

---

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

---



**Variación estacional de la asociación de  
holoturoideos (Echinodermata: Holothuroidea) del  
submareal de Bahía de Navidad, Jalisco**

TRABAJO DE TITULACIÓN EN LA MODALIDAD DE

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

PRESENTA

**KARLA MARIANA DEL CASTILLO FERNÁNDEZ**

Las Agujas, Zapopan, Jal., Diciembre 2014.



# Universidad de Guadalajara

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Coordinación de Carrera de la Licenciatura en Biología

**C. KARLA MARIANA DEL CASTILLO FERNÁNDEZ  
PRESENTE**

Manifestamos a usted, que con esta fecha, ha sido aprobado su tema de titulación en la modalidad de **TESIS E INFORMES** opción **TESIS** con el título: **"Variación estacional de la asociación de holoturoideos (Echinodermata: Holoturoidea) del submareal de Bahía de Navidad, Jalisco"**, para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos, que ha sido aceptado como director de dicho trabajo a: **Dr. Enrique Godínez Domínguez** y como asesor a: **M.C. Cristian Moisés Galván Villa**.

Sin más por el momento, aprovechamos para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"PIENSA Y TRABAJA"

*"Año del Centenario de la Escuela Preparatoria de Jalisco"*

Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jal., 28 de mayo de 2014

  
DRA. GEORGINA ADRIANA QUIROZ ROCHA  
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN



  
DRA. CLAUDIA AURORA URIBE MÚ  
SECRETARIO DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

Dra. Georgina Adriana Quiroz Rocha,  
 Presidente del Comité de Titulación.  
 Licenciatura en Biología.  
 CUCBA.  
 Presente

Nos permitimos informar a usted que habiendo revisado el trabajo de titulación, modalidad Tesis e informes, opción Tesis con el título: "Variación estacional de la asociación de holoturoideos (Echinodermata: Holothuroidea) del submareal de Bahía de Navidad, Jalisco." que realizó la pasante Karla Mariana del Castillo Fernández con número de código 209238107, consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorizar su impresión.

Sin otro particular quedamos de usted con un cordial saludo.

Atentamente  
 Zapopan, Jalisco, México, a 7 de noviembre de 2014.

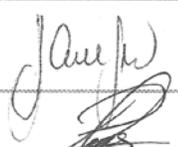


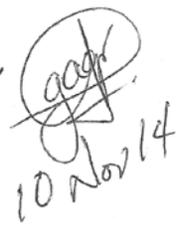
Dr. Enrique Godínez Domínguez  
 Director del trabajo



M.C. Cristian Moisés Galván Villa  
 Asesor



Nombre completo de los Sinodales asignados por el Comité de Titulación	Firma de aprobado	Fecha de aprobación
Juana América Loza Llamas		10/nov/2014
Martín Pérez Peña		10/Nov/2014
Ildefonso Enciso Padilla		10/2014
Supl. Cristian Moisés Galván Villa		10/11/2014

  
 10 Nov 14

## DEDICATORIA

A mis padre, Carlos y Milagros, por el gran apoyo que me han brindado durante toda mi carrera, por los buenos momentos y las preocupaciones cuando salía de casa. Por darme una formación íntegra y con valores, que gracias a eso, he sabido desarrollarme en todos los sentidos con ética y responsabilidad.

Papá, gracias por compartir conmigo ese gran amor a la naturaleza, por ayudarme y acompañarme en mis luchas por cumplir mis metas y apoyarme para seguir mi vocación.

A mis abuelos por ese gran cariño que me tienen, por los consejos y el gran apoyo que me han brindado siempre para seguir adelante en todos mis propósitos.

A mi hermano por todos los buenos momentos que hemos compartido y por no negarme nunca su ayuda cuando la necesitaba.

## Agradecimientos

A mi director el Dr. Enrique Godínez, por toda su ayuda, su paciencia y excelente dirección y por dejarme formar parte de un gran equipo de trabajo, donde he tenido la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos y hacer más grande mi amor por la biología marina.

Al Dr. Ramón Flores, porque nunca me negó un minuto de su tiempo para darme su ayuda, por los consejos, por todas esas comidas tan ricas que me invitó y sobre todo por su amistad.

A mi profesor Eduardo Juárez, por todo el apoyo que me ofreció durante toda mi carrera, por abrirme las puertas de su laboratorio, por buscar siempre lo mejor para mi desarrollo profesional y por esa amistad y el gran cariño que le tengo.

A mi tutor el M.C. Ildelfonso Enciso, por mostrar siempre una gran disposición, por brindarme siempre su asesoría académica y sobre todo por su amistad.

A Cristian Galván, por brindarme este tiempo, su asesoría, su apoyo y por permitirme colaborar con sus trabajos de investigación.

A Mimi, por esa gran amistad que hemos tenido durante todos estos años, por su ayuda, sus consejos, los viajes y las aventuras que hemos pasado juntas.

A Miri, Borre y Oso, que a aunque llevamos poco tiempo de conocernos formamos una amistad tan grande, gracias por las risas, las fiestas, la música, por todos esos buenos recuerdos y por todo lo que nos espera. Los quiero.

A Cesar Lucano, por todos los consejos, las largas pláticas en la playa, por ese gran cariño que creció en tan poco tiempo, por las risas y las tristezas, muchas gracias por todo.

A Cristian (Hippie) por su amistad, por todos esos sarcasmos que no entendí y porque me enseñó que siempre vendrán más pruebas y cada una de ellas será más difícil, pero siempre encontraré las armas para superarlas...

A Jose Luis Horta (Goyito) por tenerme paciencia y enseñarme a trabajar en el laboratorio, por tantas buenas pláticas y consejos, por echarme tantas porras durante toda la carrera y sobre todo en esta etapa final, por ser un amigo tan especial, de los que se llevan en el corazón para toda la vida.

A Melaque y a los amigos que están allá, por todo lo que significan para mi, que gracias a ellos tuve una estancia inolvidable, por su apoyo y amistad muchas gracias.

A la Universidad de Guadalajara y al Departamento de Estudios para el Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras.

*"La felicidad de la abeja y la del delfín es existir. La del hombre es descubrir esto y maravillarse por ello."*

*Jacques Y. Cousteau*

*"La ciencia se compone de errores, que a su vez, son los pasos hacia la verdad."*

*Julio Verne*

# ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Anatomía externa.....	2
1.2 Movilidad .....	3
1.3 Anatomía interna.....	3
1.4 Reproducción sexual.....	5
1.5 Gametogénesis .....	7
1.6 Reproducción asexual.....	7
1.7 Alimentación .....	8
1.8 Importancia ecológica .....	9
1.9 Depredación .....	9
1.10 Grupos taxonómicos principales .....	10
<b>II. ANTECEDENTES .....</b>	<b>10</b>
2.1 Estudios de biología poblacional.....	11
2.2 Conocimiento de la biodiversidad .....	12
<b>III. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>IV. OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
4.1 Objetivo general.....	15
4.2 Objetivos particulares.....	15
<b>V. HIPÓTESIS .....</b>	<b>15</b>
<b>VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
6.1 Área de estudio .....	16
<b>VII. RESULTADOS.....</b>	<b>24</b>
7.1 Composición de especies.....	24
7.2 Análisis de abundancia y frecuencia de ocurrencia .....	26
7.3 Análisis de la abundancia de especies .....	29
7.4 Análisis de diversidad.....	31
7.5 Análisis de las asociaciones de holoturoideos.....	34
7.5 Análisis de contribución de especies.....	37
7.6 Caracterización de los hábitats de muestreo .....	39

<b>VII. DISCUSIÓN.....</b>	<b>40</b>
8.1 Abundancia y Frecuencia de ocurrencia.....	42
8.2 Abundancia, riqueza y diversidad .....	42
<b>VIII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>46</b>
<b>IX. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>48</b>
<b>Anexo 1. Guía ilustrada de holoturoideos de Bahía de Navidad, Jalisco. ....</b>	<b>54</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Muestreos realizados en los tres años de estudio, las dos temporadas y los dos sitios.....	17
Tabla II. Clasificación sistemática de las especies encontradas en el área de estudio, siguiendo los criterios de Pawson y Fell (1965), Rowe (1969) y Solís-Marín <i>et al.</i> (2009).....	25
Tabla III. Valores de abundancia y frecuencia de ocurrencia de las especies colectadas en la Caleta de Cuastecomates y Barra de Navidad en el año 2009.....	27
Tabla IV. Valores de abundancia y frecuencia de ocurrencia de las especies colectadas en la Caleta de Cuastecomates y Barra de Navidad en el año 2010.....	28
Tabla V. Valores de abundancia y frecuencia de ocurrencia de las especies colectadas en la Caleta de Cuastecomates y Barra de Navidad en el año 2013.....	29
Tabla VI. Análisis de varianza realizado por sitios, temporadas y la interacción entre sitios y temporadas. El color rojo señala las especies con diferencias significativas. * Los valores de esta especie corresponden a la suma de adultos y juveniles.....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Anatomía de un holoturoideo. Tomado de Pawson (2010). .....	5
Figura 2. Área de estudio. Las marcas indican la localización de las estaciones de muestreo en Bahía de Navidad. 1R = La Calechosa, 2R= Morro Chino.....	18
Figura 3. Diagrama de la bomba de succión. ....	19
Figura 4. Distribución de la abundancia de <i>Neothyone gibber</i> de acuerdo a la temporada y el sitio. La marca roja representa el valor promedio y las líneas verticales el intervalo de confianza al 95%. ....	30
Figura 5. Distribución de la abundancia de <i>Pachythyone lugubris</i> de acuerdo a la temporada y el sitio. La marca roja representa el valor promedio y las líneas verticales el intervalo de confianza al 95%. ....	31
Figura 6. Riqueza (S), equitatividad (J') y diversidad (H') de las especies de holoturoideos muestreadas por sitios y temporadas. La marca representa el valor promedio y la línea vertical el intervalo de confianza al 95%. ....	33
Figura 7. Escalamiento multidimensional no métrico entre los tres años con base a una similitud de Bray-Curtis. ....	34
Figura 8. Dendrograma de similitud representando la asociación entre los años. ....	35
Figura 9. Escalamiento multidimensional no métrico entre las temporadas hidroclimáticas. ....	35
Figura 10. Dendrograma de similitud representando la asociación entre temporadas.....	36
Figura 11. Escalamiento multidimensional no métrico entre los sitios con base a una similitud de Bray-Curtis. BN= Barra de Navidad. C= Cuastecomates..	36
Figura 12. Dendrograma de similitud representando la asociación entre sitios de muestreo. BN= Barra de Navidad. C= Cuastecomates. ....	37
Figura 13. Porcentajes de contribución de las especies más importantes ( $\geq 90\%$ ) en abundancia según los análisis SIMPER para cada año.....	38
Figura 14. Promedio de disimilitud entre los años de muestreo. ....	39

## RESUMEN

Aunque los pepinos de mar tienen un papel importante en la red trófica, es muy escasa la información sobre la ecología y la biología de este grupo y solo han sido estudiadas algunas especies de interés comercial. En este trabajo se analiza la abundancia y la variación estacional de los holoturoideos del submareal rocoso en dos sitios de Bahía de Navidad, Jalisco. Se realizaron muestreos en 2009, 2010 y 2013, por medio de una bomba de succión en los dos periodos hidroclimáticos en esta zona (cálido y frío), y se consideraron 2 sitios de muestreo de sustrato rocoso con diferente orientación al oleaje (1R y 2R). Se colectaron un total de 49 muestras en las cuales se identificaron 13 especies, pertenecientes a dos órdenes y 4 familias, y se identificó la etapa juvenil de una de ellas. En el año 2009 se encontraron 13 especies y la etapa juvenil de *Neothyone gibbosa*, Las especies más abundantes fueron *Neothyone gibber* (48.59%), *Pentamera chierchia* (28.21%) y *Neothyone gibbosa* (18.97%). Para el año 2010 se registraron 11 especies y también la etapa juvenil de *N. gibbosa*. Las especies más abundantes fueron *P. chierchia* (52.51%), *N. gibber* (22.27%), *Thyonella mexicana* (11.24%). En 2013 fueron registradas solo 10 especies incluyendo la etapa juvenil de *N. gibbosa*. *Pentamera chierchia* presentó el valor de abundancia más alto (51.96%), seguida de *T. mexicana* (18.75%) y *N. gibber* (16.79%). De acuerdo a la abundancia, la única especie que mostró diferencias significativas entre los sitios fue *Neothyone gibber* (ANOVA,  $F=5.10296$ ,  $p=0.28778$ ). *Pachythyone lugubris* fue la única especie que presentó diferencias significativas tanto entre los sitios ( $F=4.34628$ ,  $p=0.042794$ ) como entre las temporadas ( $F=16.9478$ ,  $p=0.000162$ ), esto podría estar relacionado con la orientación y exposición del oleaje. El resto de las especies no mostraron diferencias significativas. La riqueza de especies en la Caleta de Cuastecomates fue mayor durante la temporada fría ( $S=11.823$ ); en Barra de Navidad los valores más altos fueron durante la temporada cálida ( $S=10.29$ ), cuando la exposición al oleaje en ambos casos es menor. La equitatividad de Pielou en la Caleta de Cuastecomates fue más alta en temporada cálida y en Barra de Navidad no se encontraron diferencias notables entre las temporadas. La diversidad en Cuastecomates fue más alta en la temporada cálida ( $H'=1.71$ ), no se encontraron diferencias notables entre las temporadas en Barra de Navidad. No se observaron cambios estacionales ni espaciales en las asociaciones de especies de holoturoideos.

## I. INTRODUCCIÓN

Los equinodermos constituyen un grupo altamente diversificado y bien caracterizado entre los invertebrados marinos de las costas de México (Solís-Marín, 1997). Muchas especies son abundantes en las comunidades someras de arrecifes rocosos y coralinos, también en los fondos arenosos y mixtos de los mares tropicales. Entender su distribución y abundancia permite, en gran medida, entender el funcionamiento de las comunidades naturales, debido a que algunas especies en particular pueden determinar la estructura y funcionamiento de estas a través de procesos tróficos (Alvarado y Chiriboga, 2008).

Los pepinos de mar pertenecen a la clase Holothuroidea del Phylum Echinodermata (Raven y Johnson, 1986), constituida por aproximadamente 1 400 especies actuales, distribuidas en 6 ordenes, 25 familias y aproximadamente 200 géneros (Gutiérrez, 2011). Son conocidos por registros fósiles al menos desde el Jurásico temprano (Hamel et al, 2001). Estos se encuentran en muchos biotopos marinos en todas las latitudes, desde el intermareal hasta grandes profundidades (Raven y Johnson, 1986; Conand, 1990). Son generalmente bentónicos, a excepción del género *Elasipodida* que es pelágico. Algunas especies habitan en sustratos duros (rocas, arrecifes de coral) o como epibiontes en plantas o invertebrados, dominan en las comunidades marinas, tanto en cantidad de individuos como en biomasa, ya que a grandes profundidades pueden llegar a aportar hasta el 90% de la biomasa de la macrofauna en el ecosistema (Pawson *et al.* 2010; Gutiérrez, 2011).

Los holoturoideos se caracterizan por presentar simetría bilateral, a diferencia de las otras clases de equinodermos que presentan una simetría pentaradial típica. Son organismos de crecimiento lento (Herrero-Pérezrul y Chávez, 2005) y sus tallas alcanzan desde pocos milímetros como *Leptosynapta minuta*, hasta más de cinco metros de longitud total, como es el caso de *Synapta maculata* (Pawson *et al.* 2010; Gutiérrez, 2011).

### **1.1 Anatomía externa**

Los holoturoideos descansan sobre un lado del cuerpo contra el sustrato, esta superficie ventral está compuesta de tres áreas ambulacrales llamado trivio o suela. La superficie dorsal consta de dos áreas ambulacrales que toman el nombre de bivio y tres áreas interambulacrales (Barnes, 1969). Poseen varios tentáculos orales del tipo peltado (desde cinco hasta treinta). En el trivio, los podios están acomodados en tres hileras o pueden cubrir en su totalidad la parte ventral. En el bivio, pueden encontrarse como papilas o modificados como verrugas (Conand, 1990).

