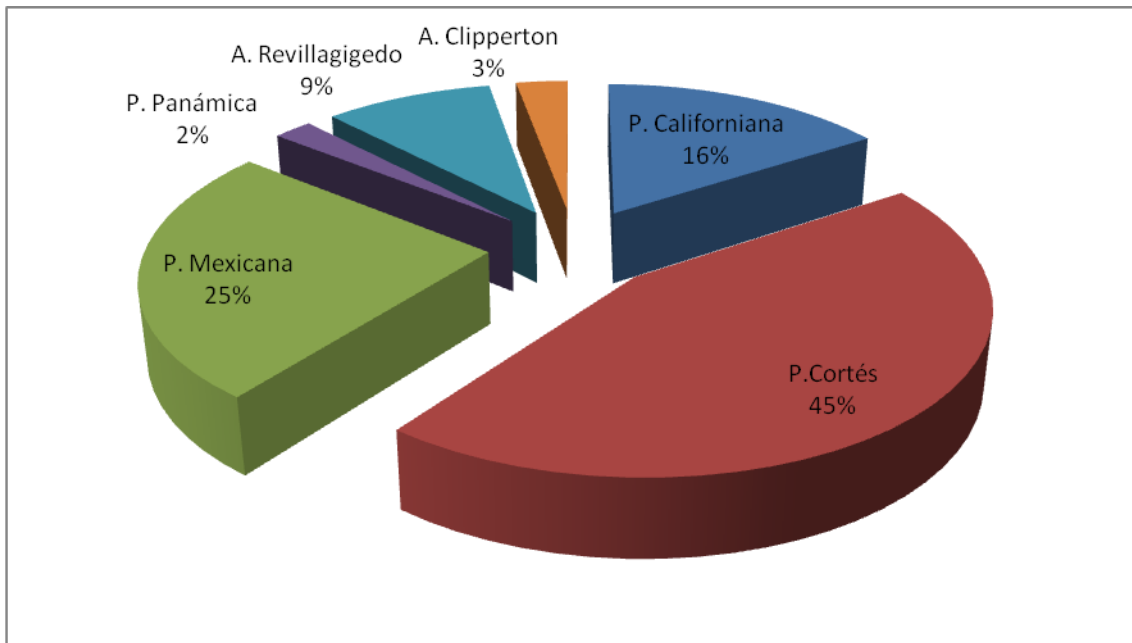


Figura 11. Proporción de especies encontradas en las Provincias del Pacífico Este mexicano, el archipiélago Revillagigedo y el atolón Clipperton.

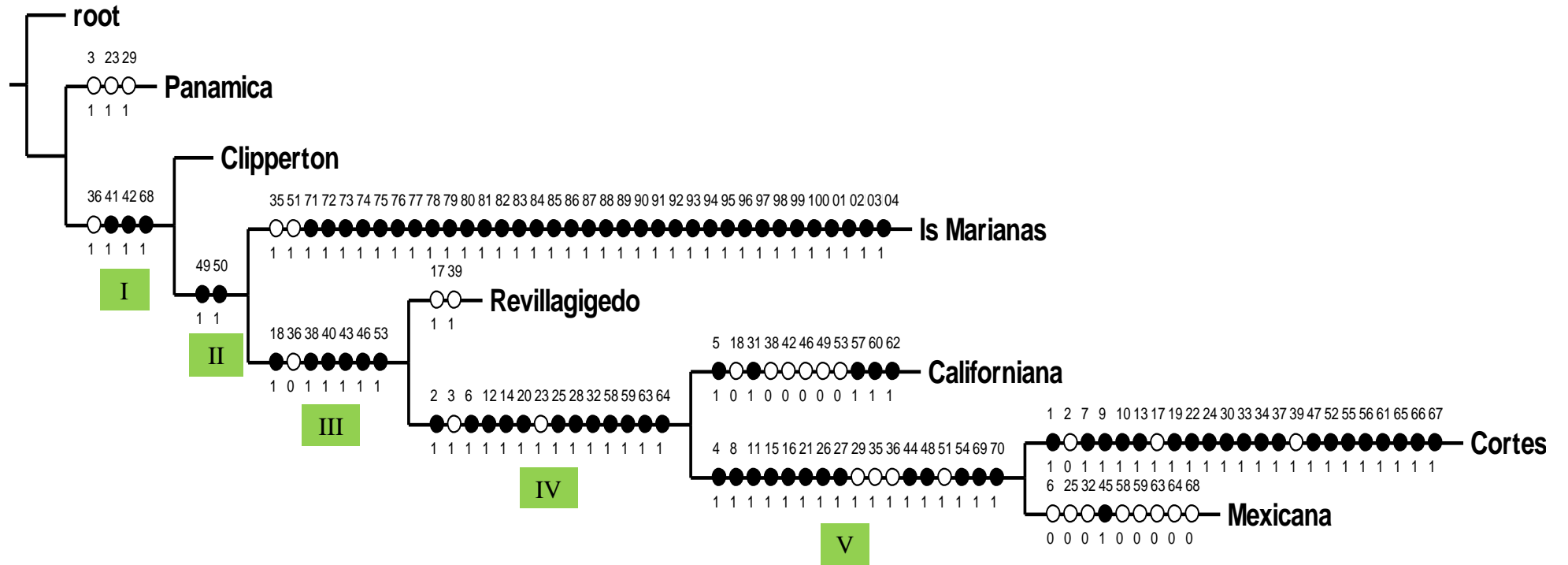


Figura 11. Cladograma obtenido a partir del análisis de parsimonia de endemismos.

El análisis de parsimonia de endemismos dio como resultado un solo cladograma, con una longitud de 128 pasos, un índice de consistencia (CI) de 0.81 y un índice de retención (RI) de 0.65; y reveló la existencia de 5 grupos principales (Figura 10).

En el cladograma se reconocen varios grupos de áreas basados en la presencia de especies compartidas. El Grupo I, definido por *Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota*, *H. (Platyperona) difficilis* y *Euapta godeffroyi* (Tabla 6), comprende todas las provincias a excepción de la provincia Panámica, ésta se encuentra a parte debido a que se tienen pocos registros para la zona (3 especies) (Tabla 4). El grupo II está definido por la presencia de *Holothuria (Thymiosycia) arenicola* y *H. (Thymiosycia) impatiens*, que incluye todas las provincias del grupo I menos Clipperton. El grupo III está sustentado por *Pentamera chierchia*, *Holothuria (Halodeima) kefersteini*, *H. (Mertensiothuria) fuscocinerea*, *Holothuria (Selenkothuria) lubrica*, *Holothuria (Semperothuria) imitans* y *Labidodemas americanum*; incluye las provincias del grupo II excepto Is. Marianas; en el Grupo IV están contenidas todas las provincias del grupo III con excepción de las I. Revillagigedo y está definido las siguientes 12 especies: *Lissothuria nutriens*, *Psolus diomedeeae*, *Neothyone gibber*, *Pachythyone lugubris*, *Thyone bidentata*, *Cucumaria crax*, *Pseudocnus californicus*, *Ypsilothuria bitentaculata*, *Apostichopus parvimensis*, *Pannychia moseleyi*, *Molpadia intermedia* y *Molpadia musculus* y finalmente el grupo V está definido por *Psolidium dorsipes*, *Afrocucumis ovulum*, *Neothyone gibbosa*, *Pachythyone pseudolugubris*, *Neopentamera anexigua*, *Thyone parafusus*, *Cucumaria flamma*, *Neocucumis veleronis*, *Holothuria (Selenkothuria) portovallartensis*, *H. (Theelothuria) paraprinceps*, *Labidodemas macullochi*, *Chiridota aponocrita*, *Chiridota rigida*, estas 13 especies están contenidas en las provincias Cortés y Mexicana.

Tabla 6. Especies compartidas en los 5 grupos de provincias resultantes.

GRUPO	PROVINCIA	ESPECIES
I	Clipperton, Is. Marianas, Revillagiged o, Californiana, Cortés y Mexicana.	<i>Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota</i> , <i>H. (Platyperona) difficilis</i> y <i>Euapta godeffroyi</i> .
II	Is. Marianas, Revillagiged o, Californiana, Cortés y Mexicana.	<i>Holothuria (Thymiosycia) arenicola</i> y <i>H. (Thymiosycia) impatiens</i> .
III	Revillagiged o, Californiana, Cortés y Mexicana.	<i>Pentamera chierchia</i> , <i>Holothuria (Halodeima) kefersteini</i> , <i>H. (Mertensiothuria) fuscocinerea</i> , <i>Holothuria (Selenkothuria) lubrica</i> , <i>Holothuria (Semperothuria) imitans</i> , y <i>Labidodemas americanum</i> .
IV	Californiana, Cortés y Mexicana.	<i>Lissothuria nutriens</i> , <i>Psolus diomedeeae</i> , <i>Neothyone gibber</i> , <i>Pachythyone lugubris</i> , <i>Thyone bidentata</i> , <i>Cucumaria crax</i> , <i>Pseudocnus californicus</i> , <i>Ypsilothuria bitentaculata</i> , <i>Apostichopus parvimensis</i> , <i>Pannychia moseleyi</i> , <i>Molpadia intermedia</i> y <i>Molpadia musculus</i> .
V	Cortés y Mexicana.	<i>Psolidium dorsipes</i> , <i>Afrocucumis ovulum</i> , <i>Neothyone gibbosa</i> , <i>Pachythyone pseudolugubris</i> , <i>Neopentamera anexigua</i> , <i>Thyone parafusus</i> , <i>Cucumaria flamma</i> , <i>Neocucumis veleronis</i> , <i>Holothuria (Selenkothuria) portovallartensis</i> , <i>H. (Theelothuria) paraprinceps</i> , <i>Labidodemas macullochi</i> , <i>Chiridota aponocrita</i> , <i>Chiridota rigida</i> .

