



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

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

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.....	38
	6.3. Análisis de Parsimonia de Endemismos.....	42
VII.	DISCUSIÓN.....	48
VIII.	CONCLUSIONES.....	57
	LITERATURA CITADA.....	59

APÉNDICE 1.....	80
APÉNDICE 2.....	87
APÉNDICE 3.....	90

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.....	38
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

A MIS PADRES:

ESPERANZA OCHOA ARREGUÍN
EDUARDO CABALLERO GAYTÁN

“LOS AMO”

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Alfredo Laguarda Figueras, mi director de tesis; por el apoyo diario, la buena vibra, por la oportunidad que me dio, por la confianza depositada en mí; por su amplio conocimiento, valiosa dirección y animosa ayuda, que fueron el impulso más certero para concluir. POR HACERNOS SENTIR LO MÁS IMPORTANTE.

Al Dr. Francisco Alonso Solís Marín, por todo el cariño, por su amistad, su paciente guía y tiempo compartido; por su conocimiento, apoyo y los buenos momentos, por dejarme ser parte del mundo Echinodermata, por ayudarme a crecer y enseñarme la labor científica: sólo se conquista con trabajo y dedicación. POR PENSAR PRIMERO EN NOSOTROS.

A la Dra. Blanca Estela Buitrón Sánchez, el Dr. Juan José Morrone Lupi y el Dr. Fernando Nuno Simões Dias Marques, por formar parte de mi jurado; por el tiempo y atención asignados a la revisión de este trabajo; por su ayuda y valiosos comentarios.

A mis padres, por permitirme soñar y compartir mis sueños; por su apoyo incondicional, por el amor. Mamá gracias por dejarme ser, por tú fuerza. Papá gracias por tus palabras siempre han sido las correctas. Sin ustedes no sería lo que ahora soy. Gracias!!!!

A la M. en C. Alicia Durán González, por la labor diaria; mantener de pie la Colección Nacional, no es cosa simple.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por todo lo que me ha enseñado, por permitirme formar parte de ella; por mantenerse de pie, a pesar de “todo”.

Al personal del posgrado en Ciencias del mar y Limnología: Dra. Vilaclara, Gaby, Chantal, Lupita y Diana, por el apoyo, por el tiempo y la paciencia.

A mi hermana, por compartir la vida.

A mi abuela Jose, “puro Michoacán”.

A Mantoñeta, por el amor a la vida.

A la M. en C. Ana María Torres y a Biol. Perla, por permitirme estar a bordo de un barco camaronero, es “la experiencia”, gracias por su apoyo y amistad.

A mis grandes amigos: Julio, Tania, Alexa y bebé, Mausí, Quetzalli, Maggui, Francisco, Alfredo, Jorge y Caro, gracias por la amistad, por la vocación, el esfuerzo y perseverancia; por la constancia, por el amor a la naturaleza.

A Isa y a Carmen, quiero expresarles mi eterno agradecimiento, por su eterna amistad. “Las adoro”.

A Jorge, sabes?, estaba sentada aquí; solo pensando..... recordando..... nuestro dulce verano; por la mirada.

A Abel, por el amor, por el tiempo compartido. Gracias por crecer conmigo.

A Alexa y bebé, por su invaluable amistad cantinera y cómplice; por la vida. Te quiero Aletza!

A Julio Adrián, por ser genial, por creerse todo lo que le digo (yo también me lo creo Juls); por ser un amigo, un caballero, un colega de los que ya no hay. Gracias Juls por tu amistad sin condiciones. Te quiero!

A Tanaya, por los viajesitos. Me dí cuenta que eres “perfecta para mi”; por la vida, por la alegría y por la esperanza. Te quiero flaca!

A Mauricio, por la alegría, por la amistad, por contagiarme de buen humor; eres súper Mauriceeo. Te quiero!

A Quetzalli, por la risa, por los buenos momentos, por compartir, por los consejos. Te quiero!

A las “chicas del lab”: Viri y Lupita, por los momentos, por compartir.

A Saulo, por darme su amistad incondicional sin conocerme, por no pedir nada a cambio.

A Juan José Alvarado, por estar en el lugar y momento adecuados. Tus comentarios fueron decisivos. Gracias Chepe!

Nos queda el presente, que ya es suficiente
y no nos debe faltar.

Nos queda la suerte que si se balancea un poco
nos puede tocar.

Nos queda Oaxaca, peyote, San Pedro y amigos
que no, nos quieren cambiar.

Nos quedan canciones que llenen los corazones
sobre todo las de los demás.

Nos queda el mar.....

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).

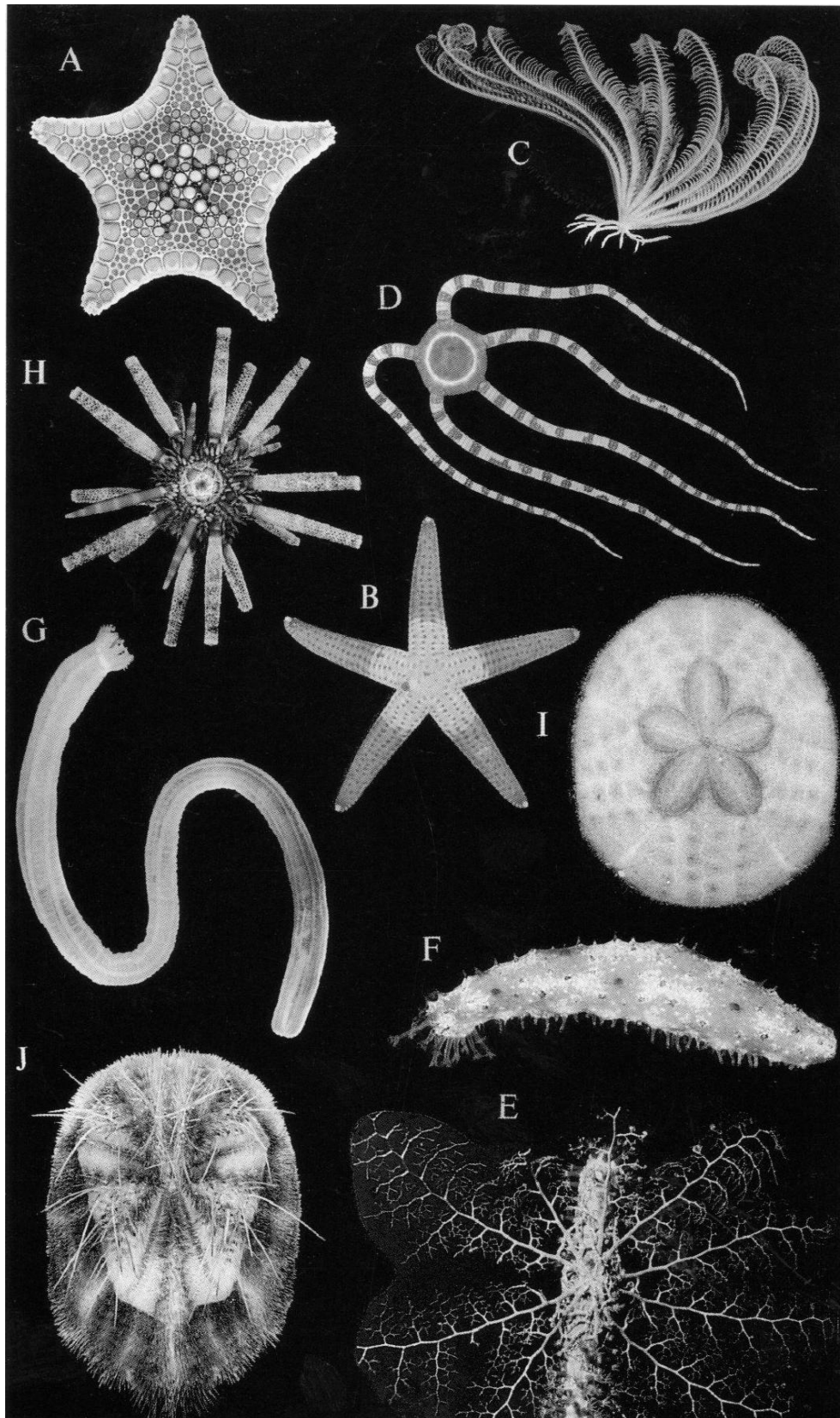


Figura 1. Representantes de las cinco clases recientes del Phylum Echinodermata; A-B) Clase Asteroidea; C) Clase Crinoidea; D-E) Clase Ophiuroidea; F-G) Clase Holothuroidea; H-J) Clase Echinoidea (tomado de Hendler *et al.*, 1995).

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, Elaspodida, 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 y 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 y Brusca, 1990; Solís-Marín *et al.*, 2009).

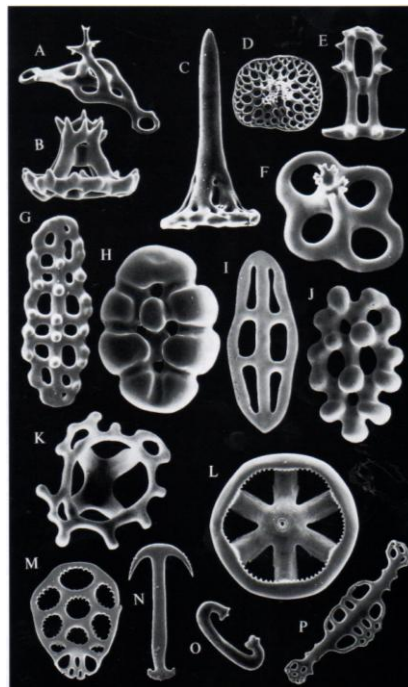


Figura 2. Tipos representativos de espículas de holoturoideos. A-F: tablas, G-J: botones, K: canasta, L: rueda, M: base articular del ancla, N: ancla, O: cuerpo en forma de C, P: placa de soporte (Tomado de Hendler *et al.*, 1995).

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).