Los ambulacros confieren parte de la movilidad, en conjunción con extensiones y contracciones musculares. Los ambulacros presentan tres patrones: a) hileras a lo largo de cada radio, b) distribución uniforme sobre el cuerpo entero y c) concentración en el lado ventral. A los pies alargados sin ventosas se les denomina papilas. La forma del cuerpo varía desde casi esférica hasta alargada y vermiforme (Barnes, 1969; Conand, 1990).

## **1.2 Movilidad**

Los pepinos de mar son más bien lentos, en función de su capacidad de desplazamiento y pueden ser considerados “sedentarios”. El desplazamiento limitado a largo plazo de los pepinos de mar, en comparación con los de especies de alta movilidad como los peces, da ventaja del uso de las reservas marinas y zonas de no extracción para proteger a las poblaciones reproductoras para las zonas de pesca (Purcell, 2010). Las tasas de movimiento han sido registradas para algunos holoturoideos, es poco común que los patrones de movimiento sean registrados (Reichenbach, 1999). Estos estudios sugieren que las reservas marinas no deben ser muy grandes para proteger la población reproductiva de los pepinos de mar por largo tiempo (Purcell, 2010).

## **1.3 Anatomía interna**

Los pepinos de mar tienen extensos sistemas internos ramificados, llamados arboles respiratorios (Raven y Johnson, 1986). Los dos cuerpos ramificados del árbol respiratorio terminan, ya sea separados o juntos, en la cloaca (Raven y Johnson, 1986; Conand, 1990). El agua es absorbida y expelida del árbol respiratorio por contracciones de la cloaca y el intercambio gaseoso se lleva a cabo mientras ocurre este proceso (Raven y Johnson, 1986).

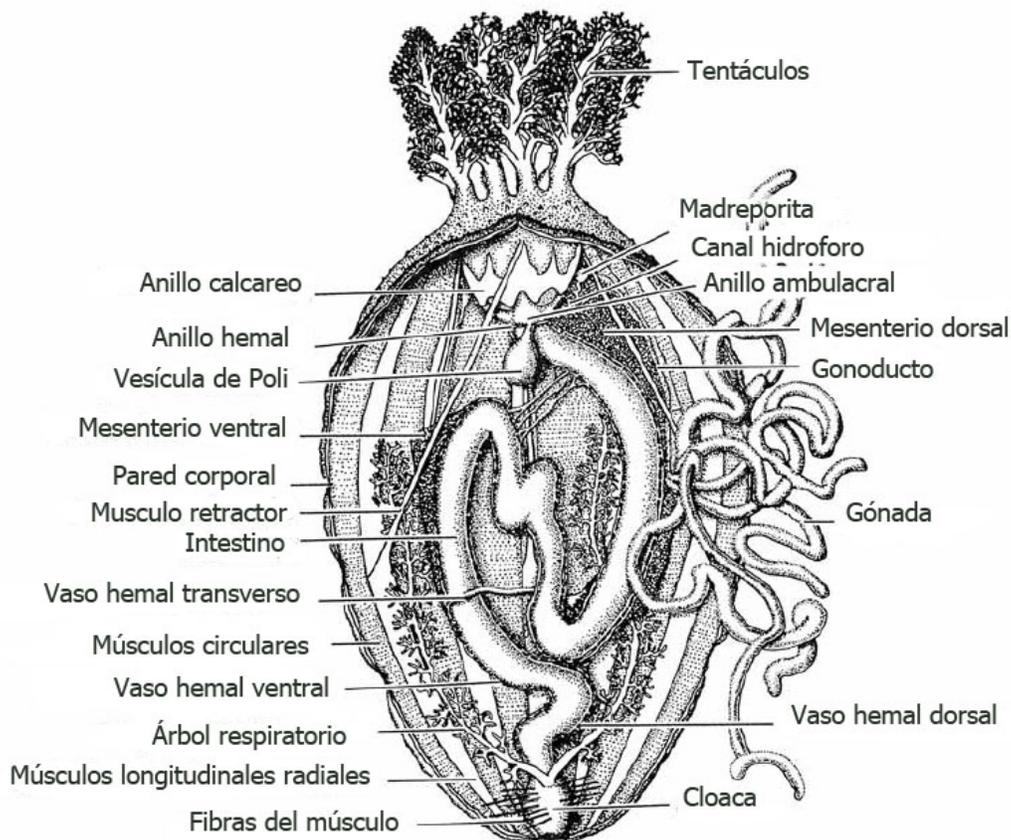
Los órganos de Cuvier están presentes en algunas especies del género *Holothuria* y *Actinopyga*. Estos tubos pegajosos, están unidos a la base del árbol respiratorio y son expelidos a través del ano después de una fuente de un

estímulo o irritación. Estos son considerados generalmente como un órgano defensivo (Conand, 1990).

El esqueleto interno contiene un anillo calcáreo perifaríngeo. El cual está formado por placas calcificadas de diferentes formas y tamaños según la especie; están unidas a cinco bandas musculares longitudinales, las cuales se contraen para permitir que los tentáculos orales se retraigan en la boca debajo de la membrana oral. El alimento pasa a través de un largo canal tubular digestivo, el cual comienza con una faringe muscular; a través del anillo calcáreo pasa al esófago, abriéndose en un estomago pequeño y terminando en una cloaca larga que se abre hacia afuera a través del ano (Conand, 1990) (Fig. 1).

Los holoturoideos tienen una epidermis delicada, que contiene cientos de células neurosensoriales y está compuesta de epitelio cilíndrico no ciliado (Raven y Johnson, 1986; Pawson *et al.* 2010). Los extremos basales de las células epidérmicas se funden con la dermis, la cual envuelve a los pigmentos, a los celomocitos, al plexo nervioso y a las espículas u oscículos calcáreos microscópicos, ya sean móviles o fijos (Barnes, 1969; Conand, 1990; Pawson *et al.* 2010). Estas espículas presentan gran variedad de formas, como pequeños bastones, placas, rosetas, elipsoides o botones hasta formas más complejas como tablas con discos o puntiagudas. La descripción de las especies se basa en la forma de las espículas, la distribución y abundancia en la parte dorsal y ventral de la pared corporal y en las papilas, los podios y los tentáculos, que resultan de importancia indudable en la taxonomía de los holoturoideos (Barnes, 1969;

Conand, 1990). Cuando los oscículos se forman, se encuentran dispersas en la pared corporal. Debido a esto y a la capacidad que tienen para contraerse y distenderse con facilidad, es difícil medir la longitud de los organismos (Fajardo-León *et al.* 2008; Pawson *et al.* 2010).



**Figura 1.** Anatomía de un holoturoideo. Tomado de Pawson (2010).

#### 1.4 Reproducción sexual

La mayoría de las especies de pepinos de mar son dioicas o gonocóricas, aunque existen también especies hermafroditas y asexuales (Brusca y Brusca, 1990; Conand, 1990; Purcell, 2010). En la mayoría de especies gonocóricas, no es

posible distinguir a los machos y hembras por su apariencia externa, pero las poblaciones de pepinos de mar tienen generalmente proporciones de sexos 1:1. La mayoría de los pepinos desovan por difusión, liberando espermatozoides y oocitos directamente en la columna de agua (Purcell, 2010). La liberación de los gametos por parte de los adultos está generalmente desencadenada por señales ambientales (condiciones de la marea específicas, fases lunares, fluctuaciones de temperatura) y señales químicas de otros individuos de la misma especie (Purcell, 2010; Gutiérrez, 2011).

Los holoturoideos se diferencian de los otros equinodermos vivos en que poseen solo una gónada, un carácter considerado como primitivo (Barnes, 1969; Brusca y Brusca, 1990). La gónada se compone de uno o dos penachos o racimos de túbulos unidos al mesenterio dorsal suspendidos de un gonoducto que se abre al exterior entre los tentáculos bucales (Conand, 1990; Purcell, 2010).

La hembra y el macho se acomodan en posición vertical, y unidos al sustrato por los pedos posteriores se balancean mientras que las células sexuales son liberadas (Conand, 1990). Esto se da gracias al rol de comunicación interindividual en la sincronización de la gametogénesis entre congéneres, lo que asegura el desarrollo sincronizado y la liberación de gametos maduros (Hamel y Mercier, 2008a).

### **1.5 Gametogénesis**

Los huevos fertilizados se desarrollan externamente en el agua del mar, teniendo un embrión de tipo planctónico (Barnes, 1969; Raven y Johnson, 1986; Brusca y Brusca, 1990). Al tercer día de la segmentación holoblástica radial, el desarrollo tiene varios estadios larvales planctónicos: el primero en una larva nadadora con bandas ciliadas (auricularia), el desarrollo ulterior conduce a una larva en forma de barril llamada doliolaria; y finalmente, una larva pentácula, que se caracteriza por tener cinco tentáculos orales y los primeros podios, esta última se vuelve bentónica (Barnes, 1969; Raven y Johnson, 1986; Brusca y Brusca, 1990; Conand, 1990). Las larvas de algunas especies se alimentan de microalgas hasta su metamorfosis, mientras que otras no lo hacen, estas son llamadas “lecitotróficas” (Purcell, 2010). La etapa juvenil, es inicialmente transparente y gradualmente adquiere las características de los adultos (Barnes, 1969; Raven y Johnson, 1986; Brusca y Brusca, 1990; Conand, 1990). Los ciclos reproductivos varían entre las especies, pero la mayoría de las especies tropicales tienden a presentar un pico reproductivo a inicios del verano (Purcell, 2010).

### **1.6 Reproducción asexual**

Los holoturoideos se pueden reproducir por fisión mediante tres patrones (Conand, 1990; Gutiérrez, 2011). En el primero, el animal se sujeta al sustrato, los extremos comienzan a moverse en sentido contrario, hasta que la parte media se rompe dejando a las dos partes separadas. El segundo patrón implica la división del cuerpo en tres partes. El animal gira y constriñe su cuerpo en ambos extremos, mientras que la parte media se hincha hasta que solo quedan tiras delgadas de la

pared corporal en la zona de constricción. El tercer patrón es el menos común, en el cual el animal se estrecha bruscamente en la parte media hasta que queda dividido en dos partes, las cuales quedan vinculadas por una delgada pared corporal, el animal completa su división girando y contrayendo su pared corporal alrededor de la región de la constricción (Gutiérrez, 2011). Estos procesos se llevan a cabo desde 14 horas hasta 5 días (Pawson *et al.* 2010).

### **1.7 Alimentación**

La mayoría de los pepinos de mar son suspensívoros o detritívoros (Brusca y Brusca, 1990; Purcell, 2010). Las formas epibentónicas despliegan sus tentáculos ramificados, lo que les permite barrer las partículas del fondo o las conservan flotando en el agua. En ambos casos son atrapados en el moco de la superficie de cada tentáculo: detritos, protozoos, algas, diatomeas y otros pequeños organismos (Barnes, 1969; Uthicke, 2004). Los tentáculos son retraídos adentro de la boca uno a la vez y el alimento es ingerido (Brusca y Brusca, 1990). Otros pepinos de mar son alimentadores de depósito y viven de los materiales del fondo en el cual excavan (Ruppert y Barnes, 1996). Algunos estudios indican que algunas especies (e.g. *Stichopus* spp. y *Holothuria* spp.) son selectivas en el sentido de que ingieren sedimentos con abundante materia orgánica (Brusca y Brusca, 1990; Nuño-Hermosillo, 2003).

### **1.8 Importancia ecológica**

Por sus hábitos alimenticios son los responsables de cambiar significativamente la composición del suelo marino al reducir las concentraciones de sulfatos volátiles e incrementar el potencial de oxido-reducción (Gutiérrez, 2011). Los holoturoideos son, por ende, un grupo bajo en la red trófica y ayudan a reciclar los detritos. Algunas especies se entierran en el sedimento y se cree que ayudan a oxigenar las capas superficiales de los sedimentos y juegan un rol en la bioturbación (Uthicke, 2004; Toral-Granda, 2008a; Purcell, 2010). Esta bioturbación es potencialmente importante para la aireación y la limpieza de los sedimentos y puede extender la capa oxidada de estos (Uthicke, 2004).

### **1.9 Depredación**

Los pepinos de mar son alimento de una gran variedad de depredadores (Purcell, 2010). Los principales depredadores son los peces, estrellas de mar y crustáceos. Los de menor importancia son algunos gasterópodos e incidentalmente aves y mamíferos marinos (Francour, 1997; Purcell, 2010).

Los holoturoideos han desarrollado siete diferentes mecanismos de defensa contra los depredadores: 1) el grosor de la pared corporal, 2) hinchazón o rigidez del cuerpo, 3) nadar para escapar, 4) actividad nocturna, 5) comportamiento críptico, 6) toxicidad, ésta se debe a la producción de saponinas llamadas “holoturinas”, las cuales bloquean la actividad muscular y la red nerviosa de algunos vertebrados (Conand, 1990; Herrero-Pérezrul, 1994). Y 7) la evisceración o autotomía, el cual es un mecanismo distintivo de la clase (Brusca y

Brusca, 1990; Conand, 1990; Gutiérrez, 2011), consiste en la expulsión por acción muscular de una parte o de todo el intestino y en ocasiones también del árbol respiratorio y de las gónadas y cuando las condiciones ambientales normales se restablecen se da la regeneración (Brusca y Brusca, 1990; Conand, 1990). La mayoría de los holoturoideos muestran uno o más de estos mecanismos (Francour, 1997).

### **1.10 Grupos taxonómicos principales**

Los principales grupos utilizados con fines comerciales son las familias Holothuriidae y Stichopodidae (Toral-Granda, 2008a). De todas las especies de importancia comercial en Latinoamérica y el Caribe, *Isostichopus fuscus* es probablemente la más estudiada. Se le encuentra desde Baja California hasta Ecuador, incluyendo las islas Galápagos, Socorro, Cocos y Revillagigedo (Deichmann, 1938; Maluf, 1988; Toral-Granda, 2008a).

## **II. ANTECEDENTES**

A pesar de la considerable información que se ha generado acerca de los componentes faunísticos marinos de las costas del Pacífico mexicano, la gran mayoría de los trabajos se refieren a la parte norte del litoral, que incluye la península y el Golfo de California. Y las regiones sur y central del Pacífico mexicano, desde la Bahía de Banderas hasta la frontera con Guatemala, han sido

poco exploradas (Landa-Jaime y Arciniega, 1998; Godínez-Domínguez y González-Sanzón, 1999).

En general se le ha dado más atención a la biología de especies de pepinos de interés comercial, por lo que existe un gran desconocimiento del resto de las especies de holoturoideos. A pesar de la abundancia y el tamaño de estos animales y su importancia en las comunidades bentónicas, se ha publicado muy poca información sobre la biología de las poblaciones comparada con otros recursos marinos (Ibarra y Soberón, 2002).

Los estudios que abordan a los holoturoideos en México son escasos, y en el estado de Jalisco lo son aún más, debido principalmente a que no existe una pesquería como ocurre en el Golfo de California (Fajardo-León *et al.* 1995, 2008; Herrero-Pérezrul y Chávez, 2005; Salgado-Rogel *et al.* 2009) o el Caribe mexicano (Medina-González *et al.* 2004; Rodríguez-Gil *et al.* 2007; Quintal *et al.* 2013).