De las 7 provincias analizadas, 4 presentan especies exclusivas (Tabla 7); en primer lugar las Islas Marianas representadas por 34 especies: *Afrocucumis africana*, *Thyone okeni*, *Actinopyga echinites*, *A. Mauritiana*, *A. palauensis*, *Bohadschia argus*, *B. marmorata*, *H. edulis*, *H. signata*, *H. (Lessonothuria) hawaiiensis*, *H. lineata*, *H. (Metriatyla) scabra*, *H. (Microthele) fuscopunctata*, *H. nobilis*, *H. whitmaei*, *H. excellens*, *H. (Semperothuria) cinerascens*, *H. flavomaculata*, *H. (Stauropora) pervicax*, *H. (Theelothuria) turriscelsa*, *Labidodemas semperanium*, *Pearsonothuria graeffei*, *Stichopus chloronotus*, *S. horrens*, *S. monotuberculatus*, *S. noctivagus*, *Thelenota ananas*, *T. anax*, *T. rubralineata*, *Opheodesoma grisea*, *Polyplectana galathea*, *Synapta maculata*, *Chiridota hawaiiensi*, y *Chiridota violacea*, esta isla está ubicada en la Indopacífico. La provincia Californiana incluye 5

especies propias de aguas frías: *Psolus chitinoides*, *Leptopentacta nova*, *Parastichopus parvimensis*, *Achlyonice ecalcareo* y *Benthodytes sanguinolenta*. La provincia Cortés se caracteriza por las siguientes 20 especies: *Lissothuria hancocki*, *Psolus squamatus*, *Apentamera lepra*, *Athyone glasselli*, *Neothyone panamensis*, *Pentamera chiloensis*, *Thyone strangeri*, *Cucumaria chilensis*, *Thyonella mexicana*, *Holothuria (Cysipus) casoae*, *Holothuria (Cysipus) inhabilis*, *Holothuria (Halodeima) inornata*, *Holothuria (Semperothuria) languens*, *Holothuria (Vaneyothuria) zaca*, *Isostichopus fuscus*, *Parastichopus californicus*, *Scotoplanes clarki*, *Caudina californica*, *Paracaudina chilensis*, *Epitomapta tabogae*. Y finalmente, la provincia Mexicana posee 1 especie exclusiva y propia de aguas cálidas: *Holothuria (Selenkothuria) theeli*.

Tabla 7. Especies exclusivas que presentan 4 provincias de las 7 analizadas.

PROVINCIA	ESPECIES EXCLUSIVAS
Islas Marianas	<i>Afrocucumis africana</i> , <i>Thyone okeni</i> , <i>Actinopyga echinites</i> , <i>A. mauritiana</i> , <i>A. palauensis</i> , <i>Bohadschia argus</i> , <i>B. marmorata</i> , <i>H. edulis</i> , <i>H. signata</i> , <i>H. (Lessonothuria) hawaiiensis</i> , <i>H. lineata</i> , <i>H. (Metriatyla) scabra</i> , <i>H. (Microthele) fuscopunctata</i> , <i>H. nobilis</i> , <i>H. whitmaei</i> , <i>H. excellens</i> , <i>H. (Semperothuria) cinerascens</i> , <i>H. flavomaculata</i> , <i>H. (Stauropora) pervicax</i> , <i>H. (Theelothuria) turriscelsa</i> , <i>Labidodemas semperanium</i> , <i>Pearsonothuria graeffei</i> , <i>Stichopus chloronotus</i> , <i>S. horrens</i> , <i>S. monotuberculatus</i> , <i>S. noctivagus</i> , <i>Thelenota ananas</i> , <i>T. anax</i> , <i>T. rubralineata</i> , <i>Opheodesoma grisea</i> , <i>Polyplectana galathea</i> , <i>Synapta maculata</i> , <i>Chiridota hawaiiensi</i> , y <i>Chiridota violacea</i> .
Californiana	<i>Psolus chitinoides</i> , <i>Leptopentacta nova</i> , <i>Parastichopus parvimensis</i> , <i>Achlyonice ecalcareo</i> y <i>Benthodytes sanguinolenta</i> .
Cortés	<i>Lissothuria hancocki</i> , <i>Psolus squamatus</i> , <i>Apentamera lepra</i> , <i>Athyone glasselli</i> , <i>Neothyone panamensis</i> , <i>Pentamera chiloensis</i> , <i>Thyone strangeri</i> , <i>Cucumaria chilensis</i> , <i>Thyonella mexicana</i> , <i>Holothuria (Cysipus) casoae</i> , <i>Holothuria (Cysipus) inhabilis</i> , <i>Holothuria (Halodeima) inornata</i> , <i>Holothuria (Semperothuria) languens</i> , <i>Holothuria (Vaneyothuria) zaca</i> , <i>Isostichopus fuscus</i> , <i>Parastichopus californicus</i> , <i>Scotoplanes clarki</i> , <i>Caudina californica</i> , <i>Paracaudina chilensis</i> , <i>Epitomapta tabogae</i> .
Mexicana	<i>Holothuria (Selenkothuria) theeli</i> .

7. DISCUSIÓN

De las 150 especies de holoturoideos reportados para México (Solís-Marín *et al.*, Durán-González *et al.*, 2005, Laguarda-Figueras *et al.*, 2005 y Honey *et al.*, 2008), 68 (45%) están registradas para el Pacífico mexicano.

La literatura más actualizada menciona el número de registros para la zona de estudio; los autores muestran un listado taxonómico de los equinodermos: para el Pacífico mexicano (incluyendo la costa occidental de Baja California) según Honey *et al.* (2008) se reportan 46 especies de holoturoideos y según Solís-Marín *et al.* (2005) son 45 las registradas para el Golfo de California.

El presente trabajo da lugar a un análisis de biodiversidad de las especies registradas para el Pacífico Este mexicano en su totalidad. De la revisión de 8,018 ejemplares (que se realizó por confiabilidad en los datos) se reportan 68 especies de holoturoideos, en donde el Orden Dendrochirotida es el mejor representado con 4 familias, 19 géneros y 31 especies. Con 22 especies (32%) la familia Holothuridae es la mejor representada, los resultados coinciden con los publicados en los últimos trabajos mencionados.

Durante la realización del presente trabajo se detectaron diversos problemas taxonómicos que presentan las especies de la Clase para el Pacífico mexicano. Al respecto se detectaron dos principales: el primero se refiere a complejos de especies que necesitan ser revisados (Cuadro 3) entre ellas están *Holothuria (Thymiosycia) arenicola* Semper, 1868 y *Holothuria (Thymiosycia) impatiens* (Forsk., 1775); el segundo se refiere a especies “confer” (*c.f.*) o “parecido a” especies que no son mexicanas, las cuales son: *Holothuria (Cystipus) c.f. inhabilis* Selenka, 1867, *Holothuria (Cystipus) c.f. rigida* (Selenka, 1867), *Holothuria (Mertensiothuria) c.f. fuscocinerea* Jaeger, 1833 y *Labidodemas c.f. americanum* Diechmann, 1938; de la misma manera estas especies requieren ser revisadas.

De este trabajo se desprende también un análisis de distribución por provincias. Al respecto los resultados muestran que la provincia Cortés (Según Espinosa-Pérez & Hendrickx, 2006) que va desde Bahía Magdalena, Baja California Sur hasta bahía Banderas, Jalisco es la más biodiversa con 62 especies (45% del total). De hecho el Golfo de California es hasta el momento, el área que muestra mayor biodiversidad en comparación con el resto de las zonas marinas del país, en lo que a holoturoideos se refiere. Solís-Marín *et al.*, (2009) mencionan que la riqueza biológica y ecológica del Golfo de California hacen de este mar uno de los que presentan mayor diversidad en el mundo, lo cual coincide con la alta productividad de sus aguas. Hay otros trabajos que refuerzan lo antes mencionado como el de Maluf (1988b) que dice que a nivel de la región del Pacífico oriental tropical, la riqueza específica de Bahía de la Paz (Baja California Sur) es mayor que la registrada en algunas áreas tropicales con superficies mucho mayores, como las costas de Costa Rica y Colombia; por su parte A. M. Clark & Rowe (1971) y Marsh & Marshall (1983) mencionan que la riqueza es superior a la encontrada en varios puntos del Indopacífico, el cual es considerado como el centro de máxima diversidad de equinodermos en el mundo.

Sin embargo, se requieren más investigaciones sobre la biodiversidad, tanto de estos organismos como de otros grupos, y tanto de especies de profundidad como de aguas someras.

Aunque los equinodermos han sido estudiados en México desde hace más de 100 años, los principales estudios hasta el día de hoy se refieren a cuestiones taxonómicas, ecológicas y de distribución. Solís-Marín *et al.* (1993) mencionan que la mayor parte de las investigaciones basadas en la taxonomía y sistemática, han sido realizadas sobre las costas del Pacífico y aunque en la actualidad existen un gran número de holoturoideos descritos y actualizados, aún quedan muchas especies y áreas sin información. Dado lo anterior, considerando que el esfuerzo de captura ha sido desigual a lo largo del litoral y a distintas profundidades de los mares mexicanos el resultado del análisis de biodiversidad podría variar significativamente en algunos años.

Los patrones de distribución de los equinodermos han sido poco estudiados; por ello este trabajo es pionero en cuanto a la biogeografía de holoturoideos en México.

En el PAE, el único cladograma resultante muestra la exclusión de la provincia Panámica de los grupos principales, ya que la única especie reportada para el área es *Trachytyone peruana* (Semper, 1868). Esto puede deberse a la limitada información, ya que se requieren mayores esfuerzos de muestreo. Sin embargo podría deberse también a las características ambientales propias de dicha provincia.