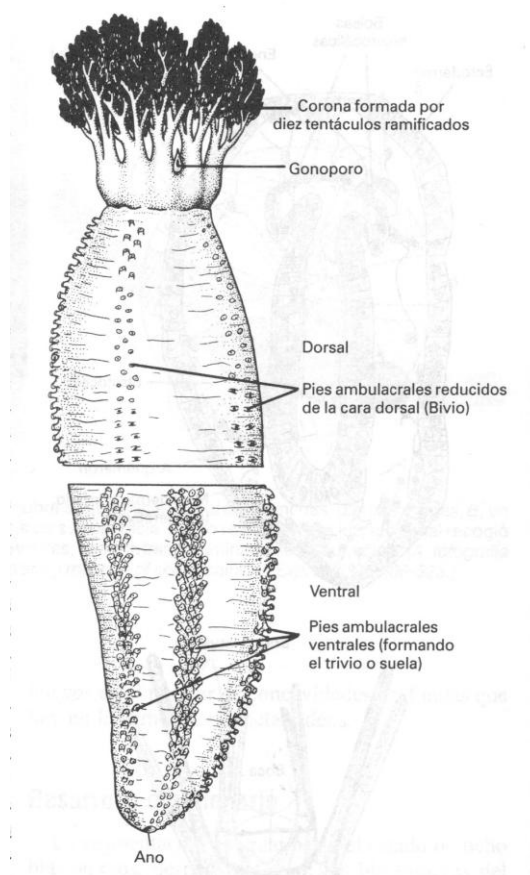


Figura 3. Morfología de un cucumárido (Tomado de Rupert & Barnes, 1996).

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 150 especies en las aguas del mar territorial, siendo el Océano Pacífico el más diverso, con 68 especies reportadas (Solís-Marín *et al.*, 2005, Honey *et al.*, 2008) (Tabla 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 (3,704 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).

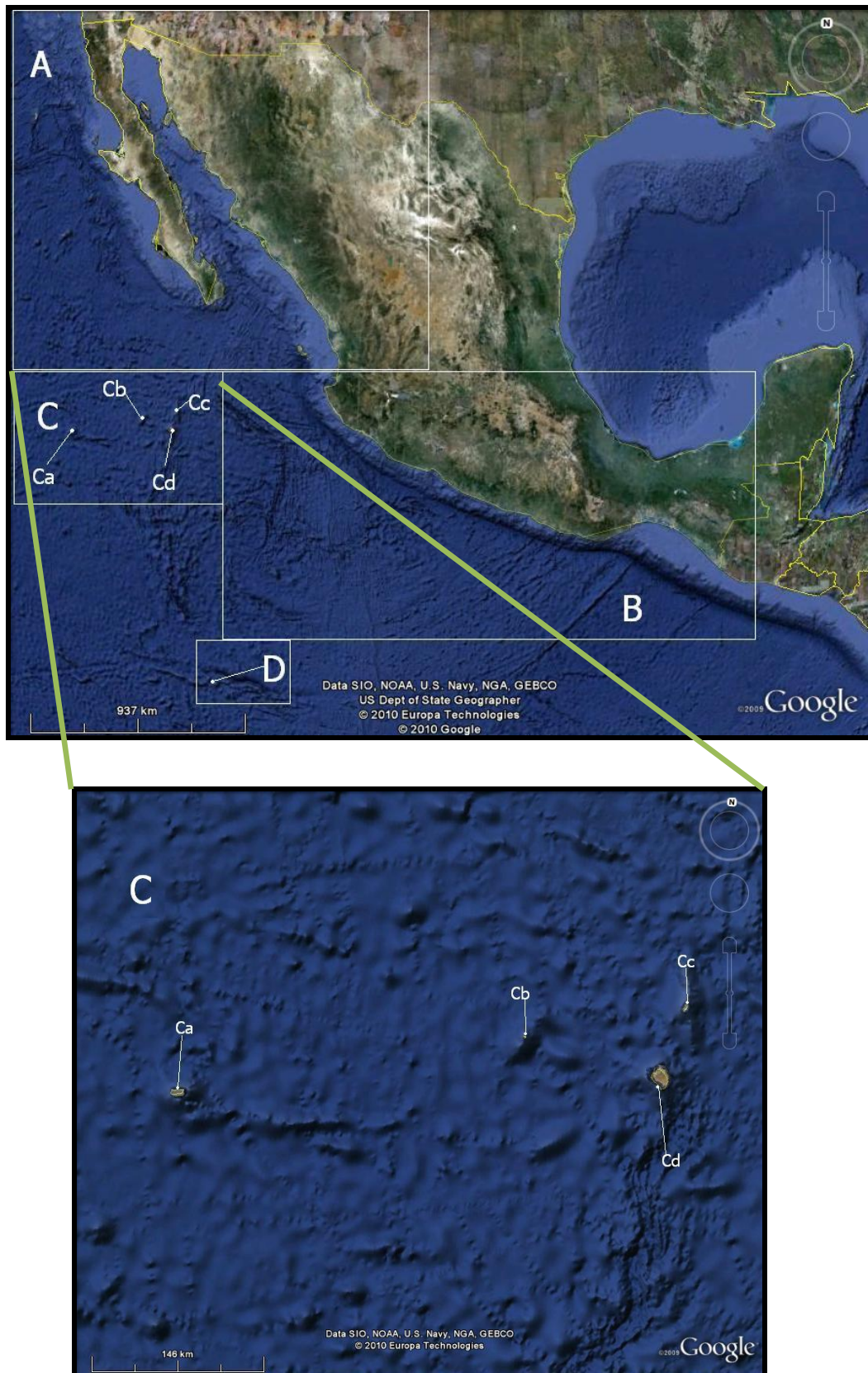


Figura 4. Área de estudio. A) Costa occidental de Baja California y Golfo de California, B) Pacífico tropical mexicano, C) Archipiélago Revillagigedo y D) Atolón Clipperton.

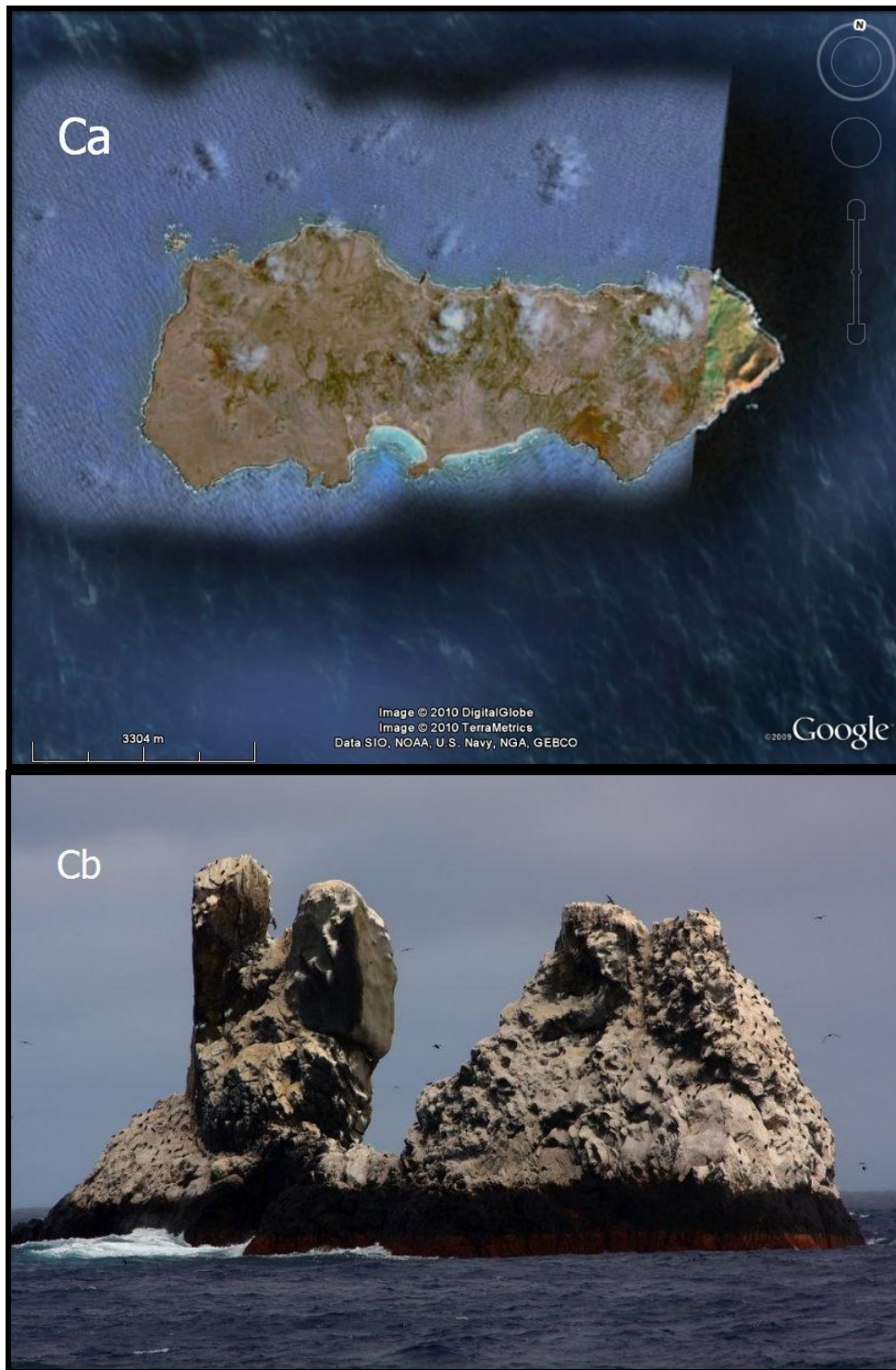


Figura 5. Archipiélago Revillagigedo: Ca) Isla Clarión y Cb) Isla Roca Partida (Foto Iván Cuevas).