## **2.1 Estudios de biología poblacional**

Herrero-Pérezrul (1994) realizó un estudio comparativo de la reproducción de *I. fuscus* y *Neothyone gibbosa* en la Bahía de La Paz, Baja California Sur. Fajardo-León *et al.* (1995) realizaron un estudio sobre la estructura poblacional y ciclo reproductivo del pepino de mar gigante (*I. fuscus*) en Santa Rosalía, B.C.S., para aportar elementos en la administración de su pesquería. Reyes-Bonilla (2003) realizó un estudio sobre abundancia de esta misma especie en el parque

Nacional de Bahía de Loreto, México. Por otro lado, Herrero-Pérezrul y Chávez (2005) realizaron una evaluación de la biomasa y un diagnóstico sobre el estatus de la explotación de este pepino de mar para establecer estrategias óptimas de pesca. Holguín-Quiñones *et al.* (2008) determinaron el componente específico de tres filos de macroinvertebrados bentónicos en nueve localidades: Cnidaria, Mollusca y Echinodermata (Echinoidea, Asteroidea y Holothuroidea) donde solo hubo dos especies de holoturoideos presentes. Fajardo-León *et al.* (2008) describieron la biología reproductiva de *Parastichopus parvimensis* de la Isla Natividad y Bahía Tortugas, B.C.S., con el fin de proponer estrategias de manejo responsable para su aprovechamiento comercial. Benítez-Villalobos *et al.* (2013) realizaron un estudio sobre la biología reproductiva de *Holothuria fuscocinerea* de Oaxaca, México.

## **2.2 Conocimiento de la biodiversidad**

Caso (1983) describió un género y una especie de holoturoideo de Punta Piaxtla, Sinaloa, México. Solís-Marín (1997) en el catálogo de los equinodermos recientes de México, menciona 68 especies en el Pacífico de México, y los géneros más representativos son *Holothuria*, *Cucumaria* y *Thyone*. En ese mismo año, Solís-Marín *et al.* (1997), realizaron un estudio sobre sistemática y distribución de los equinodermos de la Bahía de La Paz, en el cual registran 27 especies de la clase Holothuroidea. Holguín-Quiñones *et al.* (2000) reportan cuatro especies de holoturoideos de fondos someros de la Bahía de Loreto, B.C.S.. Nepote (1998) reporta 11 especies de holoturoideos, siendo el orden

Aspidochirotida el más representativo para las islas Marietas. Mientras que más adelante, en la lista faunística de las islas Marietas, Nayarit (Anónimo, 2003), se reportan 10 especies de pepinos de mar, siendo el género *Holothuria* el más abundante. Solís-Marín *et al.* (2005) presentan una lista con los nombres de las especies taxonómicamente actualizados de los equinodermos del Golfo de California a partir de colecciones científicas, el cual reporta 45 especies de holoturoideos pertenecientes a nueve familias. Ríos-Jara *et al.* (2008) en un estudio donde describe la composición de especies de equinodermos del Parque Nacional Isla Isabel, Nayarit, registra 10 especies de holoturoideos agrupadas en tres familias. Honey-Escandón *et al.* (2008) presentan una lista de las especies de equinodermos presentes en las costas del Pacífico mexicano, donde se reportan 46 especies, 25 géneros, 11 familias y cinco órdenes de holoturoideos. Penagos-García *et al.* (2012), en un trabajo sobre equinodermos de la línea de costa y de la plataforma continental de la Región Soconusco, Chiapas, reporta solo 3 especies de holoturoideos, siendo *I. fuscus* y *Holothuria fuscocinerea* las más representativas. Solís-Marín *et al.* (2013) en una recopilación actualizada sobre la biodiversidad de equinodermos en México, menciona que la clase Holothuroidea con 113 especies representa el 17% del total para México. Así mismo, reportan la riqueza de especies de equinodermos para las cuatro regiones marinas de México: para la clase *Holothuroidea* en el Golfo de California reportan 64 especies, para el Pacífico 53 especies, el Golfo de México con 33 al igual que el Mar Caribe.

Los trabajos realizados en el Pacífico Central Mexicano, se limitan a listados taxonómicos; Islas Marietas en Bahía de Banderas (Nepote, 1998) y en Bahía de Chamela, se describe la composición taxonómica de equinodermos del submareal (Ríos-Jara *et al.* 2013), así mismo Nuño-Hermosillo, (2003) describe aspectos poblacionales, ciclo reproductivo y pesquería de *Isostichopus fuscus*, debido a su potencial valor comercial en Bahía de Chamela. López-Uriarte *et al.* (2009) en un estudio sobre macroinvertebrados bentónicos de Punta La Rosada, Chamela, incluyen registros de seis especies de holoturoideos. Y recientemente, Rodríguez-Troncoso *et al.* (2013) en un trabajo sobre equinodermos de la costa sur de Jalisco y Colima, reportaron 20 especies de holoturoideos para esta zona.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

La mayoría de la información sobre holoturoideos del Pacífico mexicano se centra en las pocas especies comerciales y es escasa o nula la información sobre la ecología y biología del resto de las especies no comerciales. Este estudio es importante para el conocimiento de la diversidad y la variabilidad estacional de los holoturoideos en zonas de fondos rocosos de la Bahía de Navidad, el cual incrementará el conocimiento de las comunidades bentónicas de zonas someras, las cuales son base importante en la estructura trófica del sistema costero.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

- Analizar la abundancia de holoturoideos del submareal rocoso en los periodos cálido y frío de Bahía de Navidad, Jalisco, México.

### **4.2 Objetivos particulares**

- Conocer la composición de especies de holoturoideos en el submareal rocoso de Bahía de Navidad.
- Analizar comparativamente las abundancias de las especies de holoturoideos en dos sitios de bahía de Navidad en relación a los dos periodos estacionales (cálido y frío).
- Analizar los patrones de diversidad de especies de holoturoideos y su variación estacional y espacial.
- Analizar las asociaciones de especies de holoturoideos y su variación estacional y espacial.
- Elaborar un guía de apoyo en la identificación de las especies de holoturoideos en la Bahía de Navidad.

## **V. HIPÓTESIS**

La variación en la abundancia, diversidad y estructura de la asociación de holotúridos está influenciada por los dos principales periodos hidroclimáticos, por

lo cual existe una recomposición de especies y cambios en el patrón espacial y estacional de la comunidad de holoturoideos en la Bahía de Navidad.

## **VI. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1 Área de estudio**

La Bahía de Navidad (19°10'30" N, 19°12'50" N y 104°42'45" W, 104°41'30" W) presenta una línea de costa irregular de aproximadamente 12 km de extensión con accidentes fisiográficos importantes: la laguna de Barra de Navidad en el extremo sur y dos playas arenosas (Playa de Melaque y Cuastecomates), delimitadas por acantilados. El lecho marino presenta fondos rocosos (zona somera de la Caleta de Cuastecomates y Punta Corrales), áreas de fondos blandos (centro de la Caleta de Cuastecomates y Melaque) y fondos mixtos arena-roca. Esta bahía sostiene un intercambio continuo de agua con la Laguna de Barra de Navidad y se destacan algunas estructuras arrecifales de coral localizadas en las zonas semiprotegidas del litoral rocoso en la caleta de Cuastecomates (Flores-Ortega *et al.* 2010).

Se consideraron dos periodos de muestreo, los cuales representan los extremos en la variabilidad hidrolimática en la zona: 1) temporada de influencia cálida (julio-diciembre), y 2) temporada de influencia fría (enero-junio). En el año de 2009, durante la temporada de influencia cálida se realizaron los muestreos en

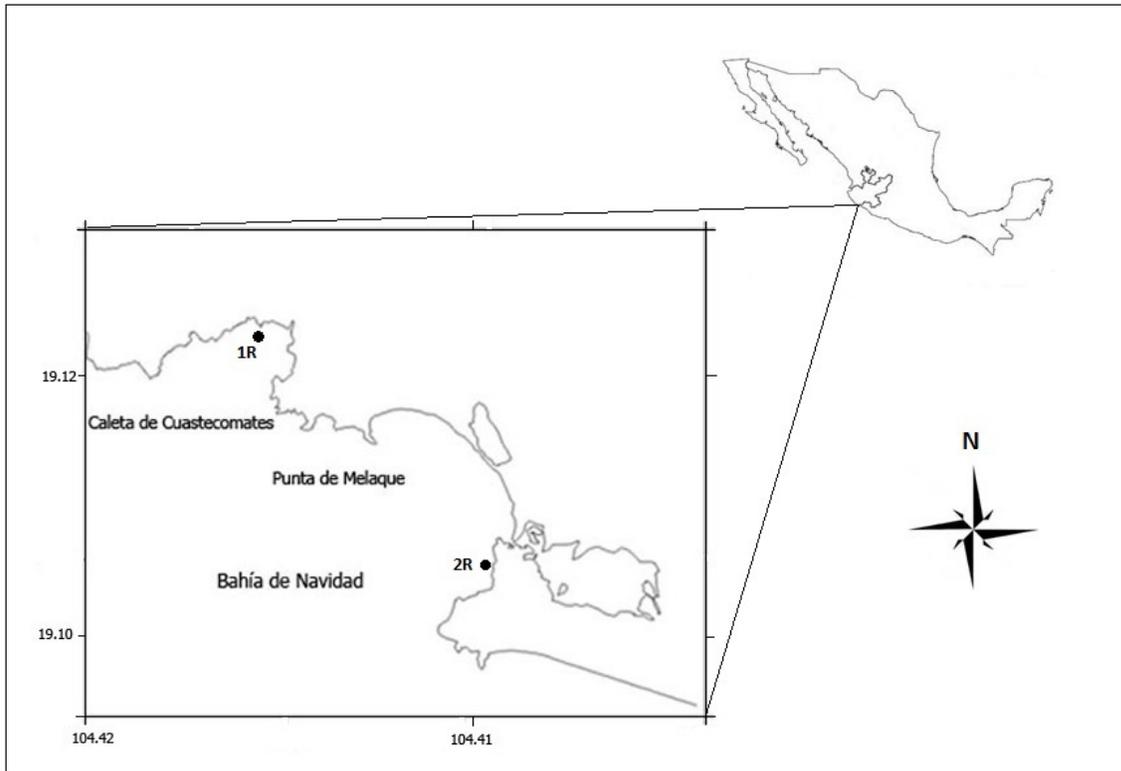
noviembre donde se recolectaron 5 muestras y 8 muestras para la temporada de influencia fría en el mes de mayo. Los muestreos en el 2010 fueron realizados de febrero a mayo de 2010, en la cual se tomaron 15 muestras. Y para el 2013 se tomaron 6 muestras en temporada fría en el mes de mayo y 15 muestras para la temporada cálida en julio, septiembre, octubre y diciembre (Tabla I).

**Tabla I.** Muestreos realizados en los tres años de estudio, las dos temporadas y los dos sitios.

Año	Mes	Temporada	Sitio	No. de muestras
2009	Mayo	fría	Cuastecomates	6
	Noviembre	fría	Cuastecomates	2
2010	Febrero	cálida	Barra de Navidad	5
		fría	Cuastecomates	3
	Marzo	fría	Barra de Navidad	2
		fría	Cuastecomates	3
	Abril	fría	Barra de Navidad	3
		fría	Cuastecomates	2
2013	Mayo	fría	Barra de Navidad	2
	Mayo	fría	Cuastecomates	5
		fría	Barra de Navidad	1
	Julio	cálida	Cuastecomates	2
		cálida	Barra de Navidad	3
	Septiembre	cálida	Cuastecomates	3
		cálida	Barra de Navidad	2
	Octubre	cálida	Cuastecomates	2
	Diciembre	cálida	Cuastecomates	2
cálida		Barra de Navidad	1	
			Total	49

Las muestras fueron recolectadas en las dos estaciones de sustrato rocoso, la primera (1R) llamada la Calechosa, en la parte norte en la Caleta de

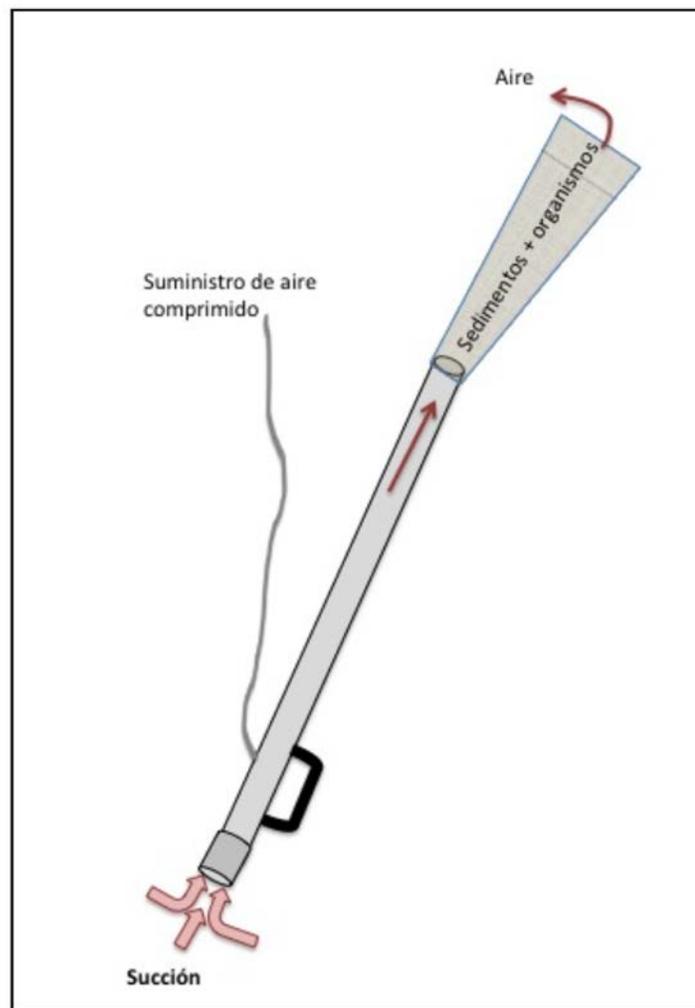
Cuastecomates y la segunda (2R) llamado el Morro Chino, en la parte sur cercana a la boca de la laguna de Barra de Navidad (Fig. 2).



**Figura 2.** Área de estudio. Las marcas indican la localización de las estaciones de muestreo en Bahía de Navidad. 1R = La Calechosa, 2R= Morro Chino.

Los muestreos se realizaron usando una embarcación con motor fuera de borda de 60 hp y equipo de buceo completo autónomo. Se utilizó una bomba de succión de 180 cm de largo por 7.5 cm de diámetro operada con un compresor a bordo de la embarcación para tomar las muestras (Fig. 3). Se colocó un marco cuadrado de 50 x 50 cm en la superficie rocosa y se aspiró el área en espiral empezando por la parte más exterior hacia el interior y se realizaron tres réplicas en cada sitio. Posteriormente para obtener los organismos que se encontraban

fijos en el sustrato, se utilizó una espátula para desprender los organismos, al mismo tiempo que se realizaba el aspirado en la zona. En el extremo del tubo se colocó una bolsa de 0.5 mm de luz de la malla, en donde quedaban las muestras, las cuales una vez a bordo de la embarcación, fueron etiquetadas y transportadas al laboratorio en agua de mar y enfriadas en una hielera.



**Figura 3.** Diagrama de la bomba de succión.

El procesamiento de las muestras en laboratorio consistió en la separación del sedimento de los organismos en grupos, utilizando un microscopio estereoscópico, pinza y una caja de petri. Las muestras separadas por grandes grupos taxonómicos fueron preservadas en frascos con alcohol al 70% y etiquetadas de acuerdo a la fecha, el tipo de sustrato y el grupo correspondiente.

Los holoturoideos fueron determinados hasta género y especie, utilizando un microscopio estereoscopio y uno óptico. Se observó el organismo para registrar características morfológicas externas y se realizaron pequeñas disecciones de tres partes: pared corporal, boca y pies ambulacrales. Los cortes se colocaron en portaobjetos con una gota de hipoclorito de sodio, el cual desintegra el tejido y las espículas u oscículos permanecen en el portaobjetos. Para la posterior observación en el microscopio óptico fue necesario eliminar el hipoclorito de sodio, añadiéndole agua y absorbiéndola hasta dejar únicamente las espículas secas y después añadirle una gota de aceite de inmersión.