El cladograma demuestra la baja afinidad con las demás provincias esto parecería raro por la falta de registros para la zona, que es poco común y podría ir en contra de las teorías ecológicas, pero es importante recalcar que apoyando lo anterior están los más de 50 años de muestreos encabezados por la Dra. Ma. Elena Caso para el Pacífico mexicano, aunque éstos distan de ser completos, hasta este momento han arrojado los resultados que se presentan en el trabajo. Otros datos que apoyan la escasa presencia de equinodermos en el área, de acuerdo con la literatura más reciente (Honey *et al.*, 2008), son: la única especie de Ophiuroideo que se tiene registrada a lo largo de la costa chiapaneca: *Diopederma danianum* (Verrill, 1867), 5 especies de Asteroideos, 5 de Echinoideos y la ausencia de Crinoideos. Sin embargo, no dejan de ser necesarios muestreos a lo largo del año, a diferentes profundidades y con otro tipo de técnicas, de la misma manera son necesarios estudios completos de las características ambientales del lugar.

Otra cuestión que denota la importancia de los resultados con respecto a la provincia Panámica es la coincidencia en escasos registros con los demás países hacia el sur, según la última literatura (Alvarado *et al.*, 2010) desde Guatemala hasta Nicaragua, se tienen pocos registros de holoturoideos: Guatemala tiene 4, El Salvador 13, Honduras 4 y Nicaragua 5. Los estudios preliminares apuntan a que las costas de Chiapas podrían no pertenecer a la provincia Panámica, esta podría ser exclusiva como su nombre lo indica de Panamá y Costa Rica; en futuros trabajos podría pensarse en designar otro

nombre para la zona y tal vez extenderse hacia el sur en los países antes mencionados, claro, esta es una hipótesis a corroborarse o no, en ulteriores trabajos.

Del análisis resultan 5 grupos principales, el primero que contiene a todas las provincias (exceptuando a la Panámica) contiene 3 especies compartidas [*Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota* (Brandt, 1835), *H. (Platyperona) difficilis* Semper, 1868 y *Euapta godeffroyi* (Semper, 1868)]; según los resultados éstas son especies anfipacíficas, ya que se encuentran en el Indopacífico y el Pacífico oriental tropical.

El segundo grupo muestra una relación más estrecha entre las provincias mexicanas y las islas Marianas también con dos especies anfipacíficas (*Holothuria (Thymiosycia) arenicola* y *H. (Thymiosycia) impatiens*). En este punto el atolón Clipperton queda excluido, mostrando su baja afinidad con la costa mexicana. Resulta interesante la escasa biodiversidad del atolón, como se observa en el Tabla 7, ya que no cuenta con especies exclusivas y además no coincide con otros estudios que sugieren una alta relación con las especies indopacíficas dispersadas hasta el Pacífico oriental tropical gracias a la corriente Norecuatorial. Los resultados coinciden con la última literatura al respecto (Solís-Marín y Laguarda-Figueras en Charpy, 2009) refieren dos expediciones, la revisión de colecciones (entre ellas la Colección Nacional “Dra. María Elena Caso”) y la revisión de literatura al respecto; de ésta se conocen hasta el momento 28 especies de equinodermos para el atolón, entre ellas 7 de pepinos de mar: *Holothuria flavomaculata*, *Holothuria kefersteini*, *Holothuria atra*, *Holothuria difficilis*, *Holothuria leucospilota*, *Stichopus horrens* y *Euapta godeffroyi*. Lo anterior indica también la baja biodiversidad de la zona lo que en gran parte es debida a los huracanes que influyen la región año con año.

La misma literatura presenta una tabla de los patrones de distribución de los equinodermos con el Pacífico mexicano y el indopacífico. La mayor similitud en composición de especies; según la publicación, de manera general es con el Pacífico mexicano, pero en lo que respecta a pepinos de mar muestran mayor similitud con el Indopacífico; con los resultados en el cladograma se demuestra

que Clipperton no cuenta con especies exclusivas, apoyando la baja diversidad y las escasas relaciones con el Pacífico mexicano y el indopacífico.

El grupo 3 sólo incluye exclusivamente a provincias mexicanas que comparten 6 especies; el archipiélago Revillagigedo es el menos afín, esto podría deberse a la escasez de información sobre el área debida al del bajo esfuerzo de captura o a la existencia de barreras que impiden la dispersión de algunas especies que son comunes en las provincias Cortés y Mexicana. Según Castro-Aguirre y Balart en Lozano (2002) el archipiélago es un conjunto de conos volcánicos que emergen desde 3,500 m de profundidad, está situado en un punto geográfico del Pacífico oriental tropical con una gran influencia de la corriente Norecuatorial y por lo tanto, con una mínima variación térmica anual, también existe cierto efecto de la corriente de California, que produce una ligera disminución en las temperaturas superficial y subsuperficial en el primer trimestre del año, esto incide directamente en la composición de la fauna costera. Aunque Briggs (1974) consideró al conjunto insular como perteneciente a la provincia Panámica, sin embargo los resultados de este trabajo no muestran baja afinidad de ésta y el Ar. Revillagigedo. Los frecuentes huracanes que se asocian a temporadas de lluvias (Serra-Castelán, 1972) y la composición de las playas que están básicamente constituidos por rocas y tobas volcánicas, cantos rodados, gravas gruesas, así como arena (Blásquez, 1960 a y b) condicionan la presencia de especies y que representan un número determinado de hábitats potenciales.

Finalmente, las provincias con mayor afinidad son Cortés y Mexicana (Figura 11). Los resultados sugieren que estas provincias presentan una historia biogeográfica similar que facilita la colonización entre ellas, a su carácter costero y a que comparten características físicas, químicas y geológicas, siendo las corrientes oceánicas las más importantes dado su papel de dispersoras. Según Massin and Doumen (1986) los procesos costeros son factores importantes regulando la distribución de las especies de pepinos de mar, así como la influencia hidrodinámica y la granulometría del sedimento, éstas características del hábitat son clave para definir los nichos de los holoturoideos y la dispersión larval.

Hay investigaciones que coinciden con los resultados obtenidos; por ejemplo, Cruz-Barraza (2008) presenta un trabajo sobre esponjas (Fam. Demospongidae) del Pacífico mexicano, en el cual los resultados del PAE muestran una baja afinidad de la provincia Californiana y Panámica con las provincias Revillagigedo, Cortés y Mexicana, siendo las últimas 2 las más afines, presentando incluso presentan mayor afinidad con el Caribe.

Es importante mencionar que el alcance del método que se utilizó es simple: demostrar las afinidades entre las regiones escogidas para el análisis, el siguiente paso es tratar de dar una explicación al respecto siguiendo una corriente biogeográfica (histórica o ecológica).

Por último se recomienda realizar más estudios al respecto aumentando los esfuerzos de captura en las áreas donde existen pocos registros como en el caso de la provincia Panámica, es decir, las costas de Oaxaca y Chiapas. Así mismo, es indispensable acompañar las capturas con la obtención de información físico-química y geológica y se sugiere continuar con los estudios para corroborar o no las hipótesis propuestas.

Es importante que los estudios biogeográficos se amplíen a otras zonas del Atlántico y Pacífico americanos.

8. CONCLUSIONES:

- Se reportan 68 especies de holoturoideos para el Pacífico mexicano, siendo el Orden Dendrochirotida y la Familia Holothuridae los mejor representados.
- El análisis de distribución indica que la provincia Cortés es la más biodiversa con 62 especies, esto denota que el Golfo de California es hasta el momento, el área que muestra el mayor número de especies de holoturoideos de los mares mexicanos.
- El PAE demostró nula afinidad entre la provincia Panámica y el resto de las provincias presentes en el cladograma.
- El At. Clipperton presentó baja afinidad con las provincias del Pacífico tropical mexicano e incluso con la fauna del Indopacífico (Islas Marianas).
- Las provincias Córtes y Mexicana son las más afines, debido posiblemente a que hacen frontera una con la otra y a la dispersión facilitada por las corrientes oceánicas.
- Los procesos costeros, así como la influencia hidrodinámica y la granulometría del sedimento son características clave para definir los nichos de los holoturoideos y la dispersión larval, factores importantes que regulan la distribución de las especies de pepinos de mar.
- Se detectaron especies con problemas taxonómicos, entre los cuales se encuentran complejos de especies y especies “confer”; necesitan revisión.
- Se contribuyó al ordenamiento e identificación de diversos ejemplares pertenecientes a la colección Nacional de equinodermos “Dra. María Elena Caso” ICML, UNAM.
- Se requiere aumentar el esfuerzo de captura aunado a la obtención de datos ambientales, tanto en aguas someras como en aguas profundas para ampliar significativamente el conocimiento de la biogeografía de los holoturoideos de los mares mexicanos.

LITERATURA CITADA

- Agassiz, A. et G. Valentin. 1838-42. Monographies d' Echinodermes vivants et fossiles. Nos. 1-4. 155p.
- Aguayo, J. E. 1981. Origen y distribución de los sedimentos en el Golfo de California. *Revista Instituto Mexicano del Petróleo*, 13(3): Julio 5.18.
- Alvarez-Arellano, A. y A. Molina-Cruz. 1986. Aspectos paleoceanográficos cuaternarios del Golfo de California, evidenciados por conjuntos de radiolarios. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México*, 13(2): 67-94.
- Andersson, L. 1996. An ontological dilemma: epistemology and methodology of historal biogeography. *J. Biogeogr.*, 23:269-277.
- Anderson, J.J.; A. Okubo; A.S. Robbins and A. Richards. 1982. A model for nitrite and nitrates distributions in oceanic oxygen minimum zones. *Deep-Sea Research* (29): 1113-1140.
- Bakus, G. J. 1973. The biology and ecology of tropical holothurians. En: O. A. Jones & R. Endean (eds.). *Biology and Geology of Coral Reefs*. Academic Press. New York. 2:325-367.
- Bertsch, H. 1973. Zoogeography of Opisthobranchs from Tropical West America. *The Echo* 5. Abstracts and Proceedings of the Fifth Annual Meeting of The Western Society of Malacologists.: 47-54.
- Botello A. V., Toledo O. T., De la Lanza-Espino G. & Villanueva-Fragoso S. 2000. The Pacific coast of Mexico, in Sheppard (ed.). *Seas at the millenium: an enviromental evaluation*. Vol 1 Regional Chapters. Europe. The Americans and west Africa. Elsevier Science. Oxford, UK. 483-499 pp.