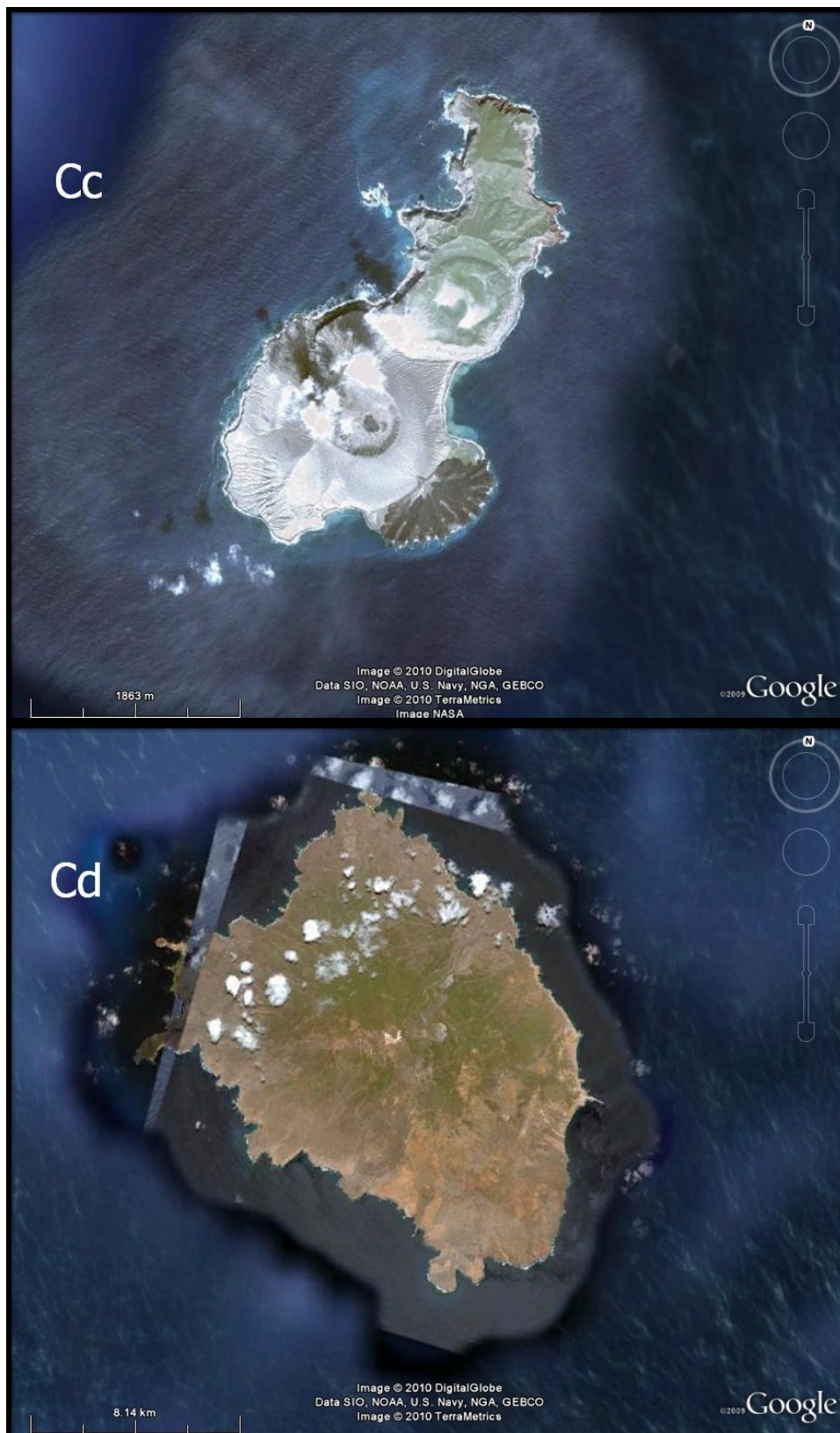


Figura 6. Archipiélago Revillagigedo. Cc) Isla San Benedicto y Cd) Isla Socorro.

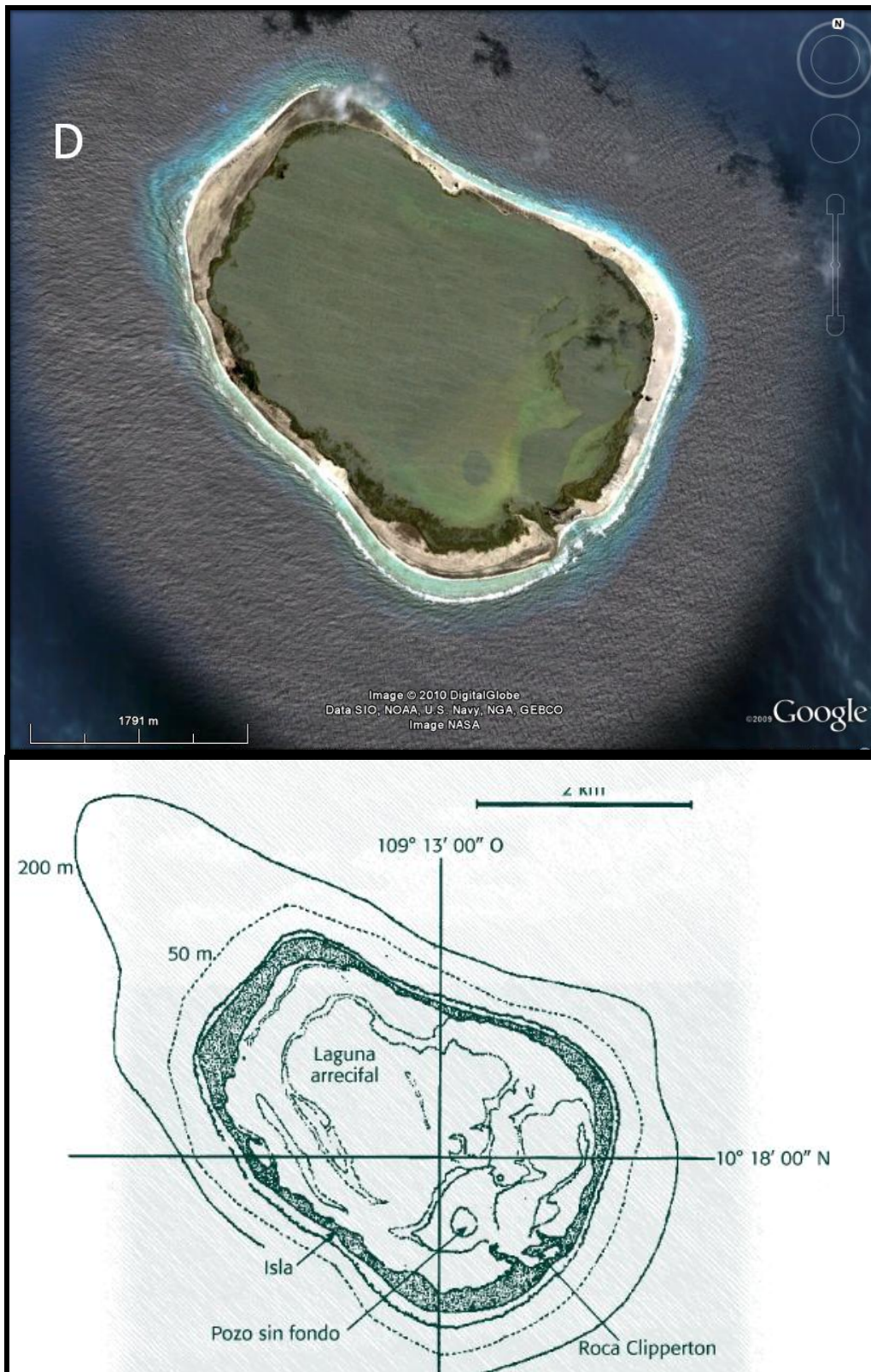


Figura 7. Atolón Clipperton. Arriba imagen satelital, abajo gráfico de la isla mostrando la porción emergida y la extensión arrecifal (Tomada de Reyes *et al.*, 1999).

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 (De la Lanza, 1991).

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 (De la Lanza, 1991).

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 un la 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, pycnoclina 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 1 ml/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 cambio 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 (figura 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 geostrofos 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 ($T > 25^{\circ}\text{C}$; $34.6\text{‰} < S < 34.9\text{‰}$) y el agua originada en el interior del Golfo, de alta salinidad y temperatura ($22^{\circ}\text{C} < T < 25^{\circ}\text{C}$; $S > 34.9\text{‰}$). 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 8).

- 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).

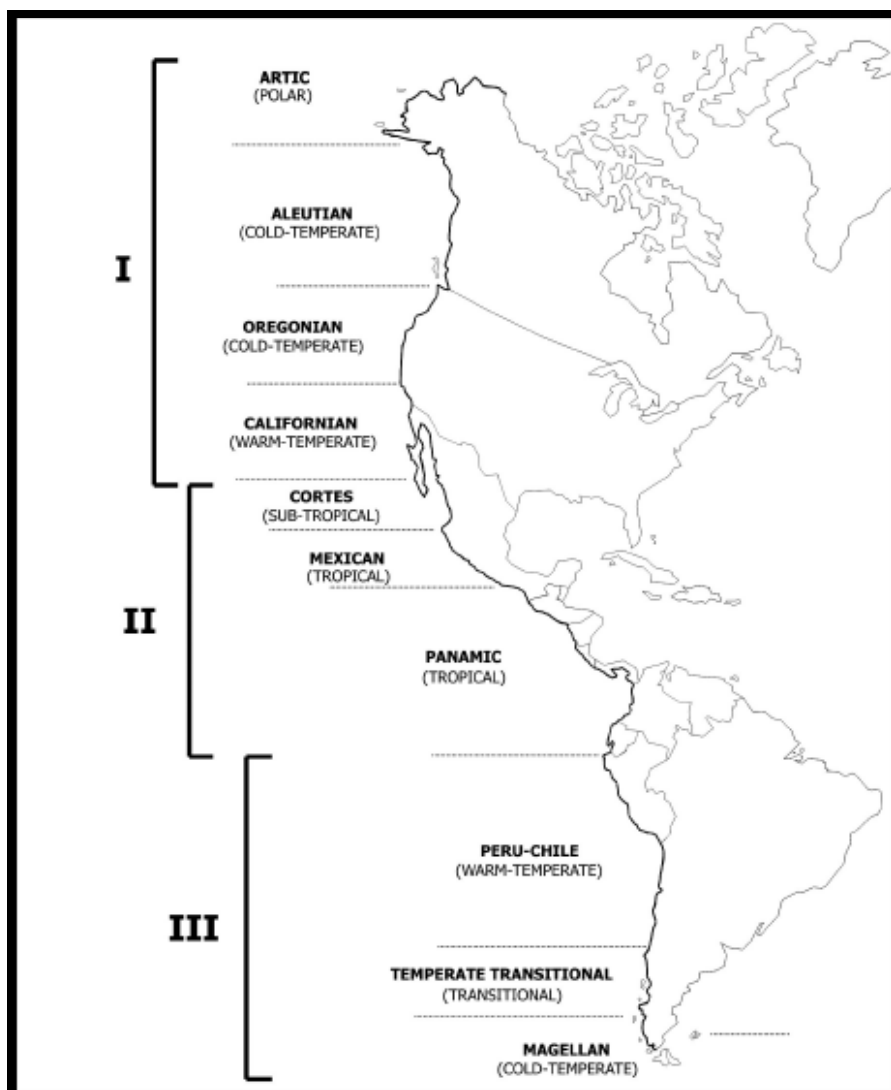


Figura 8. Subregiones zoogeográficas y sus respectivas provincias. I Subregión norte, II Subregión Pacífico este tropical y III Subregión sur (tomado de Espinosa-Pérez & Hendickx, 2006).

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).

El listado de equinodermos de las islas Marianas se obtuvo de la literatura más reciente (Paulay, 2003a), que reporta 36 especies de holoturoideos para la región (apéndice 2).