Para la determinación de las especies se utilizó principalmente la guía “Holoturoideos (Echinodermata: Holothuroidea) del Golfo de California” (Solís-Marín *et al.*, 2009) y los trabajos de Deichmann (1938, 1941). Una vez realizada la determinación se realizó un anexo con una breve descripción física de las espículas y del organismo y se incluyeron fotografías de cada uno. Para darle validez a las especies, las descripciones con las fotografías fueron enviadas a la Colección Ma. Elena Caso de la UNAM, con el Dr. Francisco A. Solís Marín.

*Rugosidad como medida de complejidad del hábitat.* Se utilizó el método de cadena para medir la rugosidad de los sitios de muestreo. Se colocó una cadena metálica ligera de 10 m de longitud total (1.5 cm longitud del eslabón) siguiendo el contorno del sustrato en una línea recta, la cual como condición debe estar siempre en contacto con el sustrato, y posteriormente se midió la distancia lineal recorrida por la cadena siguiendo el contorno ( $L_r$ ), con una cinta métrica flexible graduada al centímetro. Se calculó el índice de rugosidad de Luckhurst y Luckhurst (1978):

$$IRS = \frac{1 - L_r}{L}$$

Donde  $L_r$ , es la distancia real o longitud de rugosidad y  $L = 10$  m. El intervalo de valores que puede tomar el índice es 0-1, siendo mayor la complejidad del hábitat cuanto mayor sea el valor del índice.

La cobertura del hábitat se estimó visualmente en transectos con la ayuda de fotografías y video tomados en cada uno de los sitios de muestreo y se clasificó en: % sustrato rocoso, % cascajo, % arena y % coral.

Para los análisis de granulometría y del contenido de materia orgánica en el sustrato, se obtuvieron submuestras de 200 a 250 g de sedimento de cada muestra recolectada manualmente, las cuales fueron congeladas a bordo. En el laboratorio, una vez descongeladas las muestras, se realizaron análisis granulométricos de acuerdo con el método propuesto por Folk (1974), el cual consiste en secar la submuestra de sedimento a 60°C y, posteriormente, tamizarla

en húmedo a través de una malla de 2 mm de abertura para separar la grava de la arena y de otra malla de 0.0625 mm para separar la arena del lodo (esta última fracción fue considerada como la mezcla de limo y arcilla). Las fracciones retenidas en los tamices (grava y arena) fueron secadas en una estufa a 60°C y posteriormente fueron pesadas. La fracción de lodo fue estimada como la diferencia entre el peso seco total de la muestra y el peso seco de la suma de las fracciones arenosa y gravillenta. El tamaño de grano fue calculado por regla de tres y, por lo tanto, fue expresado como porcentajes de grava, de arena y de lodo.

Para explorar tendencias en los resultados de abundancia de las especies de holoturoideos se graficaron los valores promedio e intervalos de confianza (95%) de acuerdo a los sitios de muestreo y épocas del año. Se analizaron los patrones de variabilidad de la abundancia por medio de un análisis de varianza de dos vías (ANOVA) para comparar periodos hidroclimáticos (frío y cálido) y sitios (Zar, 2010). Los análisis se realizaron con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  y la transformación logarítmica de la variable ( $\log(x + 1)$ ), para eludir los supuestos de normalidad y homogeneidad de las varianzas de acuerdo a recomendación de Zar (2010).

Se aplicaron índices ecológicos de riqueza específica (S), diversidad de Shannon ( $H'$ ), (Magurran, 2010) y equitatividad de Pielou (Gotelli y Graves, 1996) para cada temporada.

La riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la diversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas. Para evaluar la heterogeneidad de las especies se utilizó el índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ), este índice se calculó con la siguiente ecuación:

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

Donde  $H'$  representa el índice de diversidad,  $p(i)$  es la proporción de una muestra representada por especies  $i$ ,  $\ln$  es el logaritmo natural.

El índice de equitatividad de Pielou ( $J'$ ) es una forma de medir la proporción que guardan las abundancias relativas de las especies de la comunidad. La ecuación para calcular este índice fue la siguiente:

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Donde  $J'$  es el índice de equidad de Pielou;  $H'$  es el índice de diversidad de Shannon;  $H'_{\max}$  es la diversidad máxima de especies que es igual a  $H'_{\max} = \ln S$ .

Los análisis de los índices ecológicos se realizaron por medio del programa EcoSim (Gotelli y Entsminger, 2001), los cuales generan estimados comparables independientemente de las diferencias en el tamaño de muestra de los grupos. Se utilizó un procedimiento basado en individuos para la estimación de las curvas de rarefacción. Los niveles de abundancia para las simulaciones se establecieron usando el tamaño de la muestra con el valor más bajo de abundancia. Los valores promedio e intervalos de confianza de los índices ecológicos se estimaron por

medio del procedimiento de Monte Carlo con 1000 réplicas para los diferentes valores de abundancia.

El análisis de las asociaciones de especies se realizaron por medio de un análisis de clasificación numérica jerárquica aglomerativa (promedio aritmético de grupos de pares no ponderados, UPGMA) por medio del programa estadístico PRIMER v6 (Clarke y Gorley, 2004); y el método de escalamiento no métrico multidimensional nMDS, en ambos casos se utilizó una matriz de similitud de Bray Curtis (Clarke y Warwick, 2001). Para los casos en que a través del análisis de ordenamiento se identifiquen grupos de estaciones en relación a la respuesta espacial o temporal de la asociación, se realizó un análisis de similitud de porcentajes (SIMPER) para identificar las especies discriminantes y su porcentaje de contribución por grupo (Clarke y Warwick, 2001). Los datos de abundancia fueron transformados mediante raíz cuarta ( $X^{1/4}$ ). Todos los análisis se realizaron con PRIMER v6 (Clarke y Gorley, 2004).

## **VII. RESULTADOS**

### **7.1 Composición de especies**

En este estudio se identificaron 13 especies pertenecientes a dos órdenes: Dendrochirotida y Aspidochirotida, cuatro familias: Sclerodactylidae, Phyllophoridae, Cucumariidae, Holothuriidae y nueve géneros: *Afrocucumis*, *Neothyone*, *Pachythyone*, *Neopentamera*, *Pentamera*, *Thyone*, *Pseudocnus*,

*Thyonella* y *Holoturia* (Tabla II), y la etapa juvenil de la especie *Neothyone gibbosa*. La familia más diversa fue Sclerodactylidae con cuatro géneros y seis especies.

**Tabla II.** Listado de especies encontradas en el área de estudio, siguiendo el arreglo sistemático de Pawson y Fell (1965), Rowe (1969) y Solís-Marín *et al.* (2009).

---

**Phylum ECHINODERMATA** Bruguière, 1791

**Clase HOLOTHUROIDEA**

**Orden DENDROCHIROTIDA** Grube, 1840

Familia SCLERODACTYLIDAE Paning, 1949

Género *Afrocucumis* Deichmann, 1944

*Afrocucumis ovulum* (Selenka, 1867)

Género *Neothyone* Deichmann, 1941

*Neothyone gibbosa* Deichmann, 1941

*Neothyone gibber* (Selenka, 1867)

Género *Pachythyone* Deichmann, 1941

*Pachythyone lugubris* (Deichmann, 1939)

*Pachythyone pseudolugubris* Deichmann, 1941

Género *Neopentamera* Deichmann, 1941

*Neopentamera anexigua* Deichmann, 1941

Familia PHYLLOPHORIDAE Östergren, 1907

Género *Pentamera* Ayres, 1852

*Pentamera chierchia* (Ludwig, 1887)

*Pentamera chiloensis* (Ludwig, 1887)

Género *Thyone* Oken, 1815

*Thyone* sp.

*Thyone bidentata* Deichmann, 1941

Familia CUCUMARIIDAE Ludwig, 1894

Género *Pseudocnus* Panning, 1949

*Pseudocnus californicus* (Semper, 1868)

Género *Thyonella* Verrill, 1872

*Thyonella mexicana* (Deichmann, 1941)

**Orden ASPIDOCHIROTIDA** Grube, 1840

Familia HOLOTHURIIDAE Ludwig, 1894

Género *Holothuria* Linnaeus, 1767

Subgénero *Thymiosycia* Pearson, 1914

*Holothuria (Thymiosycia) impatiens* (Forskål, 1775)

---

**7.2 Análisis de abundancia y frecuencia de ocurrencia**

Durante el año 2009 se registraron un total de 780 organismos pertenecientes a 13 especies y la etapa juvenil de *Neothyone gibbosa*. La especie más abundante fue *Neothyone gibber* con 48.59%, seguido de *Pentamera chierchia* con 28.21% y *Neothyone gibbosa* con 18.97%. La especie que presentó mayor frecuencia de ocurrencia fue *Neothyone gibber* con un 100% de aparición, seguido de *Pentamera chierchia* y *Neothyone gibbosa* con el mismo porcentaje de 76.92% y *Neothyone gibbosa* juvenil con un 38.46% (Tabla III).

**Tabla III.** Valores de abundancia y frecuencia de ocurrencia de las especies colectadas en la Caleta de Cuastecomates y Barra de Navidad en el año 2009.

	2009				
	N org Total	%	% acum	Ocurrencia	% Ocurrencia
<i>Neothyone gibber</i>	379	48.59	48.59	13	100.00
<i>Pentamera chierchia</i>	220	28.21	76.79	10	76.92
<i>Neothyone gibbosa</i>	148	18.97	95.77	10	76.92
<i>Neothyone gibbosa juvenil</i>	16	2.05	97.82	5	38.46
<i>Pachythyone pseudolugubris</i>	4	0.51	98.33	3	23.08
<i>Thyonella mexicana</i>	4	0.51	98.84	3	23.08
<i>Pentamera chiloensis</i>	2	0.26	99.10	2	15.38
<i>Pachythyone lugubris</i>	2	0.26	99.36	2	15.38
<i>Neopentamera anexigua</i>	2	0.26	99.61	1	7.69
<i>Thyone bidentata</i>	1	0.13	99.74	1	7.69
<i>Pseudocnus californicus</i>	1	0.13	99.87	1	7.69
<i>Afrocucumis ovulum</i>	1	0.13	100.00	1	7.69
<i>Holothuria (Thymiosyscia) impatiens</i>	0	0.00	100.00	0	0.00
<i>Thyonesp.</i>	0	0.00	100.00	0	0.00
Total	780			13	

Para el año 2010 se registraron 916 organismos de 11 especies, incluyendo la etapa juvenil de *Neothyone gibbosa*. *Pentamera chierchia* presentó la mayor abundancia con 52.51%, seguido de *Neothyone gibber* con 22.27%, *Thyonella mexicana* con 11.24% y *Neothyone gibbosa* (6.88%). Con respecto a la frecuencia de ocurrencia, *Pentamera chierchia* y *Neothyone gibbosa* fueron las especies que obtuvieron el valor más alto (93.33%), *Neothyone gibber* con 86.67%, *Neothyone gibbosa* juvenil presenta un nivel alto de ocurrencia con 60% y *Thyonella mexicana* y *Neopentamera anexigua* tienen el mismo valor con 53.33% (Tabla IV).

**Tabla IV.** Valores de abundancia y frecuencia de ocurrencia de las especies colectadas en la Caleta de Cuastecomates y Barra de Navidad en el año 2010.

	2010				
	N org Total	%	% acum	Ocurrencia	% Ocurrencia
<i>Pentamera chierchia</i>	481	52.51	52.51	14	93.33
<i>Neothyone gibber</i>	204	22.27	74.78	13	86.67
<i>Thyonella mexicana</i>	103	11.24	86.03	8	53.33
<i>Neothyone gibbosa</i>	63	6.88	92.90	14	93.33
<i>Neopentamera anexigua</i>	35	3.82	96.72	8	53.33
<i>Neothyone gibbosa</i> juvenil	19	2.07	98.80	9	60.00
<i>Pachythyone pseudolugubris</i>	4	0.44	99.24	1	6.67
<i>Thyone bidentata</i>	2	0.22	99.45	1	6.67
<i>Thyone</i> sp.	2	0.22	99.67	2	13.33
<i>Pseudocnus californicus</i>	1	0.11	99.78	1	6.67
<i>Holothuria (Thymiosycia) impatiens</i>	1	0.11	99.89	1	6.67
<i>Pachythyone lugubris</i>	1	0.11	100.00	1	6.67
<i>Pentamera chiloensis</i>	0	0.00	100.00	0	0.00
<i>Afrocucumis ovulum</i>	0	0.00	100.00	0	0.00
Total	916			15	

En el año 2013 se registró la menor cantidad de especies (10 especies y la etapa juvenil de *Neothyone gibbosa*) y fueron colectados 816 organismos en total. *Pentamera chierchia* presentó el valor de abundancia más alto (51.96%), seguido por *Thyonella mexicana* (18.75%) y *Neothyone gibber* (16.79%). Los mayores porcentajes de frecuencia de ocurrencia los presentan *Pentamera chierchia* con 90.48%, *Neothyone gibber* con 76.19% y *Thyonella mexicana* con 61.90% (Tabla V).

**Tabla V.** Valores de abundancia y frecuencia de ocurrencia de las especies colectadas en la Caleta de Cuastecomates y Barra de Navidad en el año 2013.

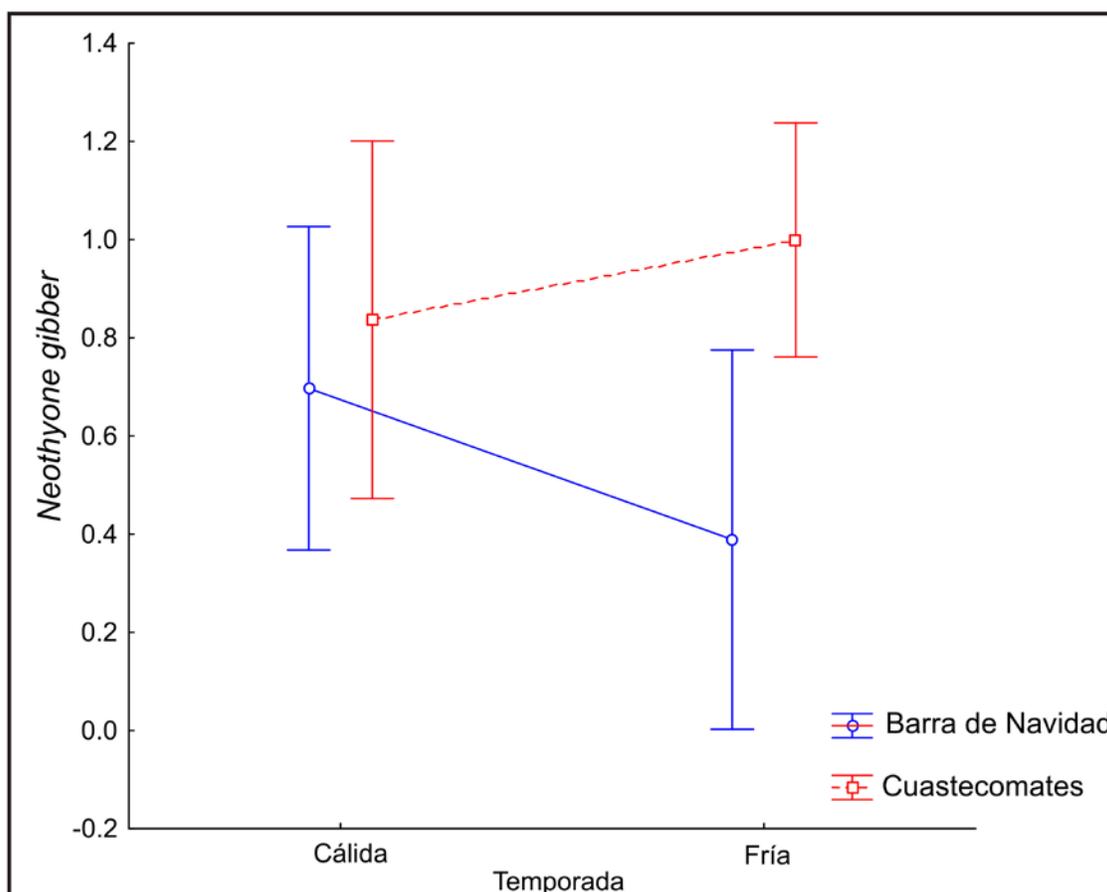
	2013				
	N org Total	%	% acum	Ocurrencia	% Ocurrencia
<i>Pentamera chierchia</i>	424	51.96	51.96	19	90.48
<i>Thyonella mexicana</i>	153	18.75	70.71	13	61.90
<i>Neothyone gibber</i>	137	16.79	87.50	16	76.19
<i>Neothyone gibbosa</i>	38	4.66	92.16	11	52.38
<i>Pachythyone lugubris</i>	32	3.92	96.08	8	38.10
<i>Pachythyone pseudolugubris</i>	10	1.23	97.30	6	28.57
<i>Neothyone gibbosa</i> juvenil	9	1.10	98.41	6	28.57
<i>Afroccucumis ovulum</i>	6	0.74	99.14	2	9.52
<i>Thyone</i> sp.	4	0.49	99.63	3	14.29
<i>Pentamera chilensis</i>	2	0.25	99.88	1	4.76
<i>Holothuria (Thymiosycia) impatiens</i>	1	0.12	100.00	1	4.76
<i>Thyone bidentata</i>	0	0.00	100.00	0	0.00
<i>Pseudocnus californicus</i>	0	0.00	100.00	0	0.00
<i>Neopentamera anexigua</i>	0	0.00	100.00	0	0.00
Total	816			21	