- Brusca, R. C. and B. R. Wallerstein. 1979. Zoogeographic patterns of idoteid isopods in the northeast Pacific, with a review of shallow water zoogeography of the area. *Bull. Biol. Soc. Wash.* (3): 67-105.
- Brusca, R. C. & Brusca G. J. 1990. *Invertebrates*. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts. 922 pp.
- Buitrón Sánchez, B. E. y F. A. Solís-Marín 1993. La Biodiversidad en los equinodermos fósiles y recientes de México. *Revista Sociedad Mexicana de Historia Natural*. Vol. Esp. 44:209-231.
- Caballero-Ochoa A. A. and A. Laguarda-Figueras in Reich M., J. Reitner, V. Roden and B. Thuy (eds.). 2010. *Echinoderm Research 2010*, 7th European Conference on Echinoderms. Göttingen, Germany. 26-27.
- CalCOFI. 1969. Atlas No. 20 Distribution of nitrate, nitrite, phosphate and silicate in the California Current Region.
- Caso, M.E. 1941. Contribución al Conocimiento de los Asteroideos de México. I. La existencia de *Linckia guildinguii* Gray, en la costa pacífica. *An. Inst. Biol. UNAM* 12: 155-160.
- Caso, M.E. 1943. Contribución al conocimiento de los Astéridos de México. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, UNAM, México D.F., México. 136 p.
- Caso, M.E. 1944. Estudio sobre astéridos de México. Algunas especies interesantes de astéridos litorales. *An. Inst. Biol. UNAM* 15: 237-257.
- Caso, M.E. 1945. Modificación de la Familia Luidiidae Verrill. Las subfamilias nuevas de la Familia Luidiidae y observaciones de *Platasterias latiradiata*. *An. Inst. Biol. UNAM* 16: 459-473.
- Caso, M.E. 1946. Contribución al conocimiento de los Equinodermos de México. I. Distribución y morfología de *Mellita quinquesperforata* (Leske), *M. lata* Clark y *M. longifissa* Michelin. *An. Inst. Biol. UNAM* 17: 247-259.

- Caso, M.E. 1948. Contribución al conocimiento de los equinodermos de México. II. Algunas especies de equinoideos litorales. An. Inst. Biol. UNAM 19: 183-231.
- Caso, M.E. 1949. Contribución al conocimiento de los Equinodermos litorales de México. An. Inst. Biol. UNAM 20: 341-355.
- Caso, M.E. 1951. Contribución al conocimiento de los ofiuroideos de México. 1. Algunas especies de ofiuroideos litorales. An. Inst. Biol. UNAM 22: 219-12.
- Caso, M.E. 1954. Contribución al conocimiento de los holoturoideos de México. Algunas especies de holoturoideos litorales y descripción de una nueva especie *Holothuria portovallartensis*. An. Inst. Biol. UNAM 25: 417-422.
- 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. UNAM 28: 309-338.
- Caso, M.E. 1961. Estudios sobre astéridos de México. Observaciones sobre especies de las costas de México. An. Inst. Biol. UNAM 31: 449-461.
- Caso, M.E. 1962a. Estudios sobre Astéridos de México. Observaciones sobre especies pacíficas del género *Acanthaster* y descripción de una subespecie nueva, *Acanthaster ellisi pseudoplanci*. An. Inst. Biol. UNAM 32: 313-331.
- Caso, M.E. 1962b. Estudios sobre equinodermos de México. Contribución al conocimiento de los equinodermos de la Islas Revillagigedo. An. Inst. Biol. UNAM 33: 293-330.
- Caso, M.E. 1963. Contribución al conocimiento de los holoturoideos de México. Descripción de una nueva especie de *Holothuria* de un nuevo subgénero (*Paraholothuria* n. sg.). An. Inst. Biol. UNAM 33: 367-380.

- Caso, M.E. 1964. Contribución al conocimiento de los Holoturoideos de México. Descripción de un nuevo Subgénero del Género *Microthele* y una nueva especie *Microthele* (*Paramicrothele*) *zihuatanensis*. An. Inst. Biol. UNAM 35: 105-114.
- Caso, M.E. 1965. Estudio sobre Equinodermos de México. Contribución al conocimiento de los Holoturoideos de Zihuatanejo y de la Isla de Ixtapa (primera parte). An. Inst. Biol. UNAM 36: 253-291.
- Caso, M.E. 1966. Contribución al estudio de los Holoturoideos de México. Morfología interna y ecología de *Stichopus fuscus* Ludwig. An. Inst. Biol. UNAM 37: 175-181.
- Caso, M.E. 1970a. Contribución al conocimiento de los Asterozoa de México. Situación taxonómica actual, morfología externa y datos ecológicos de *Platasterias latiradiata* Gray. An. Inst. Biol. UNAM, Ser. Cienc. Mar Limnol. 41: 1-62.
- Caso, M.E. 1970b. Morfología externa de *Acanthaster planci* (Linnaeus). An. Inst. Biol. UNAM Ser. Cienc. Mar Limnol. 41: 63-78.
- Caso, M. E. 1971a. Los pepinos de mar. *Naturaleza*. 2(6):19-21.
- Caso, M. E. 1971b. Contribución al conocimiento de los holoturoideos de México. Morfología externa e interna y ecología de *Holothuria grisea* Selenka. An. Inst. Biol. Univ. Nal. Aut. Méx. Ser. Cienc. Del Mar y Limn. 42(1):31-40.
- Caso, M.E. 1974. Contribución al estudio de los Equinoideos de México, Morfología de *Tripneustes depressus* Agassiz y estudio comparativo entre *T. ventricosus* y *T. depressus*. An. Cent. Cienc. Mar Limnol. UNAM 1: 25-40.
- Caso, M.E. 1975. Contribución al conocimiento de los Asterozoa de México. La Familia *Mithrodiidae*. Descripción de una nueva especie del género

- Mithrodia. *Mithrodia enriquecasoi* sp. nov. An. Cent. Cienc. Mar Limnol. UNAM 2: 1-28.
- Caso, M.E. 1977. Especies de la Familia Asterinidae en la costa Pacífica de México. Descripción de una nueva especie del género *Asterina*, *Asterina agustincasoi* sp. nov. An. Cent. Cienc. Mar Limnol. UNAM 4:209-232.
- Caso, M.E. 1978. Los Equinoideos del Pacífico de México. Parte 1. Ordenes Cidaroidea y Aulodonta; Parte 2. Ordenes Stiridonta y Camarodonta. An. Cent. Cienc. Mar Limnol. UNAM Publ. esp. 1: 244.
- Caso, M.E. 1980a. Contribución al estudio de los Echinozoa de México. La Familia Mellitidae Stefanini. Descripción de una nueva especie del género *Mellita*, *Mellita eduardobarrosoi* sp. nov. An. Cent. Cienc. Mar Limnol. UNAM 7: 141-180.
- Caso, M.E. 1980b. Los Equinoideos del Pacífico de México. Orden Clypeasteroidea. An. Cent. Cienc. Mar Limnol. UNAM Publ. esp. 4: 1-252.
- Caso, M.E. 1983a. Especies del género *Amphiochondrius* de la costa del Pacífico Americano. Descripción de una nueva especie del género *Amphichondrius*. *Amphichondrius unamexici* sp. nov. (Ophiuroidea). An. Cent. Cienc. Mar Limnol. UNAM 10: 209-230.
- Caso, M.E. 1983b. Los Equinoideos del Pacífico de México. Parte Cuarta. órdenes Cassiduloida y Spatangoida. Inst. Cienc. Mar Limnol. UNAM Publ. esp. 6: 1-200.
- Clark, A.M. 1989. An index of names of recent Asteroidea. Part 1. Paxillosida and Notomyotida, p. 225-347. In M. Jangoux & J.M. Lawrence (eds.). Echinoderm Studies. A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield.
- Clark, A.M. 1993. An index of names of recent Asteroidea. Part 2. Valvatida, p. 187-366. In M. Jangoux & J.M. Lawrence (eds.). 1993. Echinoderm Studies. A. A. Balkema, Rotterdam, Brookfield.

- Clark, A.M. 1996. An index of names of recent Asteroidea. Part 3. Velatida and Spinulosida, p. 183-250. In Jangoux & Lawrence (eds.). Echinoderm Studies. Balkema, Rotterdam, Brookfield.
- Clark, H.L. 1917. Ophiuroidea. Report XVIII and XXX on the scientific results of the tropical Pacific in charge of Alexander Agassiz, on the U.S. Fish Commission steamer "Albatross" from August, 1899, to March, 1900 and from October, 1904, to March, 1905. Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard Coll. 61: 429-453.
- Clark, H.L. 1920. Asteroidea. XXXII Report on the scientific results of the expedition to the eastern tropical pacific, in charge of Alexander Agassiz, by the U.S. Fish. Comission Steamer "Albatross", from October, 1904, to March, 1905, Lieut. Commander L.M. Garrett, U.S.N., Commanding. Mem. Mus. Comp. Zoöl. Harvard Coll. 39: 73-113.
- Clark, H.L. 1920. Holothuroidea. XXXIII. Reports on the scientific results of the expedition to the eastern tropical pacific, in charge of Alexander Agassiz, by the U.S. Fish. Comission Steamer "Albatross", from October, 1904, to March, 1905, Lieut. Commander L. M. Garrett, U.S.N., Commanding. Mem. Mus. Comp. Zoöl. Harvard Coll. 39: 119-154.
- Clark, A. M. & F. W. E. Rowe. 1971. Monograph of shallow-water Indo-Pacific equinoderms. British Museum (Natural History). London. 238 pp.
- Cintra-Buenrostro, C. E., H. Reyes-Bonilla y O. Arizpe-Covarrubias. 1998. Los Equinodermos del arrecife de Cabo Pulmo, Pacífico de México. En Alvarado, J. J. & J. Cortés (eds). Estudios latinoamericanos en Equinodermos. Revista de Biología Tropical. 53 (3):109-122.
- Conand C., 1998. Overexploitation in the present world sea cucumber fisheries and perspectives in mariculture. Pp. 449 In: Mooi & Telford (eds), *Echinoderms*, L. Balkema, Rotterdam: 449.