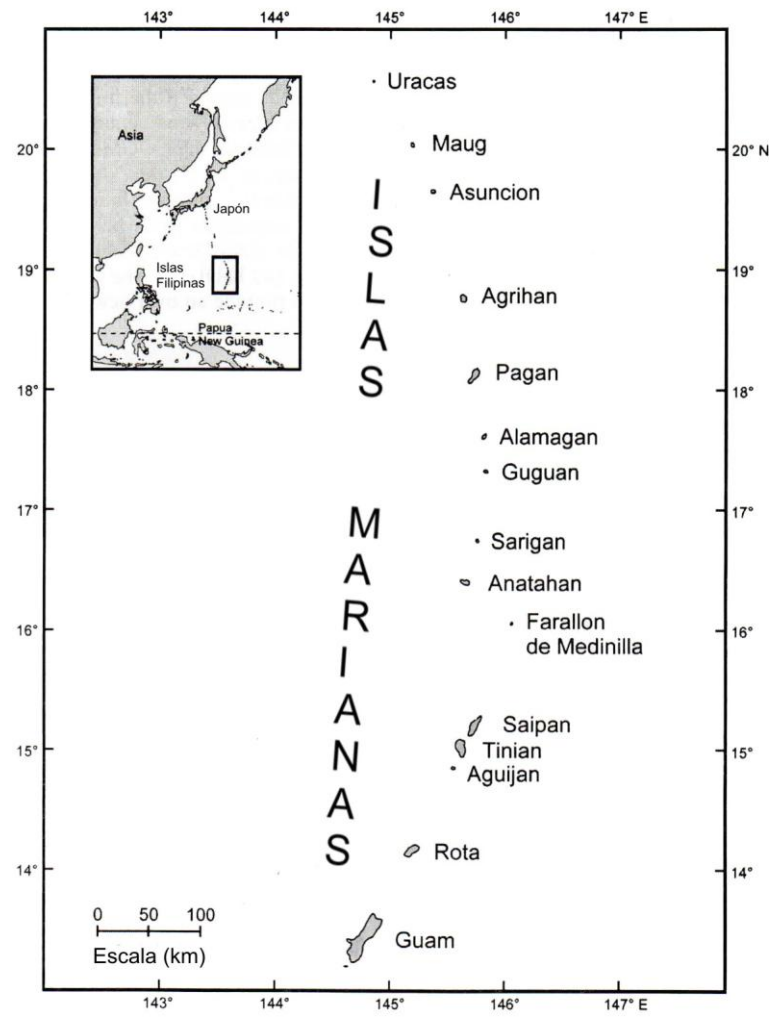


Figura 9. Ubicación de las Islas Marianas (Modificado de Paulay, 2003b).

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-Pérez y 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 69 especies de holoturoideos del Pacífico mexicano agrupadas en 34 géneros y 13 familias (tabla 2).

Tabla 2. Especies, géneros y familias por órdenes de holoturoideos para la zona de estudio.
Para más detalle ver apéndice 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. En color morado se muestran las especies “confer” (c.f.) o “parecido a” y en color naranja los complejos de especies.

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>Afrocucumis 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> (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> 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> (Mülller, 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, Phylloporidae 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, Psycropotidae con 1 especie que representa el 2%.

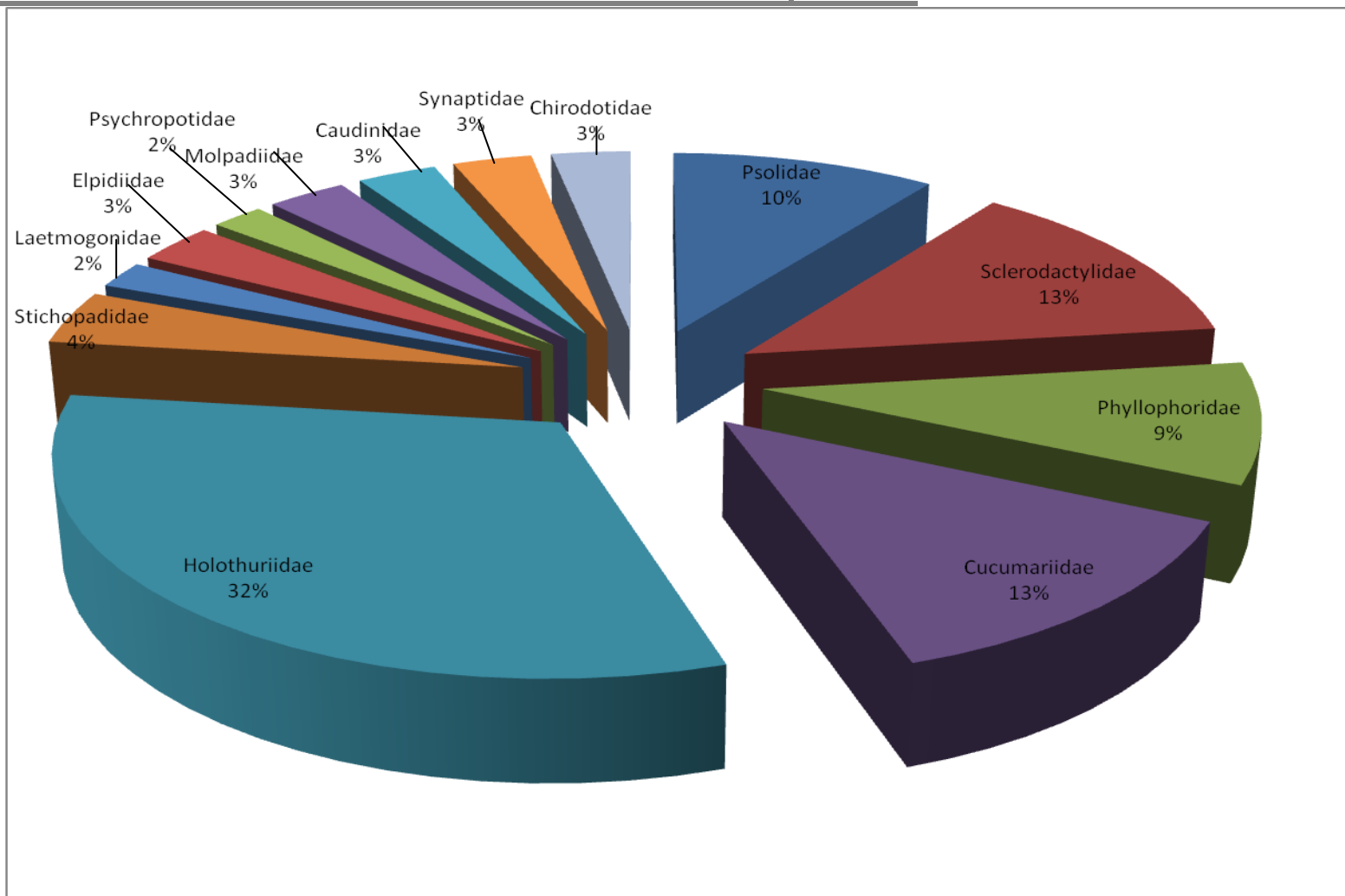


Figura 10. Proporción por familias de las especies de holoturoideos encontradas en la zona de estudio.

6.2 Distribución

Considerando las divisiones biogeográficas según Espinosa-Pérez y Hendrickx, 2006; para el Pacífico Este, el archipiélago Revillagigedo y el atolón Clipperton: la provincia 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 archipiélago Revillagigedo con 13 especies (9%). Finalmente, las menos diversas son el atolón Clipperton y la provincia Panámica con 4 (3%) y 3 especies (2%) respectivamente (figura 11).

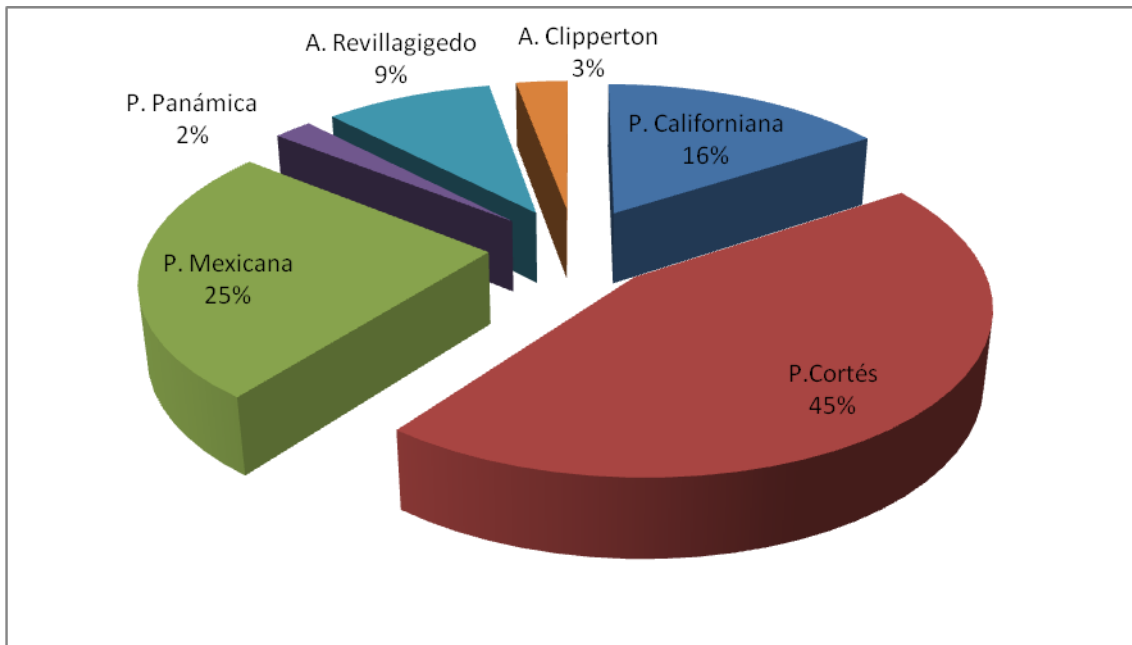


Figura 11. Proporción de especies encontradas en las Provincias del Pacífico Este mexicano, el archipiélago Revillagigedo y el atolón Clipperton.