### 7.3 Análisis de la abundancia de especies

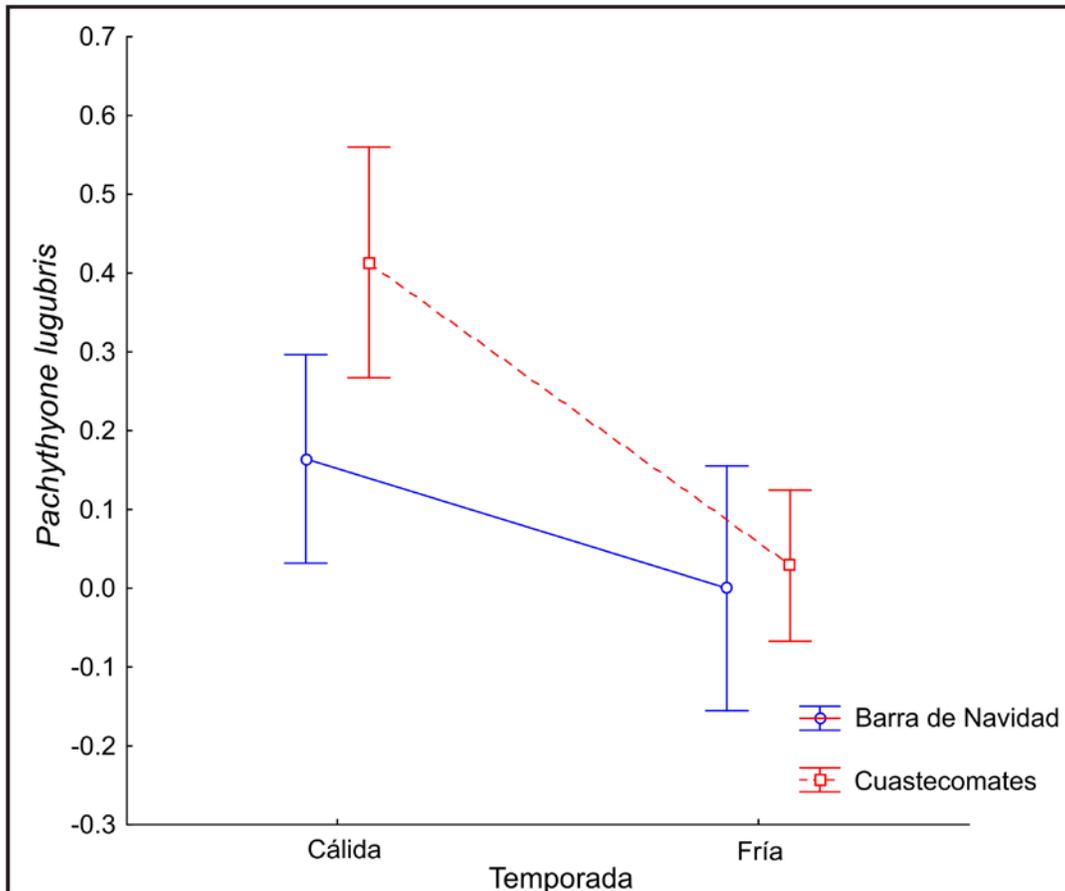
Los valores del análisis de varianza realizado a cada una de las especies encontradas en los muestreos tomando como factores los sitios Cuastecomates y Barra de Navidad y las temporadas fría y cálida; y la interacción entre sitios y temporadas aparecen en la tabla VI. La única especie que mostró diferencias significativas entre los sitios fue *Neothyone gibber* (ANOVA,  $F=5.10296$ ,  $p=0.28778$ ) (Fig. 4). *Pachythyone lugubris* fue la única especie que presentó diferencias significativas tanto entre los sitios ( $F= 4.34628$ ,  $p=0.042794$ ) como entre las temporadas ( $F=16.9478$ ,  $p=0.000162$ ) (Fig. 5). Las especies *Pentamera chierchia*, *Neothyone gibbosa* y *Neothyone gibbosa* juvenil, *Afroccucumis ovulum*, *Pachythyone pseudolugubris*, *Neopentamera anexigua*, *Thyonella mexicana* y *Thyone* sp. no mostraron diferencias significativas en la distribución de las abundancias en sitios y temporadas. Los juveniles de la especie *Neothyone gibbosa* no mostraron diferencia significativa, lo cual nos demuestra la ausencia de un patrón de estacionalidad en el reclutamiento de esta especie.

**Tabla VI.** Análisis de varianza realizado por sitios, temporadas y la interacción entre sitios y temporadas. El color rojo señala las especies con diferencias significativas. \* Los valores de esta especie corresponden a la suma de adultos y juveniles.

Especie	F <sub>sitio</sub>	P <sub>sitio</sub>	F <sub>temp.</sub>	P <sub>temp.</sub>	F <sub>sitio x temp</sub>	P <sub>sitio x temp.</sub>
<i>Pentamera chierchia</i>	2.623	0.112315	0.9312	0.339701	0.7651	0.38639
<i>Neothyone gibbosa*</i>	0.04875	0.826256	1.80163	0.186249	2.12685	0.151682
<i>Neothyone gibber</i>	5.10296	0.28778	0.19123	0.663989	2.00989	0.163164
<i>Afrocucumis ovulum</i>	1.584751	0.214569	4.013631	0.051178	1.584751	0.214569
<i>Pachythyone lugubris</i>	4.34628	0.042794	16.9478	0.000162	2.73879	0.104898
<i>Pachythyone pseudolugubris</i>	2.67563	0.108872	0.03117	0.860647	3.12939	0.08367
<i>Neopentamera anexigua</i>	1.130041	0.293438	2.362035	0.131322	2.589684	0.114556
<i>Neothyone gibbosa</i> juvenil	0.07641	0.783486	0.22118	0.640416	0.82176	0.369494
<i>Thyonella mexicana</i>	1.21736	0.275746	3.3883	0.07226	0.17381	0.678727
<i>Thyone</i> sp.	1.093392	0.301305	0.32408	0.571997	0.069893	0.792699



**Figura 4.** Distribución de la abundancia de *Neothyone gibber* de acuerdo a la temporada y el sitio. La marca roja representa el valor promedio y las líneas verticales el intervalo de confianza al 95%.



**Figura 5.** Distribución de la abundancia de *Pachythyone lugubris* de acuerdo a la temporada y el sitio. La marca roja representa el valor promedio y las líneas verticales el intervalo de confianza al 95%.

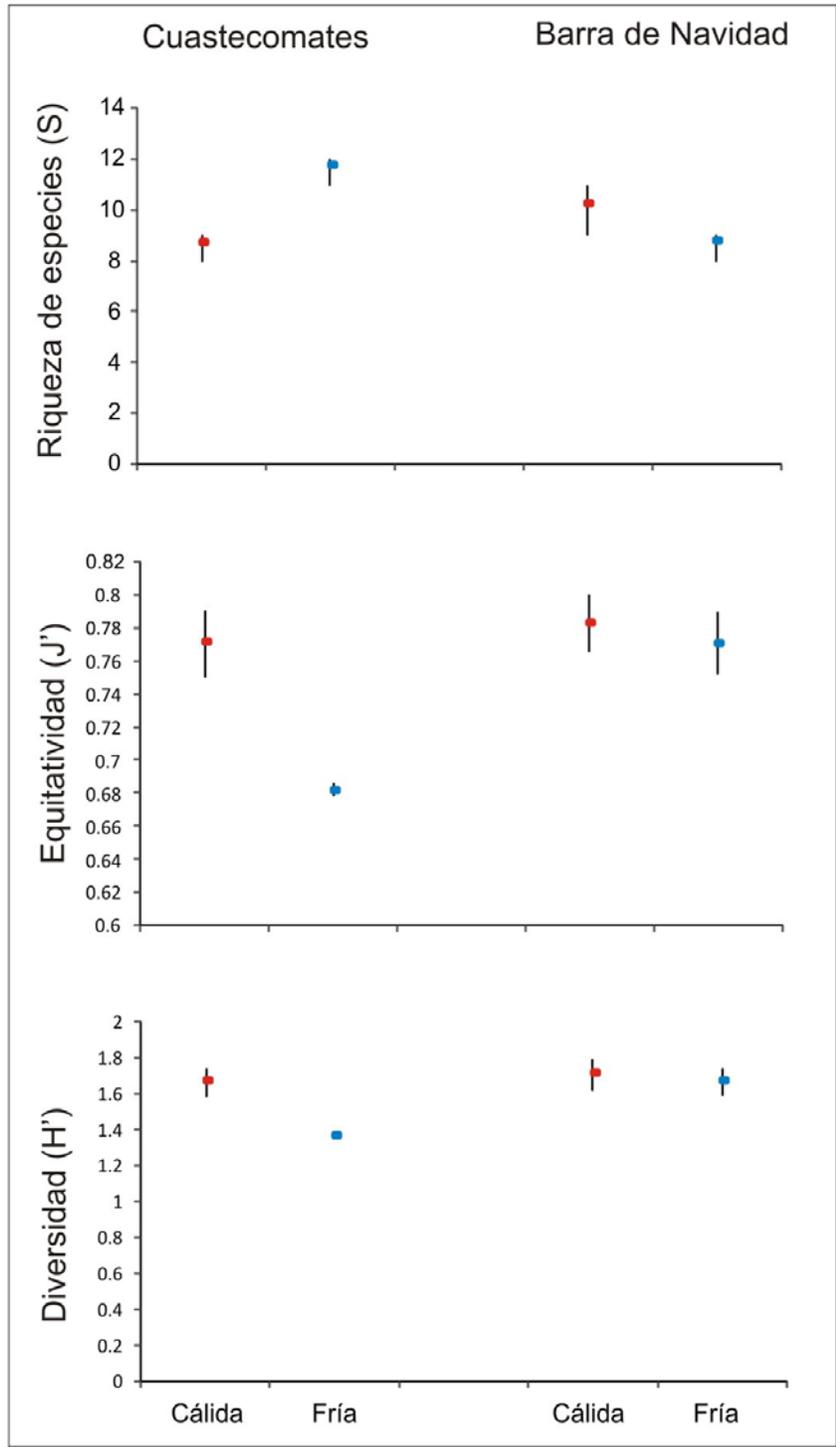
#### 7.4 Análisis de diversidad

La riqueza de especies de holotúridos en la Caleta de Cuastecomates en la temporada cálida mostró un valor menor del número esperado de especies ( $S= 8.759$ ) comparados con los de la temporada fría ( $S= 11.823$ ). En Barra de Navidad los valores más altos fueron durante en temporada cálida cuando se presentó una mayor riqueza esperada de especies ( $S= 10.29$ ).

Los valores del índice de equitatividad de Pielou en la Caleta de Cuastecomates en la temporada cálida fueron notablemente mayores (cálida:

$J'=0.77$ ; fría:  $J'= 0.68$ ). En Barra de Navidad no se encontraron diferencias notables entre las temporadas (cálida:  $J'= 0.78$ ; fría:  $J'= 0.77$ ).

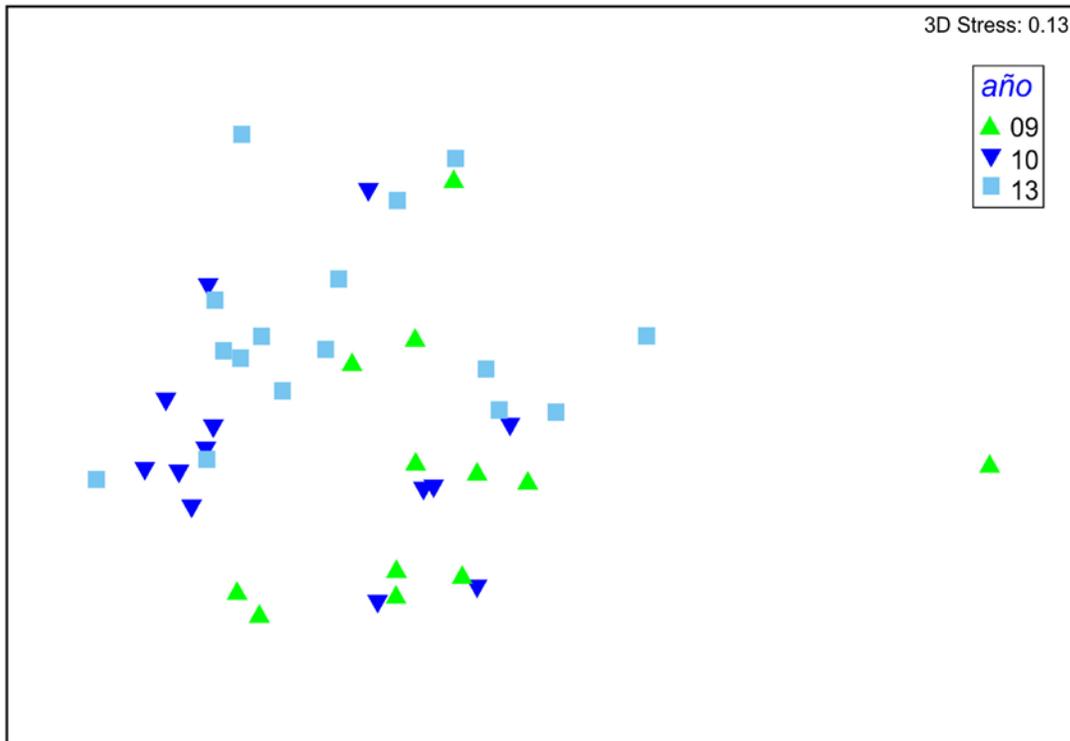
Los valores de diversidad de Shannon más altos en Cuastecomates se presentaron en la temporada cálida ( $H'= 1.71$ ) y para Barra de Navidad no se encontraron diferencias significativas entre las temporadas (Fig. 6).



**Figura 6.** Riqueza (S), equitatividad (J') y diversidad (H') de las especies de holoturoideos muestreadas por sitios y temporadas. La marca representa el valor promedio y la línea vertical el intervalo de confianza al 95%.

### 7.5 Análisis de las asociaciones de holoturoideos

A través del análisis de ordenamiento y clasificación numérica, no fue posible evidenciar algún patrón de las asociaciones de especies de holoturoideos por años (Figs. 7 y 8), o entre temporadas hidroclimáticas (Figs. 9 y 10), o entre Cuastecomates y Barra de Navidad (Figs. 11 y 12).