- Contreras-Medina R. 2006. Los métodos de análisis biogeográfico y su aplicación a la distribución de las gimnospermas en México. *Interciencia*. 31(3): 176-182.
- Crisci J.V. & M. F. López. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Monografía de la OEA, Serie Biología, # 26. Washington D.C.
- Crisci J. V., L. Katinas, P. Posadas. 2000. Introducción a la teoría y práctica de la biogeografía histórica. Sociedad Argentina de Botánica. Buenos Aires. 169pp.
- Crisci J. V., L. Katinas, P. Posadas. 2003. Historical biogeography: an introduction. Harvard University Press. Cambridge MA. 250pp.
- Crovello, Th. J. 1981. Quantitative Biogeography: An overview. *Taxon*, 30(3):563-575.
- Cruz-Barraza, J. A. 2008. Taxonomía y distribución de las esponjas marinas (Porifera:Demospongiae) del Pacífico mexicano. Tesis doctoral. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México 571 pp.
- Deichmann, E. 1937. The Templeton Crocker Expedition. Holothurians from the Gulf of California, the West Coast of Lower California and Clarion Island. *Zool*. 22: 161-176.
- Deichmann, E. 1938. Eastern Pacific Expeditions of the New York Zoological Society. XVI. Holothurians from the western coasts of Lower California and Central America, and from Galápagos Islands. *Zoologica* 23: 361-387.
- Deichmann, E. 1941. The holothuroidea collected by the Velero III during the years 1932 to 1938. Part I. Dendrochirota. Univ. South. California Pub., Allan Hancock Pac. Exped. 8: 61-195.

- Deichmann, E. 1958. The Holothuroidea collected by the Velero III and IV during the years 1932 to 1954. Part. II Aspidochirota. Univ. South. California Pub., Allan Hancock Pac. Exped. 11: 253-348.
- Downey E. M. 1979. *Pythonaster pacificus* n. sp., a new starfish of the family Mixateridae (Echinodermata: Asteroidea). Proc. Biol. Soc. Wash. 92(1):70-74.
- Espinosa D., C. Aguilar & T. Escalante. 2003. Endemismo, Áreas de endemismo y regionalización biogeográfica en Llorente J. & Morrone J. J. (eds.). Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. Las prensas de ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. México D.F. 277 pp.
- Espinosa-Perez Ma. Del C. & M.E. Hendrickx. 2006. A comparative analysis of biodiversity and distribution of shallow-water marine isopods (Crustacea : Isopoda) from polar and temperate waters in the East Pacific. Belg. J. Zool., 136 (2): 219-247.
- Galindo J. 2005. "¿Regeneración de la selva?, los murciélagos, expertos en el asunto". Ciencia y el Hombre. Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Veracruzana. Vol. XVIII. Num. 2.
- Golikov, A. N., M. A. Dolgolenko, N. V. Maximovich & O. A. Scarlato. 1990. Theoretical approaches to marine biogeography. Mar. Ecol. Progr. Ser. 63:289-310.
- Goloboff P. A. 1997. NONA version 1.6 for Windows 95/NT. Published by the author. Tucuman, Argentina.
- Gómez, V.J. 1984. Estructura hidrológica promedio frente a Baja California. Ciencias Marinas. 9(2): 66-75.
- Ghiold J. y A. Hoffman. 1986. Biogeography and biogeographic history of clypeasteroid echinoids. Journal of Biogeography. 13 (3): 186-206.

- Hallam, A. 1979. Relative of plate movements, eustasy and climate in controlling major biogeographical changes since the early Mesozoic. In: Vicariance Biogeography. A Critique. Nelson, G. y D. Rosen (Eds.), Columbia Univ. Press. New York. P. 303-340.
- Hansen, B. 1967. The Taxonomy and Zoogeography of the Deep-Sea Holothurians in their evolutionary aspects. *Studies in Tropical Oceanography* (5): 480-501.
- Hedgpeth, J. W. 1953. An Introduction to the zoogeography of the northwestern Gulf of Mexico with reference to the invertebrate fauna. *Publication of the Institute of Marine Science* 3(1) : 110-224.
- Hendler, G. & R. Turner. 1987. Two new species of *Ophiolepis* (Echinodermata: Ophiuroidea) from the Caribbean sea and Gulf of Mexico: with notes on ecology, reproduction and morphology. *Contr. Sci. Nat. Hist. Mus. Los Angeles*. 395: 1-14.
- Hendler, G., Miller, J. E., Pawson, D. L. & P. M. Kier. 1995. *Sea Stars, sea urchins and Allies: Echinoderms of Florida and the Caribbean*. Smithsonian Institution Press. 390 pp.
- Hendrickx, M. E. 1984. The species of *Sicyonia* H. Milne Edwards (Crustacea: Penaeoidea) of the Gulf of California, Mexico, with a key for they identification and a note on their zoogeography. *Revista Biología Tropical* 32(2): 279-298.
- Hoggett, A. K. & F. W. E. Rowe. 1988. Zoogeography of echinoderms on the world's most southern coral reefs.: 379-387. In: Burke, R. D., Mladenov, P. V., Lambert, P. and Parsley, R. L. (Eds.). 1988. *Echinoderm Biology. Proceedings of the Sixth International Echinoderm Conference, Victoria, 23-28 August 1987*. A. A. Balkema. Rotterdam. Brookfield.
- Honey-Escandón M., F.A. Solís-Marín & A. Laguarda-Figueras. 2008. *Equinodermos (Echinodermata) del Pacífico Mexicano*. En Alvarado, J. J. &

- J. Cortés (eds). Estudios latinoamericanos en Equinodermos. Revista de Biología Tropical. 56 (3):57-73.
- Hyman, L. H. 1955. The invertebrate: Echinodermata, the Coelomate Bilateria. McGraw Hill. New York. 763 pp.
- INEGI. 1991. Datos básicos de la geografía de México. Segunda Edición. Instituto nacional de estadística, geografía e informática. México.1-142 pp.
- INEGI. 2008. Portal de internet del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/datos/geogra/extterri/frontera.cfm?s=geo&c=920>.
- Kamykowski, D. & S.-J. Zentara. 1990. Hypoxia in the world ocean as recorded in the historical data set. Deep-Sea Research (37): 1861-1874.
- Laguarda-Figueras A., F. A. Solís-Marín, A. Durán-González, C. Gust-Ahearn, B. E. Buitrón-Sánchez & J. Torres Vega. 2005b. Equinodermos (Echinodermata) del Caribe mexicano. En Alvarado, J. J. & J. Cortés (eds). Estudios latinoamericanos en Equinodermos. Revista de Biología Tropical. 53 (3):109-122.
- Laguarda-Figueras A., A. I. Gutiérrez-Castro, F. A. Solís-Marín, A. Durán-González, C. Gust-Ahearn & J. Torres Vega. 2005a.
- Lancellotti, D. A. & Vasquez, J. A. 1999. Biogeographical Patterns of Benthic Macroinvertebrates in the Southeastern Pacific Littoral. Journal of Biogeography. 26 (5): 1001-1006.
- Larson, R. L., C. G. Chase. 1972. Late Mesozoic evolution of the Western Pacific Ocean. Geological Society of America Bulletin. 83 (12): 3627-3644.
- Lawrence, J. 1987. A functional biology of echinoderms. Croom Helm. Gran Bretaña. 340 pp.

- Loisette, M. M. and J. I. Marshall. 1983. Some aspects of the zoogeography of Northwestern Australian Echinoderms (Other than holothurians). *Bull. of Marine Science*. 33(3): 671-687.
- Maluf, L. Y. 1988a. Composition and Distribution of the Central Eastern Pacific Echinoderms. Tech. Rep. 2. Nat. Hist. Museum of Los Angeles. 242 p.
- Maluf, L. Y. 1988b. Biogeography of the central eastern Pacific echinoderms. *Proc. 6th Int. Echinoderm Conf., Victoria*. 1: 389-398.
- Marsh, L. M. and Marshall, J. I. 1983. Some aspects of the zoogeography of north-western australian echinoderms (other than holothurians). *Bull. Mar. Sci.* 363: 671-678.
- Massin, C. and Doumen C. 1986. Distribution and feeding of epibenthic holothuroids on the reef flat of Laing island (Papua New Guinea). *Marine Ecology-Progress Series*. Vol. 31:185-195.
- Meyer, D. L., C. G. Messing and D. B. Macurda, Jr. 1978. Zoogeography of tropical western Atlantic Crinoidea (Echinodermata). *Biological Results of the University of Miami, Deep Sea Expeditions*. 129. *Bulletin of Marine Science* 28(3): 412-441.
- Minas, H.J.; B. Coste; M. Minas and P. Raimbault. 1990. Conditions hydrologiques, chimiques et production primaire dans les upwellings du Pérou et des îles Galapagos, en régime d'hiver austral (capagne Paciproductus). *Oceanologica Acta* (10): 383-391.
- Molina-Cruz, A. 1986. Evolución oceanográfica de la boca del Golfo de California. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México*, 13(2): 95-120.
- Morrone J. J. 1994. On the identification of areas de endemism. *Syst. Biol.*, 43: 438-441.