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) zacaе</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			*	*	

1.1. Análisis de Parsimonia de Endemismos

Tabla 5. Matriz de datos obtenida a partir del análisis de presencia y ausencia. Para la numeración de las especies ver anexo 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35			
Raíz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
P. Californiana	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0		
P. Cortés	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1		
P. Mexicana	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1		
P. Panámica	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
A. Revillagigedo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A. Clipperton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Islas Marianas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	

71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

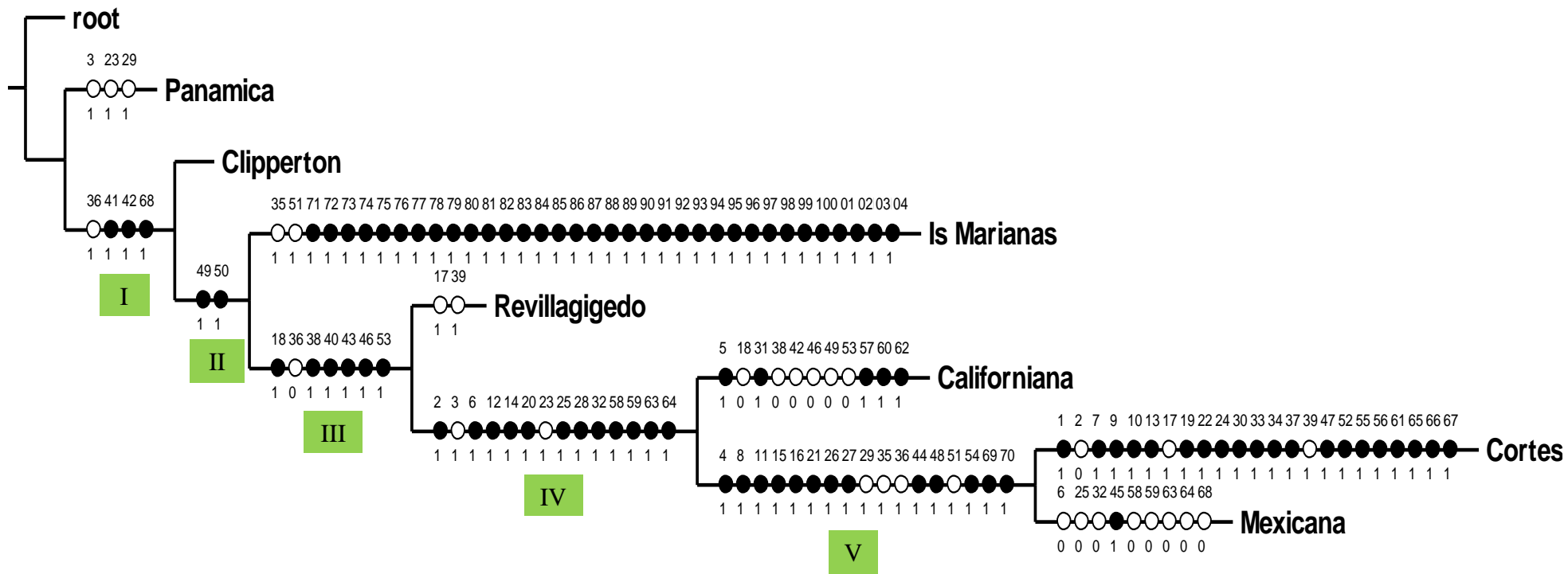


Figura 12. Cladograma obtenido a partir del análisis de parsimonia de endemismos.

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 12).

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 (1 especie) (tabla 4). El grupo II está definido por la presencia de *Holothuria (Thymiosycia) arenicola* y *H. (Thymiosycia) impatiens* (tabla 6), 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* (tabla 6); 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 (tabla 6): *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, Revillagigedo, Californiana, Cortés y Mexicana.	<i>Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota</i> , <i>H. (Platyperona) difficilis</i> y <i>Euapta godeffroyi</i> .
II	Is. Marianas, Revillagigedo, Californiana, Cortés y Mexicana.	<i>Holothuria (Thymiosycia) arenicola</i> y <i>H. (Thymiosycia) impatiens</i> .
III	Revillagigedo, 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. Mauritianae*, *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 hawaiiensis* y *Chiridota violacea*. La

provincia Californiana incluye 5 especies propias de aguas frías: *Psolus chitinoides*, *Leptopentacta nova*, *Parastichopus parvimensis*, *Achlyonice ecalcareae* y *Benthodytes sanguinolienta*. 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) zacaee*, *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>Afroccucumis 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 galatheaee</i> , <i>Synapta maculata</i> , <i>Chiridota hawaiiensis</i> , y <i>Chiridota violacea</i> .
Californiana	<i>Psolus chitinoides</i> , <i>Leptopentacta nova</i> , <i>Parastichopus parvimensis</i> , <i>Achlyonice ecalcareae</i> y <i>Benthodytes sanguinolienta</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) zacaee</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.*, 2005, Durán-González *et al.*, 2005, Laguarda-Figueras *et al.*, 2005 y Honey *et al.*, 2008), 69 (45%) están registradas para el Pacífico mexicano (tabla 1).

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 Golfo de California (incluyendo la costa occidental de Baja California) según Solís-Marín *et al.* (2005) se reportan 45 especies de holoturoideos y según Honey *et al.* (2008) son 46 las registradas para el Pacífico mexicano.

En el presente trabajo se analiza la biodiversidad de las especies registradas para el Pacífico mexicano. De la revisión de 8,018 ejemplares (que se realizó por confiabilidad en los datos) (tabla 3) se reportan 69 especies de holoturoideos, siendo el orden Dendrochirotida 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, pero se añaden algunas especies más, tal es el caso de *Ypsilothuria bitentaculata* (Ludwig, 1893), la cual es mencionada por primera vez para el Pacífico mexicano.

Durante la realización del presente estudio se detectaron diversos problemas taxonómicos que presentan las especies de la Clase. Al respecto, se detectaron dos principales: el primero se refiere a complejos de especies que necesitan ser revisados (tabla 3) entre ellas están *Holothuria (Thymiosycia) arenicola* Semper, 1868 y *Holothuria (Thymiosycia) impatiens* (Forsk., 1775). Actualmente, se está revisando la sistemática molecular de éstas dos especies de distribución circumtropical, y se ha encontrado hasta el momento que lo que pensábamos que era una sola especie de distribución circumtropical (*H. impatiens*) en realidad es un complejo de 11 o más especies (Michonneau com. pers., 2010).

El segundo problema taxonómico se refiere a especies con la denominación “confer” (c.f.) o “parecido a”, 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. La localidad tipo de tales especies es el Indopacífico, un análisis detallado del tipo de espículas, demuestra que se trata realmente de nuevas especies, que a través de los años han permanecido sin ser descubiertas y descritas, ya que se les ha confundido por su parecido con las del Indopacífico.

Así mismo, en este trabajo se analiza la distribución de las especies por provincias (figura 11). Al respecto, los resultados muestran que la provincia Cortés (Según Espinosa-Pérez y Hendrickx, 2006) que va desde Bahía Magdalena, Baja California Sur hasta bahía Banderas, Jalisco, es la que presenta mayor biodiversidad con 62 especies (45% del total). De hecho, el Golfo de California muestra hasta el momento, mayor biodiversidad que el resto de las zonas marinas del país, en lo que a holoturoideos se refiere. Solis-Marín *et al.*, (2009) mencionan que por la alta productividad de sus aguas la riqueza biológica y ecológica del Golfo de California hacen de este mar uno de los que presentan mayor diversidad en el mundo. Otros trabajos refuerzan lo antes mencionado como el de Maluf (1988b) en el cual se afirma que en 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 y Rowe (1971), y Marsh y Marshall (1983) mencionan que la riqueza del Golfo de California es superior a la encontrada en varias zonas del Indopacífico, el cual es considerado como el centro de máxima diversidad de equinodermos en el mundo. Aún así, el Golfo de California requiere de más investigaciones sobre su biodiversidad, tanto de holoturoideos como de otros grupos de invertebrados, tomando en cuenta a las especies de profundidad como a las 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, no obstante, aunque en la actualidad existe un gran número de holoturoideos descritos, aún quedan áreas y especies por estudiar, debido a que el esfuerzo de captura ha sido desigual a lo largo del litoral mexicano y a distintas profundidades. En tal sentido, al incrementar las investigaciones sobre éstos y otros invertebrados, el resultado del análisis de biodiversidad mostraría una elevada y mejor representada biodiversidad.

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 Análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE), el único cladograma resultante muestra la exclusión de la provincia Panámica de los grupos principales, esto se debe a que la única especie reportada para el área es *Trachytyone peruana* (Semper, 1868). Es posible que la existencia de un solo registro para esta área, sea el producto de un bajo esfuerzo de muestreo dentro de la misma, sin embargo, podría deberse también a las características ambientales de los diversos biotopos propios de la costa de los estados en dicha provincia.

El cladograma (figura 11) muestra la baja afinidad de la provincia Panámica con las demás provincias, esto relacionado al número de registros de especies por zona. Si esta aceveración es real, iría en contra de la premisa ecológica que menciona que “entre más cerca del Ecuador, mayor diversidad” planteada para todos los grupos de animales y plantas (Margalef, 1986).

La provincia Panámica, representada en las costas mexicanas de Bahía Tangola-Tangola (llamada actualmente “Tangolunda”, Huatulco) hasta la frontera sur (Chiapas), ha recibido cierta atención por los especialistas de equinodermos. La Dra. Ma. Elena Caso (UNAM) trabajó durante más de 50 años las costas del Pacífico mexicano, aunque dichos muestreos distan de ser

completos, hasta este momento los resultados de dicho trabajo concuerdan con los contenidos en este estudio, es decir, apoya la escasa presencia de equinodermos en el área, y está de acuerdo con la literatura más recientemente publicada (Honey *et al.*, 2008). La única especie de ofiuroideo registrada a lo largo de la costa chiapaneca es *Diopederma danianum* (Verrill, 1867), además de 5 especies de asteroideos, 5 de equinoideos y la ausencia total de crinoideos. Es necesario realizar muestreos en la zona Panámica de México, a lo largo del año, a diferentes profundidades y con distintos tipos de técnicas de muestreo, así mismo, son necesarios estudios sobre las características físico-químicas y geológicas de la provincia.

Otros resultados sobre la diversidad de holoturoideos en la provincia Panámica de otros países como Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua, muestran también pocos registros (Alvarado *et al.*, 2010) comparados con Costa Rica y Panamá, que tienen 29 y 59 registros respectivamente. Desde Guatemala hasta Nicaragua, se tienen apenas 26 registros: Guatemala tiene 4 registros, El Salvador 13, Honduras 4 y Nicaragua 5. Lo anterior parece señalar que las costas de Chiapas no son parte de la provincia Panámica, tal vez sea necesario reestablecer el límite norte de la provincia Panámica, de tal manera que la provincia Panámica quedaría localizada entre Costa Rica y Paita, Perú. La zona que existe aproximadamente entre Bahía Tangota-Tangola, Oaxaca y el límite norte de Costa Rica es tal vez una área transicional que no se ha nombrado desde el punto de vista biogeográfica.