**Figura 7.** Escalamiento multidimensional no métrico entre los tres años con base a una similitud de Bray-Curtis.

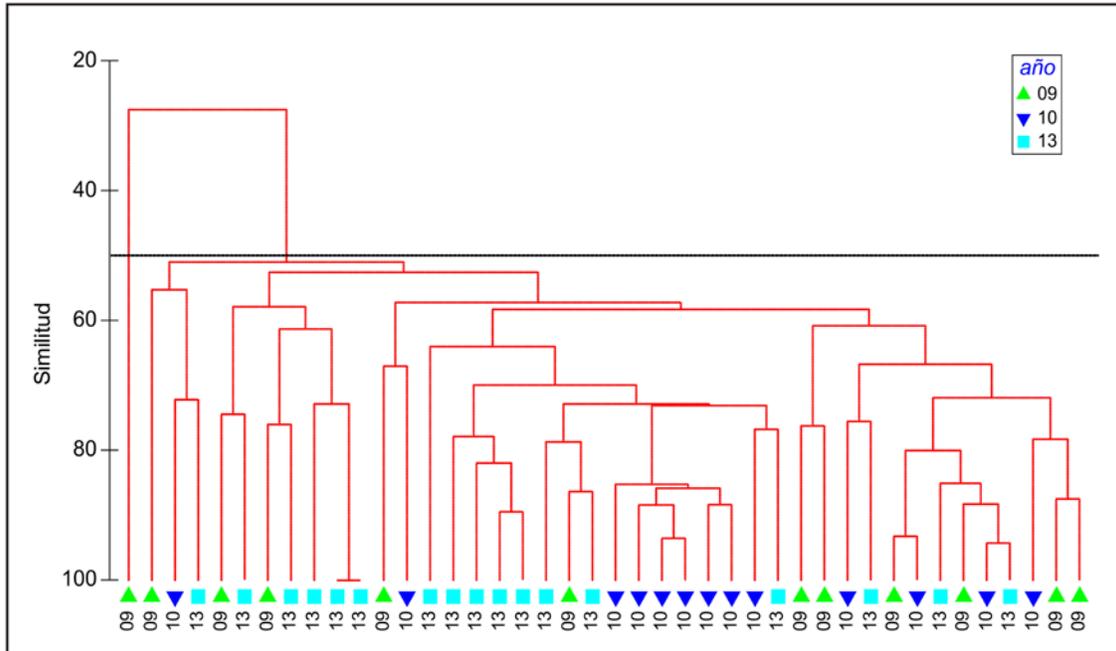


Figura 8. Dendrograma de similitud representando la asociación entre los años.

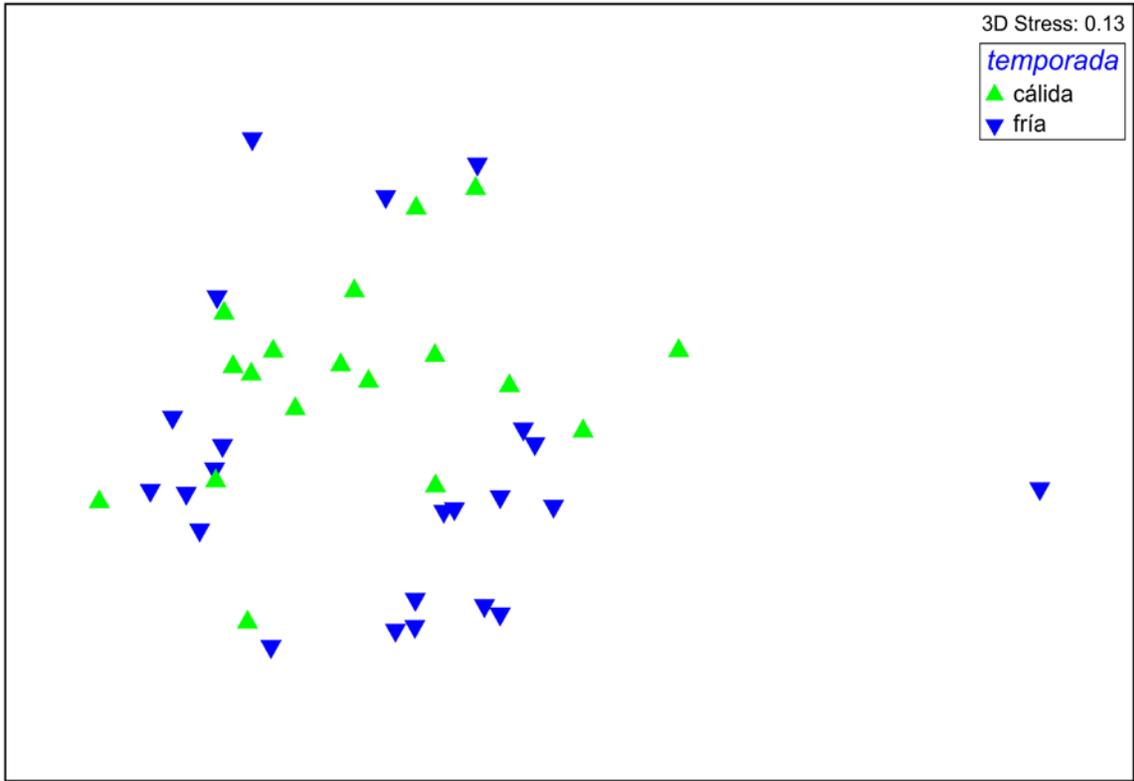
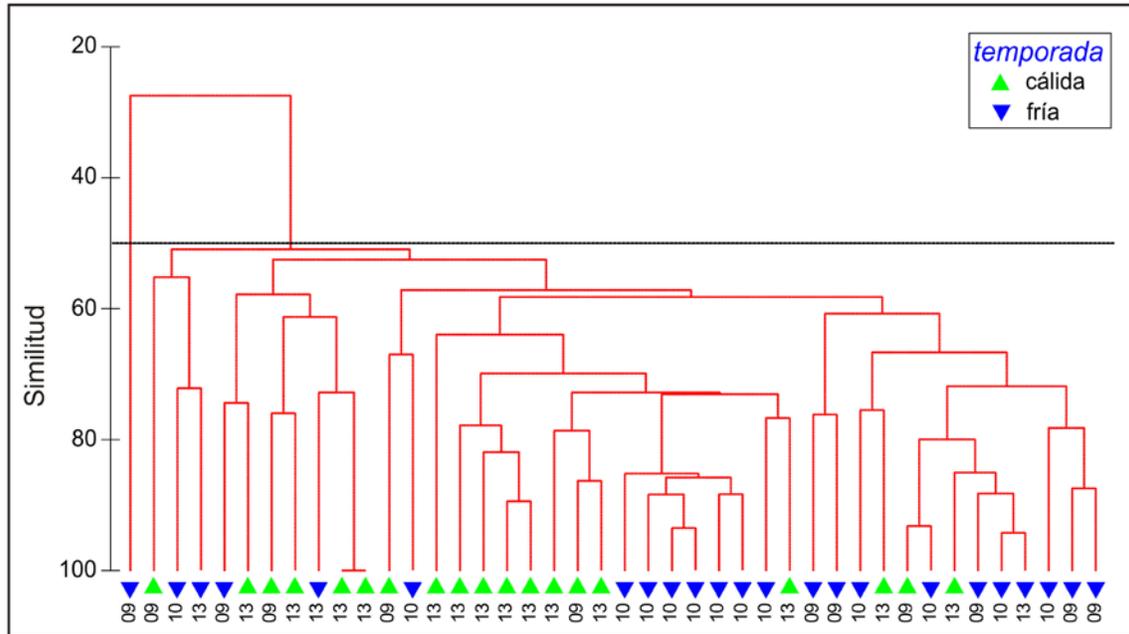
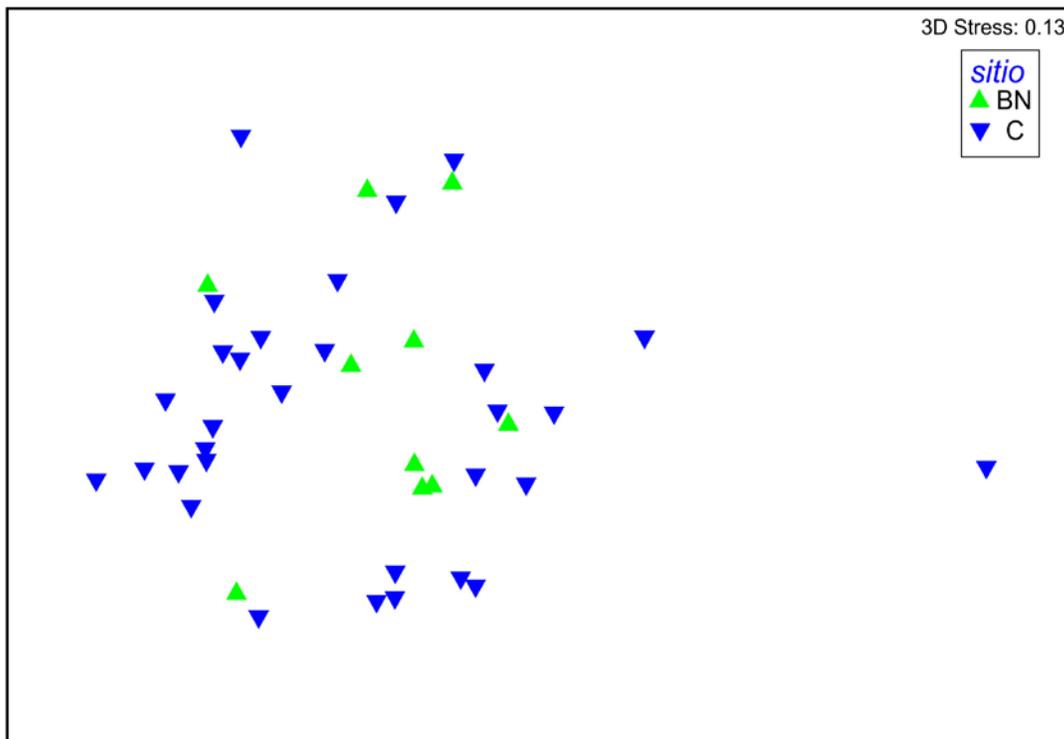


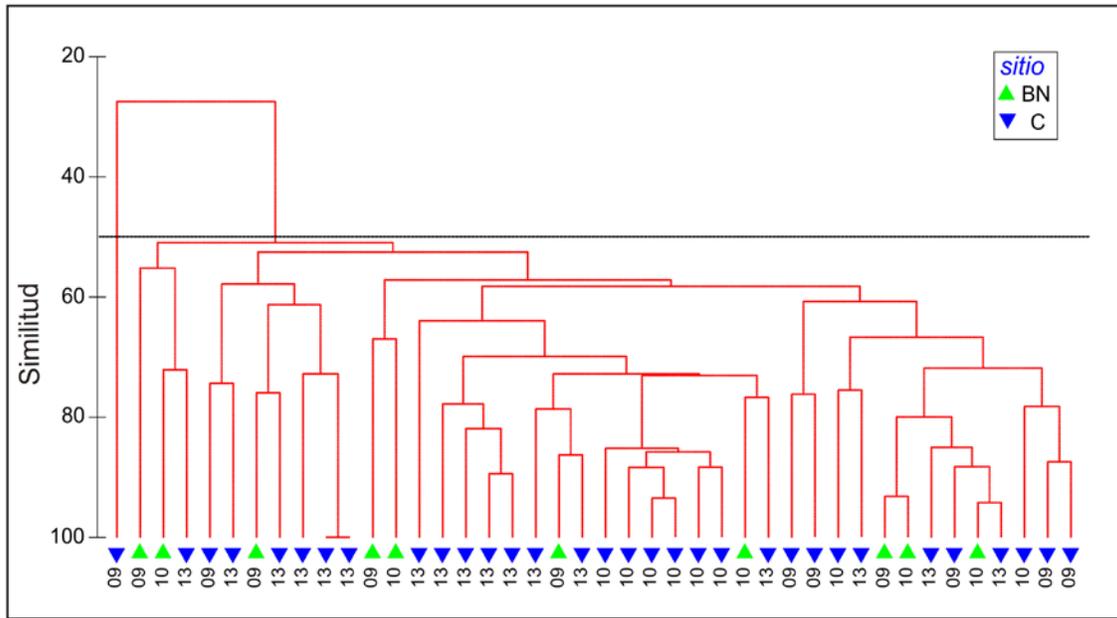
Figura 9. Escalamiento multidimensional no métrico entre las temporadas hidroclimáticas.



**Figura 10.** Dendrograma de similitud representando la asociación entre temporadas.



**Figura 11.** Escalamiento multidimensional no métrico entre los sitios con base a una similitud de Bray-Curtis. BN= Barra de Navidad. C= Cuastecomates.

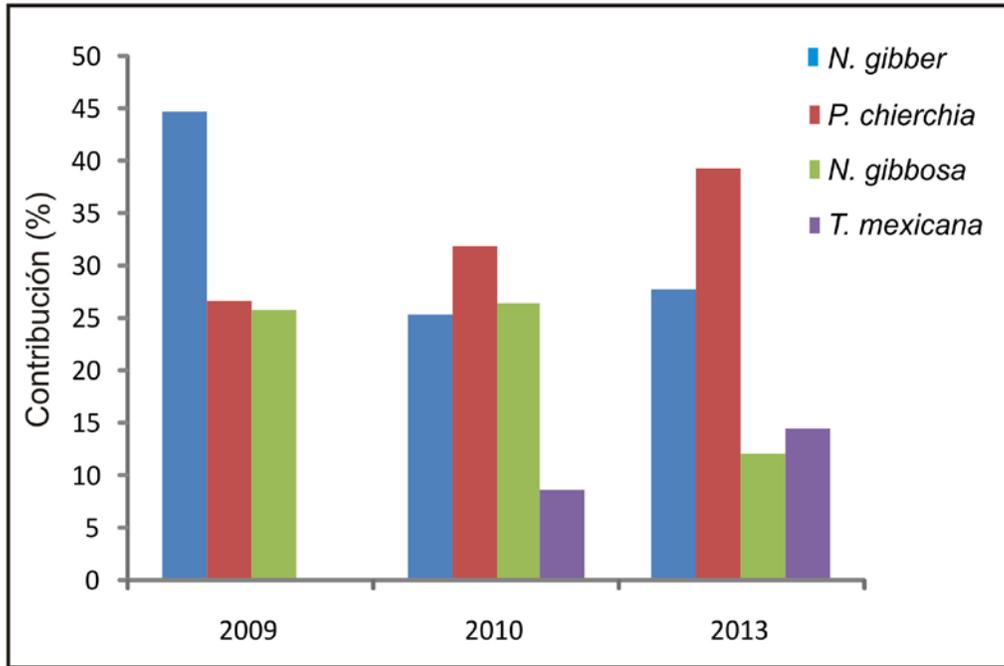


**Figura 12.** Dendrograma de similitud representando la asociación entre sitios de muestreo. BN= Barra de Navidad. C= Cuastecomates.