- Morrone J. J. 2001. Sistemática, Biogeografía, Evolución los patrones de la biodiversidad en el tiempo-espacio. Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. México. 123pp.
- Murguía M. & F. Rojas. 2003. Biogeografía cuantitativa en Llorente J. & Morrone J. J. (eds.). Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. Las prensas de ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. México D.F. 277 pp.
- Nixon K. C. 2002. WinClada ver. 1.00.08. Published by the author. Ithaca, New York.
- Parker, R.H. 1963. Zoogeography and ecology of macroinvertebrates of the Gulf of California and continental slope of Western Mexico, p. 331-376. In T. H. van Andel & G.G. Shor, Jr. (eds.) Marine Geology of the Gulf of California.. Amer. Assoc. Petr. Geol. USA. 333 p.
- Paterson, G. L. J., P. A. Tyler and J. D. Gage. 1982. The taxonomy and zoogeography of the genus *Ophiocten* (Echinodermata: Ophiuroidea) in the North Atlantic Ocean. Bulletin of the British Museum (Natural History), Zoology, 43(3): 109-128.
- Paulay, G. 2003a. The Asteroidea, Echinoidea, and Holothuroidea (Echinodermata) of the Mariana Islands. In Paulay, G. 2003. The Marine Biodiversity of Guam and the Marianas. Micronesica A Journal of the University of Guam. 35-36:563-583.
- Paulay, G. 2003b. Marine biodiversity of Guam and the Marianas:overview. In Paulay, G. 2003. The Marine Biodiversity of Guam and the Marianas. Micronesica A Journal of the University of Guam. 35-36:3-25.
- Pawson D. L. 1982. Holothuroidea. 2: 813-818. In: S. P. Parker (ed.). Synopsis and classification of living organisms. McGraw Hill. New York. 1232 pp.
- Pawson D. L. 2007. Phylum Echinodermata. Zootaxa. 1668:749-764.

- PEMEX. 1986. Evaluación de hidrocarburos y metales pesados en la costa occidental de la Península de Baja California, 1983-1984.
- Platnick, N. 1991. On the areas of endemism. *Austr. Syst. Bot.*, 4:XI-XII.
- Pennington, J. T., K. L. Mahoney, V. S. Kuwahara, D. D. Kolber, R. Calienes and F. P Chavez, 2006. Primary production in the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography: A review of Eastern Tropical Pacific Oceanography*. 69, 285-317.
- Regalado L., C. Sánchez. 2003. Relaciones de afinidad florística entre cuba y otras regiones tropicales sobre la base de la distribución de las especies cubanas de *Asplenium* L. (Aspleniaceae, Pteridophyta). *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 60 (2).
- Reid, J.L. Jr. 1960. Oceanography of the Northeastern Pacific Ocean during the last ten years. *CalCOFI report*. Vol. VII. 91-95
- Reyes Bonilla, H., J. P. Carricart Gavinet, V. Solís Weiss & A. Granados Barba. 1999. *Ciencia y desarrollo*. 149 (Nov-Dic):16-23.
- Roden, G. I. 1964. Oceanographic aspects of the Gulf of California. 30-58. In: Van Andel and G. G. Shor (eds.). *Geological of Gulf of California*. Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem., 3.
- Roden, G. I. and G. W. Groves, 1959. Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. *J. Mar. Res.*, 18(1): 10-35.
- Roden, G. I. y I. Emilsson, 1980. Oceanografía Física del Golfo de California (Physical oceanography of the Gulf of California). In: Ayala-Castañares, A., F. B. Phleger, R. Schwartzlose y A. Laguarda (Eds.) Simposio "El Golfo de California" (Symposium "The Gulf of California"). Univ. Nal. Autón. México.
- Rosen B.R. 1988. From fossils to earth history: applied historical biogeography. In Myers A. A., Giller P. (eds.). *Analytical biogeography: an integrated*

- approach to the study of animal and plant distributions. Chapman and Hall. London. 437-481 pp.
- Rowe, F. W. E. 1969. A review of the family Holothuriidae (Holothuroidea: Aspidochirotida). Bull. Brit. Mus. 18(4): 9-170.
- Rupert E. E. & Barnes R. D. 1996. Zoología de los invertebrados. McGraw Hill. New York. 1114 pp.
- Salazar-Vallejo S. 2000. Biogeografía marina del Gran Caribe. Interciencia. Caracas, Venezuela. Vol.25, núm. 001. 7-12.
- Salazar-Vallejo, S. I. & N. E. González, 1993. Biodiversidad marina y costera de México. CONABIO, CIQRO, México. 865 p.
- Samyn Y. and Vanden Berghe E., 2000. Annotated Checklist of the Echinoderms from the Kiunga Marine National Reserve, Kenya. Part I. Echinoidea and Holothuroidea. *Journal of East African Natural History*, 89: xx-xx, 2 pls.
- Samyn Y., Vanden Bergue E. 2000. Estimating holothurian biodiversity from the western Indian Ocean Poster presented at *7th Benelux Congress of Zoology, Brussel November 24-25*.
- Samyn, Y. & I. Tallon. 2005. Zoogeography of the shallow-water holothuroids of the western Indian Ocean. *Journal of Biogeography* 32: 1523-1538.
- Samyn, Y., 2000. Conservation of aspidochirotid holothurians in the littoral waters of Kenya. *SPC Beche-de-mer Information Bulletin*, 13: 12-17.
- Smirnov, A. V., A. V. Gebruk, S. V. Galkin and T. Shank. 2000. New species of holothurians (Echinodermata:Holothuroidea) from hydrothermal vent habits. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 80:321-328.

- Soberón-Mainero J. y J. Llorente Bousquets, 1993, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, Vol. XLIV (especial): 3-17.
- Solís-Marín, F.A. y A. Laguarda-Figueras. 1998. Los equinodermos de México. Biodiversitas, 4 (18): 2-7.
- Solís-Marín, F. A. & P. M. Mata. 1999. Taxonomía de Equinodermos. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. CONACYT /ECOSUR, México. 78p.
- Solís-Marín, F. A., M. D. Herrero-Perezrul, A. Laguarda-Figueras & J. Torres-Vega. 1993. Asteroideos y Equinoideos de México (Echinodermata). 91-105. En Biodiversidad marina y Costera de México. S. I. Salazar-Vallejo y N. E. González (eds.). Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad/CIQRO, Chetumal. México. 865p.
- Solís-Marín, F. A., H. Reyes-Bonilla, M. D. Herrero-Perezrul, O. Arizpe-Covarrubias & A. Laguarda-Figueras. 1997. Sistemática y distribución de los equinodermos de la Bahía de la Paz. Ciencias Marinas. 23: 249-263.
- Solís-Marín, F. A., A. Laguarda-Figueras, A. Durán-González, C. Gust-Ahearn & J. Torres Vega. 2005. Equinodermos (Echinodermata) del Golfo de California. En Alvarado, J. J. & J. Cortés (eds). Estudios latinoamericanos en Equinodermos. Revista de Biología Tropical. 53 (3):109-122.
- Solís-Marín, F. A., J. A. Arriaga-Ochoa, A. Laguarda-Figueras, S. C. Frontana-Uribe & A. Durán-González. 2009. Holoturoideos (Echinodermata-Holothuroidea) del Golfo de California. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. México. 177 pp.
- Thandar, A. S. 1989. Zoogeography of the southern African echinoderm fauna. S. Afr. J. Zool. 24(4): 311-318.

- Tovilla-Hernández, C. (1991). Oceanografía Geológica: 403-451. En: G. de la Lanza Espino (Comp.) Oceanografía de mares mexicanos. AGT Editor, S. A. México, D. F. 569p.
- Vanden Berghe E., Appeltans W., Samyn Y., Beenaerts N., Massin C., Daro M.H., 2000 Metalife of a database. *Poster presented at 7th Benelux Congress of Zoology, Brussel.*
- Verril, A. E. 1870. Art. XIII. Contributions to zoology from the Museum of Yale College. No. 5. Descriptions of equinoderms and corals from the Gulf of California. Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Science. 61: 93-98.
- Verril, A. E. 1871. V. Notes on the Radiata in the Museum of Yale College, with Descriptions of new Genera and Species. No. 9. On the Equinoderm fauna of the Gulf of California and Cape St. Lucas. Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Science. 1(2): 593-610.
- Verril, A. E. 1980. 2. Recent explorations of the deep-sea faunae. American Journal of Science. 69 (145): 129-134.
- Wegener, A. 1966. The origin of Continents and Oceans. Translated by J. Biram. Ed. Dover Publications, Inc., New York; pp. 246.
- Wyrki, K. 1962. The oxygen minima relation to ocean circulation. Deep sea research (9): 11-23.
- Wyrki, K. 1965b ¿?. Surface Currents of the Eastern Tropical Pacific Ocean. Inter-American Tropical Tuna Commission. Bullentin 9. 5. 271-304.

APÉNDICE 1

Lista taxonómica de las especies presentes en la Colección Nacional de Equinodermos (ICMyL, UNAM) del Pacífico mexicano (incluye islas Revillagigedo, atolón Clipperton) y Golfo de California.

El presente listado comprende 68 especies, 34 géneros, 13 familias y 5 órdenes de la Clase Holothuroidea reportados para la zona de estudio. Para la organización taxonómica general del listado, se siguieron los criterios de los siguientes autores: Pawson y Fell (1965), Smiley y Pawson (1991).

Los números representan los asignados a cada especie en la matriz de datos para el cladograma.