El cladograma (figura 11) muestra la existencia de 5 grupos principales. El primero, incluye a todas las provincias (exceptuando a la Panámica) y 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 grupo el atolón Clipperton queda excluido, resultado asociado a su baja afinidad con la costa mexicana, y que muestra la escasa diversidad presente en el atolón, como se observa en el Tabla 7, ya que no cuenta con especies exclusivas. Este resultado no coincide con otros estudios que sugieren una “alta relación” de la diversidad del Atolón Clipperton con las zonas del Indopacífico, las cuales poseen una gran diversidad de especies y utilizan la corriente Norecuatorial para dispersarse.

La baja diversidad de especies de holoturoideos reportados en este trabajo, coinciden con los reportes de la última literatura al respecto (Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 2009), la cual obtuvo sus resultados de dos expediciones efectuadas al atolón y la revisión de varias colecciones científicas (entre ellas la Colección Nacional de Equinodermos), además de la revisión de la literatura existente. Al respecto, 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*.

Solís-Marín y Laguarda-Figueras (2009) muestran los patrones de distribución de los equinodermos de Clipperton, comparándolos con el Pacífico mexicano y el Indopacífico. En ese trabajo se muestra una mayor similitud de equinodermos en general, con el Pacífico mexicano, pero en lo que respecta a pepinos de mar, estos muestran mayor similitud con las especies del Indopacífico. Los resultados en el cladograma indican que la fauna de pepinos de mar de Clipperton no cuenta con especies exclusivas, presenta baja diversidad y escasas relaciones con el Pacífico mexicano y mayor afinidad con el Indopacífico.

El tercer grupo del cladograma (figura 11) sólo incluye a provincias mexicanas que comparten 6 especies (tabla 6): *Pentamera chierchia*, *Holothuria (Halodeima) kefersteini*, *H. (Mertensiothuria) fuscocinerea*,

Holothuria (Selenkothuria) lubrica, *Holothuria (Semperothuria) imitans*, y *Labidodemas americanum*; siendo el archipiélago Revillagigedo el menos afín. Es probable que la disimilitud del archipiélago con el resto del grupo se deba, ya sea al bajo esfuerzo de investigación en la zona (y por consiguiente existe un bajo número de registros) o bien, a la existencia de barreras geográficas que impiden la dispersión de algunas especies que son comunes en las provincias Cortés y Mexicana. Según Castro-Aguirre y Balart (2002) el archipiélago de Revillagigedo es un conjunto de conos volcánicos que emergen desde 3,500 m de profundidad, que 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. Además la corriente de California produce una ligera disminución en las temperaturas superficial y subsuperficial en el primer trimestre del año, lo cual incide directamente en la composición de la fauna costera. Aunque Briggs (1974) consideró al archipiélago de Revillagigedo como perteneciente a la provincia Panámica, los resultados de este trabajo muestran la baja afinidad de esta última con el archipiélago.

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.

El cuarto grupo (figura 11), incluye las provincias Californiana, Cortés y Mexicana, siendo la California la menos afín; este grupo cuenta con 12 especies compartidas (tabla 6): *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*. La afinidad entre estas tres provincias puede explicarse por la composición de especies tropicales o templadas que comparten. Al respecto, Bahía Magdalena, que está situada en la costa occidental de Baja California, es un complejo lagunar que presenta una composición faunística muy característica, lo que llevó a Bertsch (1990) a señalar la existencia de un “conglomerado faunístico” que denominó transicional sub-tropical, donde la fauna templada y tropical se

encuentra y se mezcla. Según Brinton y Reid (1986) Bahía Magdalena se ubica en la zona de confluencia de las masas de agua del Pacífico central, el Pacífico tropical y la corriente de California. Esta heterogeneidad ambiental favorece la presencia de faunas de origen distinto, en función de la presencia de aguas templadas y tropicales asociadas al predominio de una u otra masa de agua.

Las especies que muestran la afinidad templada de la provincia Californiana son: *Parastichopus californicus*, *Parastichopus parvimensis*, *Psolus chitonoides*, *Psolus squamatus*, *Molpadia intermedia* y *Paracaudina chilensis*. Sin embargo Gotshall (1994), Lambert (1997) y Bergen (1996), además de éstos, mencionan otros registros que podrían encontrarse en las costas de Baja California y denotar la afinidad templada; éstos no fueron contemplados en este estudio: *Caudina arenicola*, *Hedingia californica*, *Parastichopus johnsoni*, *Cucumaria miniata*, *Cucumaria piperata*, *Havelockia benti*, *Pentamera lissoplaca*, *Pentamera populifera*, *Pentamera pseudocalcigera*, *Parastichopus leukothele*, *Pseudostichopus mollis*, *Synallactes challengerii*, *Psolidium bidiscum*, *Cucumaria frondosa japonica*, *Cucumaria pallida*, *Cucumaria pseudocurata*, *Cucumaria vegae*, *Pseudocnus curatus*, *Pseudocnus lubricus*, *Ekmania diomedeeae*, *Thyonidium kurilensis*, *Pentamera lissoplaca*, *Pentamera populifera*, *Pentamera trachyplaca*, *Pachytyone rubra*, *Thyone benti*, *Eupentacta pseudoquinquesemita*, *Eupentacta quinquesemita*, *Leptosynapta clarki*, *Leptosynapta transgresor*, *Chiridota albatrossii*, *Chiridota discolor*, *Chiridota laevis* y *Chiridota nanaimensis*.

Finalmente, las provincias con mayor afinidad son Cortés y Mexicana (figura 11) con 13 especies compartidas (tabla 6): *Psolidium dorsipes*, *Afrocucumis ovulum*, *Neothyone gibbosa*, *Pachytyone pseudolugubris*, *Neopentamera anexigua*, *Thyone parafusus*, *Cucumaria flamma*, *Neocucumis veleronis*, *Holothuria (Selenkothuria) portovallartensis*, *H. (Theelothuria) paraprinceps*, *Labidodemas macullochi*, *Chiridota aponocrita*, *Chiridota rigida*. Los resultados sugieren que estas provincias presentan una historia biogeográfica similar que facilita la colonización entre ellas, debido a su

caracter costero y a que comparten características físicas, químicas y geológicas que determinan la distribución de las especies que comparten, siendo las corrientes oceánicas las más importantes en este proceso, dado su papel de dispersoras. Según Massin y Doumen (1986) los procesos costeros son factores importantes que regulan la distribución de las especies de pepinos de mar, la influencia hidrodinámica y la granulometría del sedimento, son características clave del habitat para definir los nichos de los holoturoideos y la dispersión larval de los mismos.

Hay investigaciones que coinciden con los resultados obtenidos en este trabajo, por ejemplo: Cruz-Barraza (2008) presenta la zoogeografía de las esponjas (familia Demospongidae) del Pacífico mexicano. Al respecto, los resultados del Análisis de Parsimonia de Endemismos muestran una baja afinidad de las provincias Californiana y Panámica con las provincias Revillagidedo, Cortés y Mexicana, siendo las 2 últimas las más afines, que incluso presentan mayor afinidad con el Caribe.

Es importante mencionar que el alcance del método que se utilizó permite demostrar las afinidades entre las regiones escogidas para el análisis. El siguiente paso es tratar de dar una explicación al respecto mediante otros estudios biogeográficos (históricos o ecológicos).

Por último, se recomienda realizar más estudios biogeográficos de los equinodermos en las costas de México y se sugiere ampliar el presente estudio para corroborar la posible zona transicional que se menciona. Para ello, se requiere aumentar el esfuerzo de captura en las áreas donde existen pocos registros de la provincia Panámica, es decir, las costas de Oaxaca y Chiapas. Asimismo, es recomendable realizar, al mismo tiempo, estudios físico-químicos y geológicos de esta zona que podrían revelar la particularidad de la misma.

Para la realización correcta de un análisis biogeográfico, es determinante la correcta identificación taxonómica de las especies, ya que es la unidad básica de análisis. De una matriz de datos generada a partir de errores

taxonómicos (“malas identificaciones”) procederá un resultado erróneo y la o las hipótesis generadas serán erradas.

8. CONCLUSIONES:

- Se reportan 68 especies de holoturoideos para el Pacífico mexicano, siendo los ordenes Dendrochirotida y Aspidochirotida (familia Holothuridae) los mejor representados.
- El análisis de Parsimonia de Endemismos (PAE) 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 mostró que la provincia Panámica en México, no es afín a las provincias Mexicana, Cortés, Californiana, al atolón Clipperton, el archipiélago Revillagigedo y las Islas Marianas.
- La zona que comprendida entre Bahía Tangota-Tangola, Oaxaca y el límite norte de Costa Rica es tal vez una área transicional que no se ha nombrado desde el punto de vista biogeográfica.
- El atolón Clipperton presentó baja afinidad con las provincias del Pacífico tropical mexicano e incluso con la fauna del Indopacífico (Islas Marianas).
- Las provincias Cortés y Mexicana son las más afines entre sí, debido posiblemente a su proximidad vecinal y a la dispersión facilitada por las corrientes oceánicas.
- Los procesos costeros, la influencia hidrodinámica y la granulometría del sedimento, son fenómenos clave para definir los nichos de los holoturoideos y su dispersión larval.
- Se detectaron especies con problemas taxonómicos, entre los cuales se encuentran complejos de especies y especies “*confer*”; que necesitan revisión.
- Se contribuyó al ordenamiento e identificación de los holoturoideos del Pacífico mexicano pertenecientes a la colección Nacional de equinodermos “Dra. María Elena Caso” del 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.

- Para la realización correcta de un análisis biogeográfico, es determinante la correcta identificación taxonómica de las especies, ya que es la unidad básica de análisis.

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.
- Alvarado J. J., F. A. Solís-Marín and C. G. Ahearn. 2010. Echinoderm (Echinodermata) diversity in the Pacific coast of Central America. *Marine Biodiversity*. 40: 45-46.
- Alvarez-Arellano, A. y A. Molina-Cruz. 1986. Aspectos paleoceanográficos cuaternarios del Golfo de California, evidenciados por conjuntos de radiolarios. *Anales del Insituto de Ciencias del Mar y Limnología*. Universidad Nacional Autónoma de México. 13(2): 67-94.
- Andersson, L. 1996. An ontological dilemma: epistemology and methodology of historal biogeography. *Journal of Biogeography*. 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.
- Boon, L. 1928. Scientific results of the first oceanographic expedition of the "Pawnee", 1925. Echinodermata from tropical East American seas. *Bulletin of the Bingham Oceanographic Collection Yale University*. 1:1-22.