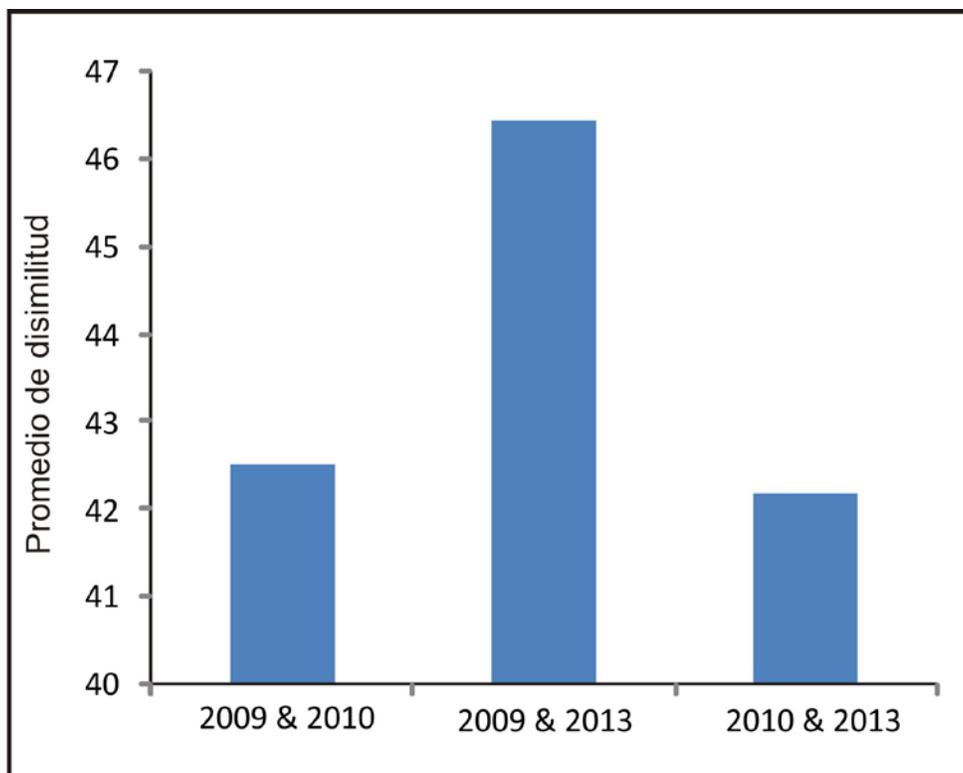
### 7.5 Análisis de contribución de especies

Mediante los análisis SIMPER se encontraron diferencias en las especies que más contribuyen a la abundancia en cada uno de los años de muestreo. *N. gibber* en 2009 fue la más importante con 44.76%, sin embargo se observa que para el 2010 el porcentaje de contribución de esta especie (25.51%) disminuyó de forma notoria y para el 2013 no se observó una gran diferencia (27.77%). *Pentamera chierchia* fue la segunda especie más importante en el 2009 con 26.64%, para los años siguientes de muestreo 2010 y 2013 se registró un cambio en contribución de esta misma especie, obteniendo valores de 31.92% y 39.28% respectivamente. *Neothyone gibbosa* fue la tercera especie más importante en 2009 con 25.77%, en 2010 se registró un ligero aumento en su contribución con 26.47%, sin embargo en 2013 se observa una disminución en la contribución con 12.25 %, siendo en este año la cuarta especie más importante. En 2010, *Thyonella mexicana* aparece como cuarta especie más importante con 8.69% y en 2013 se registra un aumento en su contribución, 14.55% (Fig. 13). El promedio de

disimilitud entre los años de muestreo nos indica que los años 2009 y 2013 presentan el valor más alto (46.46%), seguido por 2009-2010 con 42.54% (Fig.14).



**Figura 13.** Porcentajes de contribución de las especies más importantes ( $\geq 90\%$ ) en abundancia según los análisis SIMPER para cada año.



**Figura 14.** Promedio de disimilitud entre los años de muestreo.

## 7.6 Caracterización de los hábitats de muestreo

### Sitio de Muestreo 1R, La Calechosa

Posición: N19° 14.221' W104°44.200'

Profundidad: 6-8 m

Inclinación: Casi horizontal

Rugosidad con cadena (7.3m): Índice rugosidad del sustrato = 0.27

Dirección de exposición al oleaje: Sur - Suroeste

Tamaño de la estructura rocosa: 6m

Cobertura del hábitat:

Arena: 20% (media y gruesa)

Cascajo: 10%

Roca: 65%

Coral: 5%

### **Sitio de muestreo 2R, Morro Chino.**

Posición: N19° 11.700' W104° 41.570'

Profundidad: 12 m

Inclinación: Casi horizontal

Rugosidad con cadena (7m). Índice rugosidad del sustrato = 0.3

Dirección de exposición al oleaje: Noroeste

Tamaño de la estructura rocosa: 10 m

Cobertura del hábitat:

Arena: 15% (media y gruesa)

Cascajo: 15%

Roca: 65%

Coral: 5%

## **VII. DISCUSIÓN**

En el presente estudio se reportan 13 especies de holoturoideos en la Bahía de Navidad, riqueza de especies menor a lo reportado por Ríos-Jara *et al.* (2013) en Bahía de Chamela (18), pero mayor que la reportada en el norte del estado de Jalisco en Isla Isabel (10) (Ríos-Jara *et al.* 2008). Estas diferencias se deben principalmente a las técnicas de muestreo, ya que en ambos estudios los muestreos fueron realizados por censos visuales y extracción de rocas para identificar los organismos en el laboratorio. Los trabajos de Benítez-Villalobos (2001), Penagos-García *et al.* (2012) y Zamorano y Leyte (2005, 2009) en la costa sur del Pacífico mexicano reportan 2, 3, 4 y 1 especies respectivamente, realizados en arrecifes coralinos. Estos menores valores de riqueza de especies en esta zona se deben a la utilización de diferentes técnicas de muestreo y por

otra parte al aparente deterioro que presentan los arrecifes coralinos por las actividades humanas, principalmente el turismo (Zamorano y Leyte, 2005; Benítez-Villalobos et al., 2008; Ríos-Jara et al. 2013).

Solís-Marín et al. (2013) reportan un total de 117 especies de holotúridos para el Pacífico mexicano, de las cuales solo 12 coinciden con las que se encontraron en este trabajo. Sin embargo, *Thyone* sp. no se ha reportado para el Golfo de California (Solís-Marín et al. 2005). Las especies *Thyonella mexicana* y *Thyone bidentata* solo se han reportado para el Golfo de California por Solís-Marín et al. (1997, 2005), por lo que se amplía el rango de distribución geográfica para estas especies. En los muestreos realizados se colectaron cuatro organismos, que después de ser revisados solo se pudo llegar a determinar su género (*Thyone* sp.) y se cree que puede ser un registro o especie nueva encontrada en los sitios de muestreo del presente trabajo.

En el presente trabajo la familia con el mayor número de especies es Sclerodactylidae con 6, en contraste con otros estudios realizados en las costas de Jalisco donde la familia Holothuriidae es la que cuenta con mayor número de especies (Nepote, 1998; Solís-Marín et al. 2005, Honey-Escandón et al. 2008; Ríos-Jara et al. 2008; 2013).

### **8.1 Abundancia y Frecuencia de ocurrencia**

En la Bahía de Navidad las especies *Pentamera chierchia*, *Thyonella mexicana*, *Neothyone gibber* y *N. gibbosa* son las más abundantes, y aparecen con mayor frecuencia en los tres años de muestreo. Lo anterior concuerda claramente con lo reportado para el submareal de Bahía Chamela por Ríos-Jara *et al.* (2013), con excepción de *T. mexicana*. De manera similar Solís-Marín *et al.* (2005; 2013) mencionan que *N. gibber* y *N. gibbosa* son algunas de las especies más abundantes en el Pacífico mexicano, al igual que *Afrocucumis ovulum* y *Holoturia (Thymiosycia) impatiens*, lo cual difiere con este estudio ya que estas especies presentaron bajas frecuencias y abundancias.

### **8.2 Abundancia, riqueza y diversidad**

Los equinodermos presentan cambios en la abundancia y diversidad de especies relacionados con factores batimétricos (Gutt *et al.* 1999; Entrambasaguas *et al.* 2008; Pawson *et al.* 2010; Vaghela, 2010; Martins *et al.* 2013; Vishwas-Rao y Ajith-Kumar, 2014). En los trabajos realizados en el Pacífico mexicano las mayores abundancias de holoturoideos se ha registrado en la zona somera que comprende entre los 0 y 20 m de profundidad (Nepote, 1998; Fajardo-León *et al.* 1995, 2008; Holguín-Quiñones *et al.* 2000, 2008; Ríos-Jara *et al.* 2008, 2013; Zamorano y Leyte-Morales, 2009).

Los cambios estacionales en la abundancia de holotúridos pueden estar relacionados con la disponibilidad de alimento durante determinadas épocas del año, ya que los individuos pueden encontrar sedimentos y sustratos con altos

contenidos orgánicos (Navarro *et al.* 2013; Vishwas-Rao y Ajith-Kumar, 2014). Únicamente *Pachythyone lugubris* en Bahía de Navidad mostró diferencias significativas entre la temporada cálida (lluvias) y fría (secas). Zamorano y Leyte (2005) mencionan que en la Bahía La Entrega en Oaxaca se encontró una mayor cantidad de pepinos en la temporada de mayor turbidez que se presenta en temporada de lluvias (abril-agosto). Caso contrario se ha reportado para Zihuatanejo y Acapulco por Zamorano y Leyte (2009), quienes durante la temporada de lluvias (agosto) no encontraron especies de holotúridos, y únicamente en la temporada de secas (febrero) tienen registros de una especie (*I. fuscus*) con valores de abundancia bajos.

Las estrategias reproductivas de los holotúridos podrían ser otro factor que explican las agregaciones o incrementos en la abundancia de organismos en ciertas épocas del año (Shiell, 2004; Navarro *et al.* 2013).

En los trabajos anteriores en México no se había reportado la presencia de juveniles; sin embargo, en este trabajo se registraron juveniles de la especie *Neothyone gibbosa* con una abundancia importante en esta zona. Bahía de Navidad posee sitios propicios para el reclutamiento de esta especie. La abundancia constante a lo largo del tiempo y similitud entre los sitios de muestreos hacen pensar que el reclutamiento y posiblemente la reproducción de *N. gibbosa*, ocurre durante todo el año.

La riqueza y diversidad de especies de holotúridos en las áreas de colecta presentaron un comportamiento estacional opuesto. Por un lado, se presentó mayor riqueza de especies en la Caleta de Cuastecomates durante la temporada fría y por el otro, en Barra de Navidad se presentó durante la temporada cálida. Franco-Gordo *et al.* (2001) mencionan que las concentraciones de biomasa zooplanctónica en la costa sur de Jalisco se relaciona inversamente con la temperatura superficial mar (TSM). Sin embargo, las descargas de la laguna de Barra de Navidad, las cuales tienen una marcada estacionalidad, aportan importantes contenidos de materia orgánica y nutrientes a la bahía durante el periodo de lluvias-cálido (Álvarez-del Castillo *et al.* 1992). Las microalgas bentónicas de los arrecifes coralinos benefician la presencia de los holotúridos, debido a que forman parte de su alimentación; aunque algunas especies de holoturoideos que son selectivas, prefieran sedimentos con clorofila *a* y otras prefieren sedimentos con altos valores nutricionales (Uthicke, 1999; 2001). El sitio de muestreo cercano a la boca de la laguna de Barra de Navidad, presentó una mayor riqueza de especies durante el periodo cálido, mientras que el sitio localizado en la caleta de Cuastecomates, el cual se caracteriza por ser una microcuenca arreica, presenta la mayor riqueza durante la temporada de secas-fría.

Vishwas-Rao y Ajith-Kumar (2014) mencionan que la influencia del sustrato sobre la distribución de los equinodermos puede estar conectado con la repartición de recursos, la locomoción y las interacciones depredador-presa, debido al tamaño de las partículas de sedimento, la composición de la materia orgánica y el

alimento disponible que se encuentran en éste. Por lo tanto, el sustrato tiene un papel de gran importancia ecológica para los holotúridos de fondos someros (González-Medina *et al.* 2006). Algunos autores (Bolaños *et al.* 2005, Bellchambers *et al.* 2011) reportan que el hábitat donde se presenta la mayor abundancia de los holotúridos y equinodermos en general es en el coral y las partes donde se presentan las algas. La rugosidad o complejidad del sustrato afecta la abundancia y diversidad de los holotúridos, ya que cuanto más rugoso sea el sustrato, más refugios habrá y más holotúridos podrá albergar (Navarro *et al.* 2013). En la bahía de Navidad *N. gibber* y *P. lugubris* mostraron cambios en la abundancia entre los sitios de muestreo. Los factores relacionados a la estructura y complejidad del hábitat, nos indican que el sitio de Cuastecomates se caracteriza por estar expuesto a la marejada durante el periodo cálido-lluvias, presentar grandes rocas y una complejidad similar al sitio próximo a la boca de Barra de Navidad. Este último está sujeto a un régimen de perturbación natural alto durante el verano, debido a las desembocaduras de materia orgánica en suspensión y sedimentos terrígenos durante el verano y al embate importante del oleaje durante la temporada fría (secas). La gran variabilidad ambiental, la complejidad del hábitat y la orientación-exposición al oleaje, aún en sitios cercanos podrían ayudar a explicar las diferencias en la abundancia y diversidad de holoturoideos.

## VIII. CONCLUSIONES

-Se encontraron 13 especies de holoturoideos pertenecientes a dos órdenes: Dendrochirotida y Aspidochirotida, cuatro familias: Sclerodactylidae, Phyllophoridae, Cucumariidae, Holothuriidae y nueve géneros: *Afroccumis*, *Neothyone*, *Pachythyone*, *Neopentamera*, *Pentamera*, *Thyone*, *Pseudocnus*, *Thyonella* y *Holoturia* y la etapa juvenil de la especie *Neothyone gibbosa*.

-Se amplía el rango de distribución geográfica de *Thyonella mexicana* y *Thyone bidentata*.

-La abundancia de los holoturoideos no mostró diferencias significativas de acuerdo a los años y únicamente la especie *Pachythyone lugubris* tuvo diferencias significativas entre las temporadas cálida y fría.

-Las especies *Neothyone gibber* y *P. lugubris* tuvieron cambios en la abundancia entre los sitios, esto podría estar relacionado con la orientación y exposición del oleaje, y la estructura y complejidad del hábitat.

-El sitio la Calechosa en la Caleta de Cuastecomates presenta mayor riqueza de especies en la temporada fría, mientras que el Morro Chino en Barra de Navidad presentó mayor riqueza durante el periodo cálido, cuando la exposición al oleaje en ambos casos es menor.

-En la Caleta de Cuastecomates los valores de diversidad más altos se presentaron en la temporada cálida y en la Bahía de Navidad no hubo diferencias significativas entre temporadas.

-La variación en la abundancia y la diversidad de holoturoideos en Bahía de Navidad no muestra diferencias significativas entre los dos periodos hidroclimáticos, lo cual nos confirma que no hay una recomposición de la estructura comunitaria.