CLASE HOLOTHUROIDEA

Orden Dendrochirotida Grube, 1840

Familia Psolidae Perrier, 1902

Género *Lissothuria* Verrill, 1867

- 1 *Lissothuria hancocki* (Deichmann, 1941)
- 2 *Lissothuria nutriens* Clark, 1901
- 3 *Lissothuria ornata* (Verrill, 1867)

Género *Psolidium* Ludwig, 1887

- 4 *Psolidium dorsipes* Ludwig, 1887

Género *Psolus* Oken, 1815

- 5 *Psolus chitinoides* H. L. Clark, 1901
- 6 *Psolus diomedeeae* Ludwig, 1894
- 7 *Psolus squamatus* (Müller, 1776)

Familia Sclerodactylidae Panning, 1949

Género *Afrocucumis* Deichmann, 1944

8 *Afrocucumis ovulum* (Selenka, 1867)

Género *Apentamera* Deichmann, 1941

9 *Apentamera lepra* Deichmann, 1941

Género *Athyone* Deichmann, 1941

10 *Athyone glasselli* (Deichmann, 1936)

Género *Neothyone* Deichmann, 1941

11 *Neothyone gibbosa* Deichmann, 1941

12 *Neothyone gibber* (Selenka, 1867)

13 *Neothyone panamensis* (Ludwig, 1887)

Género *Pachythyone* Deichmann, 1941

14 *Pachythyone lugubris* (Deichmann, 1939)

15 *Pachythyone pseudolugubris* Deichmann, 1941

Género *Neopentamera* Deichmann, 1941

16 *Neopentamera anexigua* Deichmann, 1941

Familia Phyllophoridae Östergren, 1907

Género *Phyllophorus* Grube, 1840

Subgénero *Urodemella* Deichmann, 1938

17 *Phyllophorus (Urodemella) zaca* Deichmann, 1938

Género *Pentamera* Ayres, 1852

18 *Pentamera chierchia* (Ludwig, 1887)

19 *Pentamera chiloensis* (Ludwig, 1887)

Género *Thyone* Oken, 1815

20 *Thyone bidentata* Deichmann, 1941

21 *Thyone parafusus* Deichmann, 1941

22 *Thyone strangeri* Deichmann, 1941

Familia Cucumariidae Ludwig, 1894

Género *Staurocucumis* Ekman, 1927

23 *Staurocucumis abyssorum* (Théel, 1886)

Género *Cucumaria* Blainville, 1834

24 *Cucumaria chilensis* Ludwig, 1875

25 *Cucumaria crax* Deichmann, 1941

26 *Cucumaria flamma* Solís-Marín & Laguarda-Figueras, 1999

Género *Neocucumis* Deichmann, 1944

27 *Neocucumis veleronis* (Deichmann, 1941)

Género *Pseudocnus* Panning, 1949

28 *Pseudocnus californicus* (Semper, 1868)

Género *Trachythyone* Studer, 1876

29 *Trachythyone peruana* Semper, 1868

Género *Thyonella* (Verrill, 1872)

30 *Thyonella mexicana* (Deichmann, 1941)

Género *Leptopentacta* H. L. Clark, 1938

31 *Leptopentacta nova* Deichmann, 1941

Orden Dactylochirotida

Familia Ypsilothuriidae Heding, 1943

Género *Ypsilothuria* Perrier, 1886

32 *Ypsilothuria bitentaculata* (Ludwig, 1894)

Orden Aspidochirotida Grube, 1840

Familia Holothuriidae Ludwig, 1894

Género *Holothuria* Linnaeus, 1767

Subgénero *Cystipus* (Haackel, 1880)

- 33 *Holothuria (Cystipus) casoae* Laguarda-Figueras & Solís-Marín, 2009
- 34 *Holothuria (Cystipus) inhabilis* Selenka, 1867
- 35 *Holothuria (Cystipus) rigida* (Selenka, 1867)

Subgénero *Halodeima* Pearson, 1914

- 36 *Holothuria (Halodeima) atra* Jäger, 1833
- 37 *Holothuria (Halodeima) inornata* Semper, 1868
- 38 *Holothuria (Halodeima) kefersteini* Selenka, 1867

Subgénero *Lessonothuria* Deichmann, 1958

- 39 *Holothuria (Lessonothuria) pardalis* Selenka, 1867

Subgénero *Mertensiothuria* Deichmann, 1958

- 40 *Holothuria (Mertensiothuria) fuscocinerea* Jaeger, 1833
- 41 *Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota* (Brandt, 1835)

Subgénero *Platyperona* Rowe, 1969

- 42 *Holothuria (Platyperona) difficilis* Semper, 1868

Subgénero *Selenkothuria* Deichmann, 1958

- 43 *Holothuria (Selenkothuria) lubrica* Selenka, 1867
- 44 *Holothuria (Selenkothuria) portovallartensis* Caso, 1954
- 45 *Holothuria (Selenkothuria) theeli* Deichmann, 1938

Subgénero *Semperothuria* Deichmann, 1958

- 46 *Holothuria (Semperothuria) imitans* Ludwig, 1874

- 47 *Holothuria (Semperothuria) languens* Selenka, 1867
 Subgénero *Theelothuria* Deichmann, 1958
- 48 *Holothuria (Theelothuria) paraprinceps* Deichmann,
 1937
 Subgénero *Thymiosycia* Pearson, 1914
- 49 *Holothuria (Thymiosycia) arenicola* Semper, 1868
- 50 *Holothuria (Thymiosycia) impatiens* (Forsk., 1775)
- 51 *Holothuria (Thymiosycia) hilla* Lesson, 1830
 Subgénero *Vaneyothuria* Deichmann, 1958
- 52 *Holothuria (Vaneyothuria) zaca* Deichmann, 1937
 Género *Labidodemas* Selenka, 1867
- 53 *Labidodemas americanum* Deichmann, 1938
- 54 *Labidodemas macullochi* (Deichman, 1958)
- Familia Stichopodidae Haeckel, 1896
 Género *Isostichopus* Deichman, 1958
- 55 *Isostichopus fuscus* Ludwig, 1874
 Género *Parastichopus* (H. L. Clark, 1922)
- 56 *Parastichopus californicus* (Stimpson, 1857)
 Género *Apostichopus* Cutress & Miller, 1982
- 57 *Apostichopus parvimensis* (H. L. Clark, 1913)
- Orden Elasipodida Théel, 1882
 Familia Laetmogonidae Ekman, 1926
 Género *Pannychia* Théel, 1882
- 58 *Pannychia moseleyi* Théel, 1882

Familia Elpidiidae Théel, 1879

Género *Achlyonice* Théel, 1882

59 *Achlyonice ecalcareo* Théel, 1879

Género *Scotoplanes* Théel, 1882

60 *Scotoplanes clarki* Hansen, 1967

Familia Psychropotidae Théel, 1882

Género *Benthodytes* Théel, 1882

61 *Benthodytes sanguinolenta* (Théel, 1882)

Orden Molpadida Haeckel, 1896

Familia Molpadiidae J. Müller, 1850

Género *Molpadia* Risso, 1826

62 *Molpadia intermedia* (Ludwig, 1894)

63 *Molpadia musculus* Risso, 1826

Familia Caudinidae Scheduling, 1931

Género *Caudina* Stimpson, 1853

64 *Caudina californica* (Ludwig, 1894)

Género *Paracaudina*

65 *Paracaudina chilensis* (Müller, 1850)

Orden Apodida (Brandt, 1835)

Familia Synaptidae Burnmeister, 1837

Género *Epitomapta* Heding, 1928

66 *Epitomapta tabogae* Heding, 1928

Género *Euapta* Öestergren, 1898

67 *Euapta godeffroyi* (Semper, 1868)

Familia Chiridotidae Oestergren, 1898

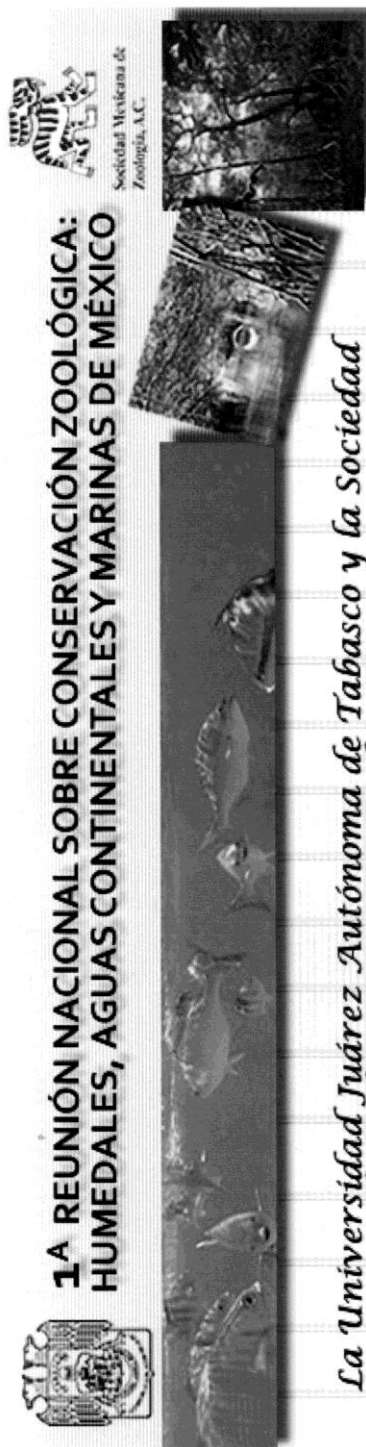
Género *Chiridota* Eschscholtz, 1829

68 *Chiridota aponocrita* H. L. Clark, 1920

69 *Chiridota rigida* Semper, 1868

APÉNDICE 3
PUBLICACIONES Y TRABAJOS GENERADOS A PARTIR DE ESTA INVESTIGACIÓN

1.- Presentación oral realizada en la 1ra Reunión Nacional sobre Conservación Zoológica Humedales, Aguas continentales y Marinas de México. Villahermosa, Tabasco (16-18 de Junio de 2010).