- Botello A. V., Toledo O. T., De la Lanza-Espino G. and 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. Bulletin Biological Society of Washington. (3): 67-105.
- Brusca, R. C. and Brusca G. J. 1990. Invertebrates. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Sunderland, Masschusetts. 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 Hstoria Natural. Vol. Esp. 44:209-231.
- Burke, R. A., D. E. Reid, J. M. Brooks and A. M. Lovoie. 1983. Upper water column methane geochemistry in the eastern tropical North Pacific. Limnology Oceanography. 28(1): 19-32.
- 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.
- Carpenter, R. C. 1984. Predator on population density control of homing behavior in the Caribbean echinoid *Diadema antillarum*. Marine Biology. 82: 101-108.
- Caso, M.E. 1941. Contribución al Conocimiento de los Asteroideos de México. I. La existencia de *Linckia guildingui* Gray, en la costa pacífica. Anales del Instituto de Biología. 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. Anales del Instituto de Biología. 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. Anales del Instituto de Biología. UNAM 17: 247-259.
- Caso, M.E. 1948. Contribución al conocimiento de los equinodermos de México. II. Algunas especies de equinoideos litorales. Anales del Instituto de Biología. UNAM 19: 183-231.
- Caso, M.E. 1949. Contribución al conocimiento de los Equinodermos litorales de México. Anales del Instituto de Biología. UNAM 20: 341-355.
- Caso, M.E. 1951. Contribución al conocimiento de los ofiuroides de México. 1. Algunas especies de ofiuroides litorales. Anales del Instituto de Biología. UNAM 22: 219-12.
- Caso, M.E. 1953. Estado actual de los conocimientos de la fauna de equinodermos de México. Memorias del Congreso Científico Mexicano. Universidad Nacional Autónoma de México. 3-16.
- 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*. Anales del Instituto de Biología. 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. *Anales del Instituto de Biología. UNAM* 28: 309-338.
- Caso, M.E. 1961. Estudios sobre astéridos de México. Observaciones sobre especies de las costas de México. *Anales del Instituto de Biología. 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*. *Anales del Instituto de Biología. UNAM* 32: 313-331.
- Caso, M.E. 1962b. Estudios sobre equinodermos de México. Contribución al conocimiento de los equinodermos de la Islas Revillagigedo. *Anales del Instituto de Biología. 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.*). *Anales del Instituto de Biología. 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) zihuataneensis*. *Anales del Instituto de Biología. 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). *Anales del Instituto de Biología. UNAM* 36: 253-291.
- Caso, M.E. 1966. Contribución al estudio de los Holoturoideos de México. Morfología interna y ecología de *Stichopus fuscus* Ludwig. *Anales del Instituto de Biología. UNAM* 37: 175-181.

- Caso, M.E. 1967. Contribución al estudio de los Holoturoideos de México. Morfología interna y ecología de *Stichopus fuscus* Ludwig. Anales del Instituto de Biología. 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. Anales del Instituto de Biología. UNAM, Ser. Cienc. Mar Limnol. 41: 1-62.
- Caso, M.E. 1970b. Morfología externa de *Acanthaster planci* (Linnaeus). Anales del Instituto de Biología. UNAM Serie Ciencias del Mar y Limnología. 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. Anales del Instituto de Biología. UNAM. Serie Ciencias del Mar y Limnología. 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*. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. 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. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Mar Limnol. UNAM 2: 1-28.
- Caso, M.E. 1976. El estado actual del estudio de los equinodermos de México. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 3(1): 1-56
- 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. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. 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. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM Publ. esp. 1: 244.

Caso, M.E. 1979. Los Equinodermos (Asteroidea, Ophiuroidea, y Echinoidea) de la Laguna de Términos, Campeche. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. Publicación especial. (3):1-186.

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. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM 7: 141-180.

Caso, M.E. 1980b. Los Equinoideos del Pacífico de México. Orden Clypeasteroidea. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. 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 *Amphiochondrius*. *Amphiochondrius unamexici* sp. nov. (Ophiuroidea). Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM 10: 209-230.

Caso, M.E. 1983b. Los Equinoideos del Pacífico de México. Parte Cuarta. órdenes Cassiduloidea y Spatangoida. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. Publ. esp. 6: 1-200.

Caso, M.E. 1984. Descripción de un género nuevo y una especie nueva de Holothuroideo. *Parathyonacta* gen. nov. Y *Parathyinacta bonifaznuñoi* sp. nov. Colectada en la campaña oceanográfica SIPCO III a bordo del Buque

- Oceanográfico "El Puma". Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 11(1): 181-210.
- Caso, M.E. 1986a. Los Echinodermos del Golfo de California colectados en las campañas SIPCO I-II-III a bordo del B/O "El Puma". Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 13(1): 91-184.
- Caso, M.E. 1986b. Descripción de una nueva especie de ofiuroideo de la Bahía de Mazatlán, Sin. *Ophioderma sodipallaresi* sp. nov. y comparación con *Ophioderm variegatum* Lütken. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 13: 223-248.
- Caso, M.E. 1992. Los equinodermos (asteroideos, ofiuroideos y equinoideos) de la Bahía de Mazatlán, Sin. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. Pub. Esp. 11:1-214.
- Caso, M.E. 1996. Las especies del género *Hesperocidaris* Mortensen, *Astropyga* Gray, *Arbacia* Gray y *Lytechinus* Agassiz, colectadas en las campañas oceanográficas Cortes 1,2,3 a bordo del B/O "El Puma". Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México. 22: 83-100.
- Caso, M. E., A. Laguarda-Figueras, F. A. Solís-Marín, A. Ortega-Salas y A. L. Durán-González. 1994. Contribución al conocimiento de la ecología de las comunidades de equinodermos de la Laguna de Términos, Campeche, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 21(1-2): 67-85.
- Cintra-Buenrostro, C. E. 2001. Los Asteroideos (Echinodermata:Asteroidea) de aguas someras del Golfo de California, México. *Oceánides*. 16: 49-90.
- Clark A. H. 1916. Six new starfishes from the Gulf of California and adjacent waters. *Proceedings Biology Society of Washington*. 29: 51-62.
- 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 and 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 and Lawrence (eds.). Echinoderm Studies. Balkema, Rotterdam, Brookfield.
- Clark, H. L. 1913. Echinoderms from lower California, with descriptions of new species. Bulletin American Museum of Natural History. 32: 185-236.
- Clark, H. L. 1923. XII. Echinoderms from lower California, with descriptions of new species: Supplementary report. Scientific results of the expedition to the Gulf of California in charge of C. H. Townsend, by the U. S. Fisheries Steamship "Albatross" in 1911. Commander G. H. Burrage, U. S. N. Commanding. Bulletin and Memories of the American Museum of Natural History. 48 (6): 147-163.
- 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. Bulletin of Museum of Comparative Zoology, Harvard Collection. 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. Bulletin of Museum of Comparative Zoology, Harvard Collection. 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., Bulletin of Museum of Comparative Zoology, Harvard Collection. 39: 119-154.
- Clark, A. M. and 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. y 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 y 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 y 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.

De la Lanza-Espino, G. 1991. Oceanografía de mares mexicanos. A. G. T. Editor, S. A. México D. F. 569pp.

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.

Durán-González A., A. Laguarda-Figueras, F. A. Solís-Marín, B. E. Buitrón-Sánchez, C. Gust-Ahearn y J. Torres-Vega. 2005. Equinodermos (Echinodermata) de las aguas mexicanas del Golfo de México. Revista Biología Tropical. 53(Suppl. 3): 53-68.

Espinosa D., C. Aguilar y 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. and 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.
- Fisher, W. K. 1907. The Holoturians of Hawaiian islands. *Proceedings of the United States National Museum*. 32: 637-774.
- Freeland, G. and R. Dietz. 1971. Plate tectonic evolution of Caribbean Gulf of Mexico región. *Nature*. 232: 20-23.
- 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 and 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. and 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.

- Hartlaub, C. 1985. Reports on the dredging operations off the west coast of Central America to the Galapagos, to the west coast of México, and in the Gulf of California, in charge of Alexander Agassiz, carried on by the U. S. Fish Commission steamer "Albatross", during 1891, Lieut, Commander Z. L. Tanner, U. S. N., commanding. 13. Die Comatulien. Bulletin of Museum of Comparative Zoology. Harvard University. 27: 129-152.
- 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. and 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. and 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. and 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 y 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. and S.-J. Zentara. 1990. Hypoxia in the world ocean as recorded in the historical data set. Deep-Sea Research (37): 1861-1874.
- Karing, D. E., R. K. Cardwell, G. F. Moore and D. G. Moore. 1978. Late Cenozoic subduction and continental margin truncation along the Northern Middle America Trench. Geological Society of America Bulletin. 89: 265-276.
- Kerstitch, A. 1989. Sea of Cortez marine invertebrates. A guide for the Pacific coast Mexico to Ecuador. Sea Challengers Publ. Printed in Hong Kong through Interprint, San Francisco, CA. 115 pp.
- Knauss, J. A. 1962. On some aspects of the deep circulation of the Pacific. Journal Geophysical Research. 67: 3943-3954.
- Laguarda-Figueras A., F. A. Solís-Marín, A. Durán-González, C. Gust-Ahearn, B. E. Buitrón-Sánchez y 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 and J. Torres Vega. 2005a.

- Lancellotti, D. A. and Vasquez, J. A. 1999. Biogeographical Patterns of Benthic Macroinvertebrates in the Southeastern Pacific Littoral. *Journal of Biogeography*. 26 (5): 1001-1006.
- Larson, R. L. and 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.
- Ludwig, H. 1893. Reports on the dredging operations of the west coast of Central America to the Galapagos, to the west coast of México, and in the Gulf of California, in charge of Alexander Agassiz, carried on by the U. S. Fish Commission steamer "Albatross", during 1891, Lieut, Commander Z. L. Tanner, U. S. N., commanding. *Bulletin of Museum of Comparative Zoology*. Harvard College. 24: 105-114.
- 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.
- Margalef, R. 1986. *Ecología*. Ediciones Omega S. A. Barcelona, España. 957 pp.
- 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.