**1ª REUNIÓN NACIONAL SOBRE CONSERVACIÓN ZOOLOGICA:
HUMEDALES, AGUAS CONTINENTALES Y MARINAS DE MÉXICO**

La Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y la Sociedad Mexicana de Zoología A.C. otorgan la presente

Constancia




A: Caballero-Ochoa A. A. y A. Laguarda-Figuera

Por su participación con la Ponencia
ZOOGEOGRAFÍA DE HOLOTUROIDEOS (ECHINODERMATA:HOLOTHUROIDEA) DEL PACÍFICO MEXICANO

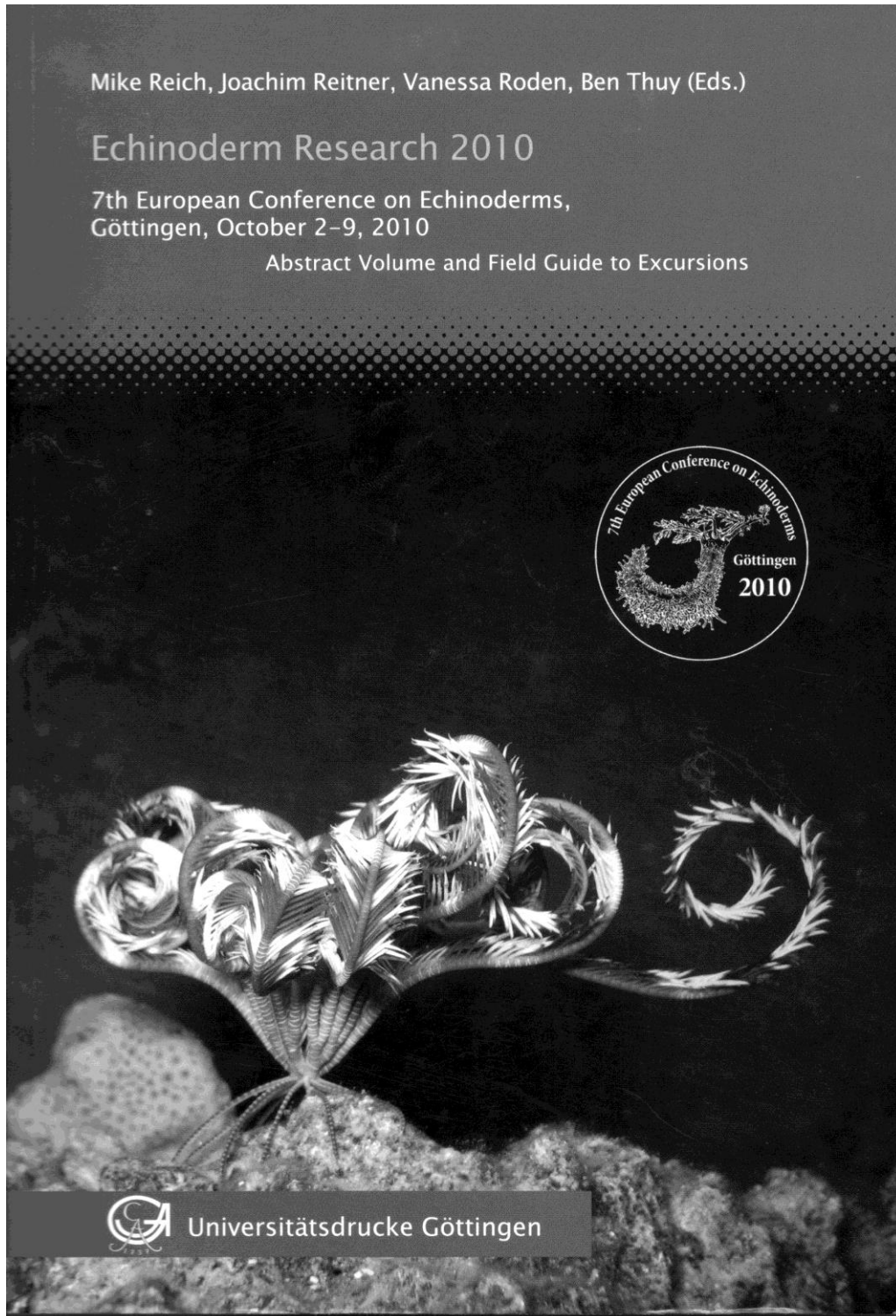
Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez
Director de la DACBIOL

Aquiles Argote Cortés
Pdte. de la Sociedad Mexicana de Zoología

Villahermosa Tabasco del 16 al 18 de Junio de 2010



2.- Presentación oral realizada en la 7ma Conferencia Europea sobre Echinodermos. Göttingen, Alemania. (2-9 de Octubre de 2010).



collected into a bolus, which increases in size as it travels down the arm towards the mouth. But additional feeding modes have been reported as well, such as deposit-feeding, browsing, grazing, scavenging and predation. Referring to the latter, the use of armloops has been described in *O. fragilis*, which is considered a common mechanism for feeding on active prey and larger chunks of carrion.

According to its various feeding modes, *O. fragilis* possesses morphologically different types of teeth. In an earlier study, I described two types of teeth, i. e. grinding and carnassial teeth. The description depicted “rows of short and flat teeth located along the vertical jaw edges surrounded by numerous dental papillae, which are slightly longer than the teeth and have tapered tops”. The two types of teeth were designated firstly as grinding teeth for processing smaller organisms or deposit material and secondly as carnassial instruments enabling the animal to process larger particles or prey organisms by crushing or cutting them.

Detailed follow-up dissections of the mouthparts and full profile views of individual jaw elements revealed a third morphological type of teeth. While the above described teeth elements (grinding and carnassial teeth) are confined only to the first half of the jaw edge, the second half is equipped with a single row of large long teeth, with their tips sharply edged to the shape of an arrowhead.

In the present study, detailed morphological descriptions of all three types of teeth and/or associated papillae on the individual jaw elements in *O. fragilis* are given and their functional morphology discussed in relation to the animals' feeding process.

Zoogeography of holothurians (Echinodermata: Holothuroidea) of the Mexican Pacific Ocean [oral presentation]

Andrea Alejandra Caballero-Ochoa & Alfredo Laguarda-Figueras

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL), Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos (LSEE), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM);

E-mail: andrea_marman@yahoo.com.mx & laguarda-figueras@cmarl.unam.mx

Keywords: Holothuroidea, zoogeography, Mexican Pacific Ocean, Parsimony Analysis of Endemism (PAE)

Biogeography is the discipline that studies the distribution of living beings in space and over time; the main objectives are to describe and understand the patterns of geographical distribution of species and supraspecific taxa. The Phylum Echinodermata includes approximately 7,000 living species and 13,000 fossil species. Mexico hosts a high diversity of echinoderms. So far, we have reported over 600 species that inhabit our territorial waters, about 9 % of existing species on Earth. The holothurians constitute almost 20 % of species; this class is represented by approximately 114 species in the waters of the territorial sea, the Pacific Ocean being the most diverse, with 68 species reported by Solís-Marín & Laguarda-Figueras in 1998. Studies based on biogeography of echinoderms are poorly repre-

sented in Mexico; there are studies about distribution, but without biogeography. The geographic area considered for this study corresponds to the Pacific coast of Mexico, which extends from 32° 27'N, 117° 07'W and 14° 32'N, 117° 13'W. Mexico has 23,642 million km² of sea in the Pacific Ocean, also including the island Guadalupe and Revillagigedo Archipelago as part of the national territory. This study analyzes the zoogeography of shallow-water holothurians of the Mexican Pacific Ocean by a taxonomic review of the samples of these sea cucumbers in the Colección Nacional de Equinodermos, 'Dra. María Elena Caso' of the Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM and the echinoderm collection at the Smithsonian Institution in Washington D.C. We apply a parsimony analysis of endemism (PAE), which allows to classify areas or sites according to taxa shared by a cladogram. We used 7 provinces and 68 species. We obtained one cladogram of 128 steps, CI: 0.81 and RI: 0.65. The biogeographic studies are important to assess the current situation, to document the distribution of species in different regions; with all these we design management strategies and achieve the objectives of protection and conservation, as well as ensuring the preservation of resources, biodiversity and maintaining natural ecosystems.

When a repellent becomes an attractant: harmful saponins are kairomones that maintain the symbiosis between the Arlequin crab and their sea cucumber hosts [oral presentation]

Guillaume **Caulier**¹, Patrick **Flammang**¹, Pascal **Gerbaux**², Pricilla **Rakotoarisoa**³ & Igor **Eeckhaut**¹

¹University of Mons, Marine Biology Laboratory, 6 Avenue du Champs de Mars, B-7000 Mons, Belgium

²Institute of halieutic and marine sciences of Toliara (IHSM), route du port, Mahavatse, Tulear, Madagascar

³University of Mons, Organic Chemistry Laboratory, Mass Spectrometry Center, 19 Avenue Maistriau, B-7000 Mons, Belgium

Keywords: Holothurians, host selection, kairomones, saponins

Saponins are secondary metabolites produced by some plants and animals that use them as defensive repellents. They are well known in sea cucumbers in which they function as a chemical protection against predators. Sea cucumbers however house batches of obligate symbiotic organisms for which host selection is generally mediated by chemical signaling. This study is the first to highlight the precise chemical nature of the specific odor involved in the recognition of a sea cucumber by one of its symbionts. Host choice experiments performed using a Y-tube olfactometer demonstrate that saponins secreted by *Bobadischia vitiensis* are specifically recognized by and attract one of its most common symbionts, the Arlequin Crab