- Menard, H. W. and S. M. Smith. 1966. Hypsometry of ocean basin provinces. *Journal of Geophysical Research*. 71 (18): 4305-4325.
- 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 Pacipro). *Oceanologica Acta* (10): 383-391.
- Molina-Cruz, A. 1986. Evolución oceanográfica de la boca del Golfo de California. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. UNAM. 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. Y 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 reports*. Vol. VII. 91-95

- Reyes Bonilla, H., J. P. Carricart Gavinet, V. Solís Weiss and 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. y 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. y 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. and 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. y A. Laguarda-Figueras. 2009. Les échinodermes in Charpy (coord.). *Clipperton, environnement et biodiversité d' un microcosme océanique*. MNHN, Paris. 235-247.
- Solís-Marín, F. A. y 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 y 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 y 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 y 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 y A. Durán-González. 2009. Holoturoideos (Echinodermata-Holothuroidea) del Golfo de California. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. México. 177 pp.
- Sverdrup, H. U., M. W. Johnson and R. H. Fleming. 1970. *The oceans; their physics, chemistry and general biology*. Prentice Hall, Inc. N. J. 239-261.
- Tchernia P. 1980. *Descriptive Regional Oceanogeography*. Pergamon Press. New York. 216-145.
- Thandar, A. S. 1989. Zoogeography of the southern African echinoderm fauna. *S. Afr. J. Zool.* 24(4): 311-318.
- Théel, H. 1879. Preliminary report on the Holothuride, of the exploring voyage of H. M. "Challenger". Part 1. *Bihang Till K. Svenska Vet. Akad. Handlingar*. 5 (19): 1-20.
- Thomas, W. H. 1969. Phytoplankton nutrient enrichment experiments of Baja California and in the eastern equatorial Pacific Ocean. *Journal Fisheries Research Board Canadian*. 26: 1133-1145.
- Thomas, W. H. 1970. On nitrogen deficiency in tropical Pacific oceanic Phytoplankton: Photosynthetic parameters in poor and rich water. *Limnology Oceanography*. 15(3): 380-385.

- Thomas, W. H. and R. W. Owen, Jr. 1971. Estimating Phytoplankton production from ammonium and chlorophyll concentration in nutrient-poor water of the eastern tropical Pacific Ocean. *Fisheries Bulletin*. 69: 87-92.
- Thomas, W. H. and A. N. Dodson. 1972. On the nitrogen deficiency in tropical Pacific diatoms of a chemostat-grown diatom. *Limnology Oceanography*. 17(4): 515-523.
- 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.
- U. S. Department of Commerce. 1972. Eastropac Atlas. Circular 330 Vol. I. (Love, C. M. ed.). National Marine Fisheries Services. Washington D.C. 296 figuras.
- Vanden Berghe E., Appeltans W., Samyn Y., Beenaerts N., Massin C. and 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.
- Weare, B. C., P. T. Strub, and M. D. Samuel. 1981. Annual mean surface heat fluxes in the Tropical Pacific Ocean. *Journal Physics Oceanography*. 11 (5): 705-717.

-
- 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. 1965a. Surface Currents of the Eastern Tropical Pacific Ocean. Inter-American Tropical Tuna Commission. Bullentin 9. 5. 271-304.
- Wyrki, K. 1965b. The annual and semi-annual variation of sea surface temperature of the North Pacific Ocean. Limnology Oceanography. 10(3): 307-313.
- Wyrki, K. 1966. Oceanography of the Eastern Ecuatorial Pacific Ocean. Oceanography Marine Biological Annual Rev. 33-68.
- Zenkevich, L. A. 1963. Biology of the seas of the USSR. London. 955 pp.
- Ziesenhene, F. C. 1937. The Templeton Crocker Expedition. Echinoderms from the West coast of Lower California, the Gulf of California and Clarion island. Zool. 22: 209-239.
- Ziesenhene, F. C. 1940. New ophiurans of the Allan Hancock Pacific Expeditions. Allan Hancock Pacific Expeditions. 8: 9-58.

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) zacae* 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 2

Lista taxonómica de las especies registradas para las Islas Marianas (tomada de Paulay, 2003a).

HOLOTHUROIDEA: STICHOPODIDAE

- 93 *Stichopus chloronotus* Brandt, 1835
- 94 *Stichopus horrens* Selenka, 1867
- 95 *Stichopus monotuberculatus?* (Quoy & Gaimard, 1833).
- 96 *Stichopus noctivagus* Cherbonnier, 1980
- 97 *Thelenota ananas* (Jaeger, 1833)
- 98 *Thelenota anax* H. L. Clark, 1921
- 99 *Thelenota rubralineata* Massin & Lane, 1991

HOLOTHUROIDEA: HOLOTHURIIDAE

- 73 *Actinopyga echinites* (Jaeger, 1833)
- 74 *Actinopyga Mauritian*a (Quoy & Gaimard, 1833)
- 75 *Actinopyga palauensis* Panning, 1944
- 76 *Bohadschia argus* Jaeger, 1833
- 77 *Bohadschia marmorata* Jaeger, 1833-complex
- 35 *Holothuria (Cystipus) rigida* (Selenka, 1867)
- 36 *Holothuria (Halodeima) atra* Jaeger, 1833
- 78 *Holothuria (Halodeima) edulis* Lesson, 1830
- 79 *Holothuria (Halodeima) signata* Ludwig, 1875
- 80 *Holothuria (Lessonothuria) hawaiiensis* Fisher, 1907
- 81 *Holothuria (Lessonothuria) lineata* Ludwig, 1875
- 41 *Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota* Brandt, 1867

- 82 *Holothuria (Metriatyla) scabra* Jaeger, 1833?
- 83 *Holothuria (Microthele) fuscopunctata* Jaeger, 1833
- 84 *Holothuria (Microthele) nobilis* (Selenka, 1867)
- 85 *Holothuria (Microthele) whitmaei* Bell, 1887
- 42 *Holothuria (Platyperona) difficilis* Semper, 1868
- 86 *Holothuria (Platyperona) excellens* (Ludwig, 1875)
- 87 *Holothuria (Semperothuria) cinerascens* (Brandt, 1835)
- 88 *Holothuria (Semperothuria) flavomaculata* Semper, 1868
- 89 *Holothuria (Stauropora) pervicax* Selenka, 1867
- 90 *Holothuria. (Theelothuria) turriscelsa* Cherbonnier, 1980.
- 49 *Holothuria (Thymiosycia) arenicola* Semper, 1868
- 50 *Holothuria (Thymiosycia) impatiens* (Forsk. & Schlegel, 1775)
- 51 *Holothuria (Thymiosycia) hilla* Lesson, 1830
- 92 *Pearsonothuria graeffei* (Semper, 1868)

HOLOTHUROIDEA: SYNAPTIDAE

- 68 *Eupta godeffroyi* (Semper, 1868)
- 100 *Opheodesoma grisea* (Semper, 1868)
- 101 *Polyplectana galathea* Heding, 1928
- 102 *Synapta maculata* (Chamisso & Eysenhardt, 1821)

HOLOTHUROIDEA: CHIRIDOTIDAE

- 103 *Chiridota hawaiiensis* Fisher, 1907
- 104 *Chiridota violacea* Müller, 1850

HOLOTHUROIDEA: CUCUMARIDAE

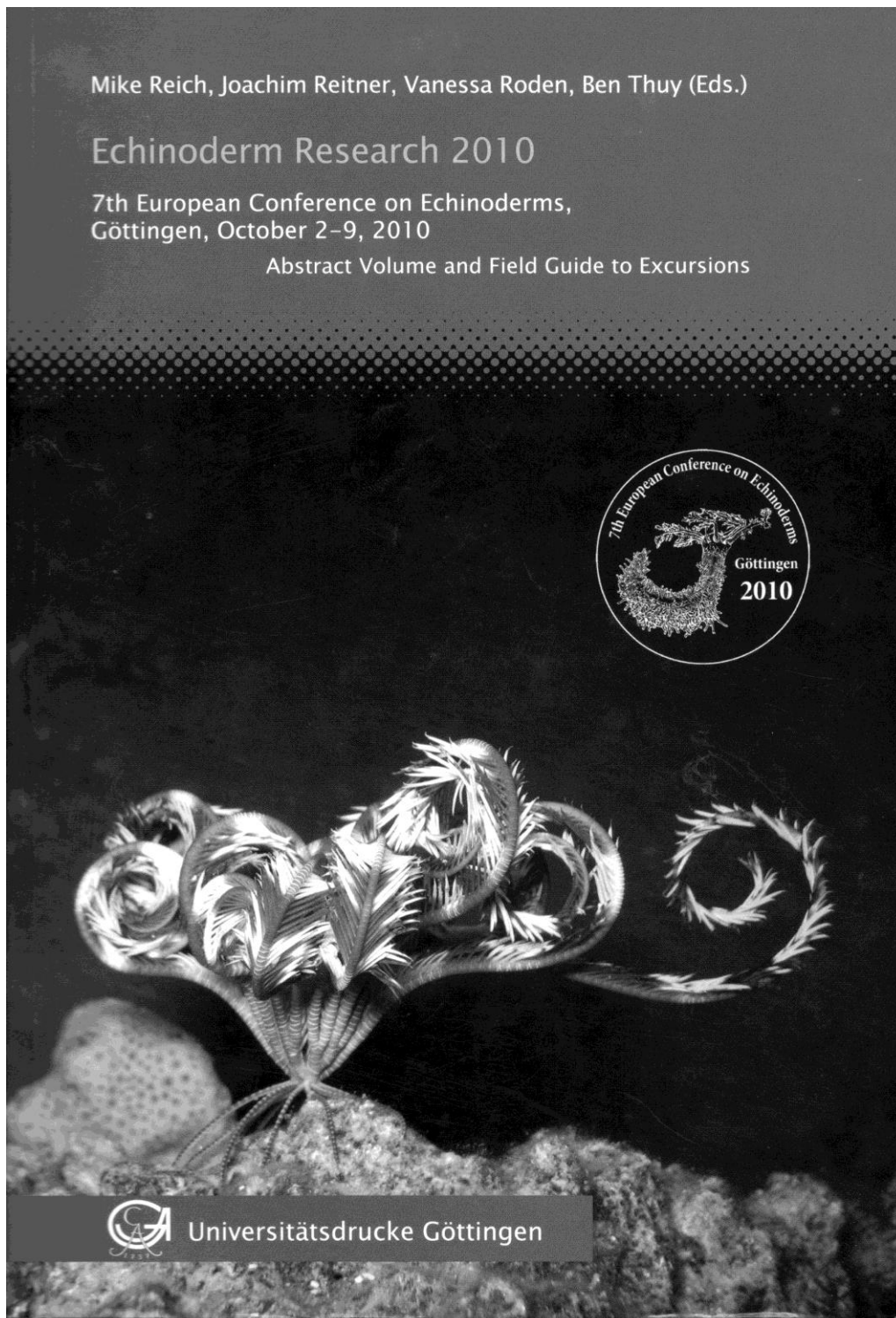
71 *Thyone okeni* Bell, 1884

HOLOTHUROIDEA: PHYLLOPHORIDAE

70 *Afrocucumis africana* (Semper, 1868)

APÉNDICE 3
PUBLICACIONES Y TRABAJOS GENERADOS A PARTIR DE ESTA
INVESTIGACIÓN

1.- Presentación oral realizada en la 7ma Conferencia Europea sobre Equinodermos. 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 Solis-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 balieutic 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 *Bobadschia vitiensis* are specifically recognized by and attract one of its most common symbionts, the Arlequin Crab