## IX. LITERATURA CITADA

- Anónimo (2003) Listado faunístico de islas Marietas, Nayarit. Anexo II. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar, pp.17.
- Chiriboga (2008) Distribución y abundancia de equinodermos en las aguas someras de la Isla del Coco, Costa Rica (Pacífico Oriental) *Revista Biología Tropical*, 56(2): 99-111.
- Álvarez-del Castillo, M., M.E. Hendrickx y S. Rodríguez (1992) *Crustáceos Decápodos de la Laguna de Barra de Navidad, Jalisco, México* Proceedings of the San Diego Society of Natural History No. 27
- Barnes, R.D. (1969) Zoología de los invertebrados. 2da. ed. *Editorial Interamericana*, México, pp. 672-682.
- Bellchambers, L.M., J.J. Meewig, S.N. Evans y P. Legendre (2011) Modelling habitat associations of 14 species of holothurians from an unfished coral atoll: implications for fisheries management. *Aquatic Biology*, 14: 57–66.
- Benítez-Villalobos (2001) Comparación de la comunidad de Equinodermos asociada a arrecifes en dos localidades de las Bahías de Huatulco, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*, 5: 19–24.
- Benítez-Villalobos, F., O.H. Avila-Poveda e I. S. Gutierrez-Méndez (2013) Reproductive biology of *Holothuria fuscocinerea* (Echinodermata: Holothuroidea) from Oaxaca, México. *Sexuality and Early Development in Aquatic Organism*, 1: 13-24.
- Bolaños, N., A. Bourg, J. Gómez y J.J. Alvarado (2005) Diversidad y abundancia de equinodermos en la laguna arrecifal del Parque Nacional Cahuita, Caribe de Costa Rica. *Revista Biología Tropical*, 53(3): 285-290.
- Brusca, R.C. y G.J. Brusca. (1990) Invertebrates. Cap. 22. Phylum Echinodermata. *Sinauer Assoc. Inc. Publ. Mass.* pp 801-839.
- Caso, M.E. (1983) Descripción de un género nuevo y una especie nueva de holoturoideo -*Parathyonacta* gen. nov. Y *Parathyonacta bonifaznuñoi* sp. nov. Colectada en la campaña oceanográfica SIPCO III a bordo del buque oceanográfico "El Puma". *Anales del instituto de ciencias del mar y limnología*.
- Clarke, K.R. & R.N. Gorley (2004) PRIMER v5: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth Laboratory, UK.
- Clarke, K.R. & R.M. Warwick (2001) Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. PRIMER-E, Plymouth Laboratory, UK.
- Conand, C. (1990) The fishery resources of Pacific island countries. Part 2: Holothurians. *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 272.2, Roma, pp. 143.
- Deichmann, E. (1938) Holothurians from the Western Coasts of lower California and Central America, and from the Galápagos Islands. *Zoologica N.Y.*, 23(18): 361-387.
- Deichmann, E. (1941) The Holothuroidea collected by the Velero III during the years 1932 to 1938. Part I Dendrochirota. *Allan Hancock Pacific Expedition*, 8:61-194 (1941).

- Entrambasaguas, L. A., Pérez-Ruzafa, J.A., García-Charton (2008) Abundance, spatial distribution and hábitat relationships of echinoderms in the Cabo Verde Archipelago (eastern Atlantic). *Marine and Freshwater Research*, 59: 477–488.
- Fajardo-León, M.C., E. Michel G., J. Singh C., J.A. Vélez B. y J.A. Massó R. (1995) Estructura poblacional y ciclo reproductor del pepino de mar (*Isostichopus fuscus*) en Santa Rosalía, B.C.S., México. *Ciencia Pesquera*. No. 11 (Nueva Época), 45-53.
- Fajardo-León, M.C., M.C.L. Suarez H., A. del Valle M. y A. Hernández L. (2008) Biología reproductiva del pepino de mar *Parastichopus parvimensis* (Echinodermata: Holothuroidea) de Isla Natividad y Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, 34(2): 165-177
- Flores-Ortega, J.R., Godínez-Domínguez, E., Rojo-Vázquez, J.A., Corgos, A., V.H. Galván-Piña, V.H. y González-Sansón, G. (2010). Interacciones tróficas de las seis especies de peces más abundantes en la pesquería artesanal en dos bahías del Pacífico Central Mexicano. *Revista Biología Tropical*, 58: 383-397.
- Folk, R.L. 1974. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing, Austin. pp. 182.
- Franco-Gordo, C. E. Godínez-Domínguez y E. Suarez (2001) Zooplankton biomass variability in the Mexican Eastern Tropical Pacific. *Pacific Science*, 55(2): 191-202.
- Francour, P. (1997) Predation on holothurians: a literature review. *Invertebrate Biology*, 116(1): 52-60.
- Godínez-Domínguez, E. y G. González-Sansón (1999) Diversidad de macroinvertebrados de fondos blandos de la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. *Ciencias Marinas*, 25(4): 609-627.
- Gutiérrez, I.S., (2011) Biología reproductiva de *Holothuria* (*Stauropora*) *fuscocinerea* Jaeger, 1833 (Echinodermata: Holothuroidea) en Bahía La Entrega, Oaxaca, México. Tesis de licenciatura. Universidad del Mar.
- Gotelli, N. J., & Entsminger, G. L. (2001). EcoSim: Null models software for ecology.
- Gotelli, N. J., & Graves, G. R. (1996). Null models in ecology.
- Gutt, J., E. Helsen, W. Arntz y A. Buschmann (1999) Biodiversity and community structure of the mega-epibenthos in the Magellan region (South America) *Scientia Marina*, 63(1): 155-170.
- Hamel, J.F., C. Conand, D. L. Pawson y A. Mercier (2001) The sea cucumber *Holothuria scabra*. Its biology and exploitation as Beche-de-mer. *Advances in marine biology*, 44: 130-223.
- Hamel, J.F. y A. Mercier (2008a) Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in temperate areas of the Northern Hemisphere. In: Toral-Granda V., Lovatelli A., Vasconcellos M. (eds) Sea cucumbers: a global review on fisheries and trade. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. No. 516. Roma, FAO. pp. 257–292.
- Herrero-Pérezrul, D. y E. A. Chávez (2005) Optimum fishing strategies for *Isostichopus fuscus* (Echinodermata: Holothuroidea) in the Gulf of California, México. *Revista de Biología Tropical*, 53(3): 357-366.

- Herrero-Pérezrul, D. (1994) Estudio comparativo de la reproducción de *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1975) y *Neothyone gibbosa* Deichmann, 1941 (Echinodermata: Holothuroidea), en la Bahía de la Paz, Baja California Sur, México. Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional.
- Holguín-Quñones, O. Wright-López, H. y F.A. Solís-Marín (2008) Variación espacio temporal de Scleractinia, Gorgonacea, Gastropoda, Bivalvia, Cephalopoda, Asteroidea, Echinoidea y Holothuroidea, de fondos someros de la isla San José, Golfo de California. *Revista de Biología Tropical*, 56: 1189-1199.
- Holguín-Quñones, O., H. Wright L. y F. Solís-Marín (2000) Asteroidea, Echinoidea y Holothuroidea en fondos someros de la Bahía de Loreto, Baja California Sur, México. *Revista de Biología Tropical*, 48 (4): 749-757.
- Holguín-Quñones, O.E., F.J. González M., F. Solís-Marín y E.F. Feliz P. (2008) Variación espacio-temporal de Scleractinia, Gorgonacea, Gastropoda, Bivalvia, Cephalopoda, Asteroidea, Echinoidea y Holothuroidea, de fondos someros de la isla San José, Golfo de California. *Revista de Biología Tropical*, 56(3): 1189-1199.
- Honey-Escandón, M., F.A. Solís-Marín, y A. Laguarda-Figueras (2008) Equinodermos (Echinodermata) del Pacífico Mexicano. *Revista de Biología Tropical*, 56(3): 57-73.
- Ibarra, A.A. y G.R. Soberón (2002) Economic reasons, ecological actions and social consequences in the Mexican sea cucumber fishery. *Beche-de-mer Information Bulletin*, 17:33-36.
- Landa-Jaime, V. y F. Arciniega (1998) Macromoluscos bentónicos de fondos blandos de la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. *Ciencias Marinas*, 24: 155-167.
- López-Uriarte, E., E. Ríos-Jara, C. M. Galván-Villa, E. Juárez-Carrillo, I. Enciso-Padilla, E.G. Robles-Jarero y M. Pérez-Peña (2009) Macroinvertebrados bénticos del litoral somero de Punta La Rosada, Bahía Chamela, Jalisco. *Scientia-CUCBA*, 11(1-2):57- 68.
- Luckhurst, B.E. y K. Luckhurst (1978) Analysis of the influence of substrate variables on coral reef fish communities. *Marine Biology*, 49: 317-323.
- Magurran, A. (2010) Biological diversity: frontiers in measurement and assessment. Brian J. McGill
- Maluf, L. Y. (1988) Composition and distribution of central Eastern pacific Echinoderms. Department of ecology and evolutionary biology. University of Arizona, pp. 242.
- Martins, G. M., R. F. Patarra, A. Nuño V., A.C Prestes y A. I. Neto (2013) Effects of coastal orientation and depth on the distribution of subtidal benthic assemblages. *Marine Ecology*, 34: 289-297.
- Medina-González, R. C. Zetina M., M. Comas B. y R. Pat C. (2004) Concentración de Cd, Cr, Cu y Pb en sedimentos y en tres especies de pepino de mar (clase *holothuroidea*) de las costas del Estado de Yucatán, México. *Ingeniería*, 8-2: 7-19.
- Navarro, P. G., S. García-Sanz y F. Tuya (2013) Patrones de abundancia y talla de *Holothuria sanctori*, *Holothuria mammata* y *Holothuria arguinensis*

- (Echinodermata: Holothuroidea) en la isla de Gran Canaria, Atlántico oriental. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 48(2): 273-284.
- Nepote, A. C. (1998) Holothurias (Echinodermata: Holothuroidea) de las Islas Marietas, Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit, México. Tesis de licenciatura. Universidad de Guadalajara.
- Nuño-Hermosillo, A. (2003) Ecología poblacional, Ciclo Reproductivo e Historia de la Pesquería del Pepino de Mar *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (Echinodermata: Holothuroidea) en Bahía Chamela, Jalisco, México. *Tesis de Posgrado*. Universidad de Guadalajara.
- Pawson, D. L., & Barraclough-Fell, H. (1965) *A revised classification of the dendrochirote holothurians*.
- Pawson, D., D. J. Pawson and R. A. King (2010) A taxonomic guide to the Echinodermata of the South Atlantic Bight, USA: 1. Sea cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea). *Zootaxa*, 2449: 1-48.
- Penagos-García, F., Lam-Gordillo, O., Rivera-Velázquez, G. Tapia-García, M- y Juárez-Hernández (2012) Equinodermos (Equinodermata) de la línea de costa y de la Plataforma continental de la Región Soconusco, Chiapas, México. *Lacandonia*, 6: 56-63.
- Pool-Gómez, J.E., M. Adrian, C. Kú; W. Alberto (2008) Uso del pepino de mar como una alternativa en la alimentación de pollos en la etapa de iniciación. *V Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica XVI Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica VI Jornadas Científicas de Biomedicina y Biotecnología Molecular*.
- Purcell, S.W. (2010) Manejo de las pesquerías de pepino de mar con un enfoque ecosistémico. Editado/compilado por Lovatelli, A.; M. Vasconcellos y Y. Yimin. *FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura*. No. 520. Roma, FAO, pp.169
- Quintal, R., L. C. Burgos S. y J. Lagunés V. (2013) El pepino de mar en Yucatán: Una pesca alternativa en desarrollo. *Bioagrocencias*, 6 (2): 39-47.
- Raven, P.H. y G.B. Johnson (1986) *Biology*. Times Mirror/Mosby College Publishing. St. Louis, MO, pp. 939-943.
- Reichenbach, N. (1999) Ecology and fishery biology of *Holothuria fuscogilva* (Echinodermata: Holothuroidea) in the Maldives, Indian ocean. *Bulletin of Marine Science*, 64: 103–113.
- Reyes-Bonilla, H., Herrero-Pérezrul, M.D., González-Romero, S., González-Peralta, A. y Y. Ramírez-Hernández (2003) Abundance of Brown sea cucumber *Isostichopus fuscus* at the National Park Bahía de Loreto, México. *Revista de Biología Tropical*, 56: 265-271.
- Ríos-Jara, E. C.M. Galván-Villa y F. A. Solís-Marín (2008) Equinodermos del Parque Nacional Isla Isabel, Nayarit, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79: 131-141.
- Ríos-Jara, E., C. M. Galván-Villa, F. A. Rodríguez-Zaragoza, E. López-Uriarte, D. Bastida-Izaguirre y F.A. Solís-Marín (2013) Los equinodermos (Echinodermata) de bahía Chamela, Jalisco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84: 263-279.

- Rodríguez-Gil, L. A. (2007) El pepino de mar como un recurso potencial de la costa del Estado de Yucatán, México. *Gulf and Caribbean Fisheries Institute: 59*, pp. 255-262
- Rodríguez-Gil, L. A., C.F. Reyes S., R. Alpizar C. y J. Tello C. (2007) Population and biomass estimate for new fishing limit assignation in fishing cooperative, through the Yucatan state coast. *Gulf and Caribbean Fisheries Institute: 60*, pp. 547-553.
- Rodríguez-Troncoso, A.P., R.C. Sotelo-Casas, C.M. Galván-Villa, E. Godínez-Domínguez, J.R. Flores-Ortega, K.M. del Castillo-Fernández, A. Corgos Lopez-Prado, F.A. Solís-Marín (2013) Equinodermos de la costa sur de Jalisco y Colima. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad e Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, 177 p.
- Rowe, F.W.E. (1969) A review of the family Holothuriidae (Holothuroidea: Aspidochirotrida). *Bulletin of the British Museum of Natural History, Zoology, 18(4): 119-170.*
- Salgado-Rogel, M. L., J. S. Palleiro-Nayar. J.L. Rivera-Ulloa, D. Aguilar-Montero, E. Vázquez-Solorzano y M. C. Jiménez-Quiroz (2009) La pesquería y propuestas de manejo del pepino de mar *Parastichopus parvimensis* en Baja California, México. *Ciencia Pesquera, 17(1): 17-26.*
- Shiell, G. (2004) Field observations of juvenile sea cucumbers. *SPC Beche-de-mer Information Bulletin #20*, pp. 6-11.
- Solís-Marín, F. A., A. Laguarda-Figueras, A. y M. Honey-Escandón (2013) Biodiversidad de equinodermos (Echinodermata) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad, 85: 441-449.*
- Solís-Marín, F. A., H. Reyes-Bonilla, M.D. Herrero-Pérezrul, O. Arizpe-Covarrubias y A. Laguarda-Figueras (1997) Sistemática y distribución de los equinodermos de la Bahía de la Paz. *Ciencias Marinas, 23(2): 249-263.*
- 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. Eds. Instituto de ciencias del mar y Limnología, pp. 177.
- Solís-Marín, F., Laguarda-Figueras, A., Durán-González, A. Gust-Aheam, C. y J. Torres-Vega (2005) Equinodermos (Echinodermata) del Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical, 53: 123-137.*
- Solís-Marín, F.A. (1997) Catálogo de los equinodermos recientes de México. UNAM.
- Toral-Granda, V. (2008a) Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in Central and South America. *In: Toral-Granda V., Lovatelli A., Vasconcellos M. (eds) Sea cucumbers: a global review on fisheries and trade. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 516. Roma, FAO. pp. 213–229.*
- Uthicke, S. (1999) Sediment bioturbation and impact of feeding activity of *Holothuria* (*Halodeima*) atra and *Stichopus chloronotus*, two sediment feeding holothurians, at Lizard Island, Great Barrier Reef. *Bulletin of Marine Science, 64(1): 129-141.*

- Uthicke, S. (2001) Interactions between sediment-feeders and microalgae on coral reefs: grazing losses versus production enhancement. *Marine Ecology Progress Series*, 210: 125-138.
- Uthicke, S. (2004) Overfishing of holothurians: lessons from the Great Barrier Reef Advances in sea cucumber aquaculture and management. *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 463: 163–171.
- Vaghela, A. (2010) Spatial and temporal variations in population dynamics of few key rocky intertidal macrofauna at anthropogenically influenced intertidal shoreline. Thesis PhD, Shastra University.
- Wishwas-Rao, M. and T.T. Ajith-Kumar (2014) Studies on the diversity and shallow waters of echinoderms from Port Blair Bay, South Andaman Island, India. *Journal of Marine Biology and Oceanography*, 3:2.
- Zamorano, P. y G.E. Leyte (2005) Cambios en la diversidad de equinodermos asociados al arrecife coralino en La Entrega, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*, IX (27): 19-28.
- Zamorano, P. y G.E. Leyte (2009) Equinodermos asociados a formaciones arrecifales en Zihuatanejo y Acapulco, Guerrero, México. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 38(2): 7-28.
- Zar, J.H.(2010) Biostatistical Analysis. *5th Edition*. Pearson Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ. 944 pp.

## Anexo 1. Guía ilustrada de holoturoideos de Bahía de Navidad, Jalisco.

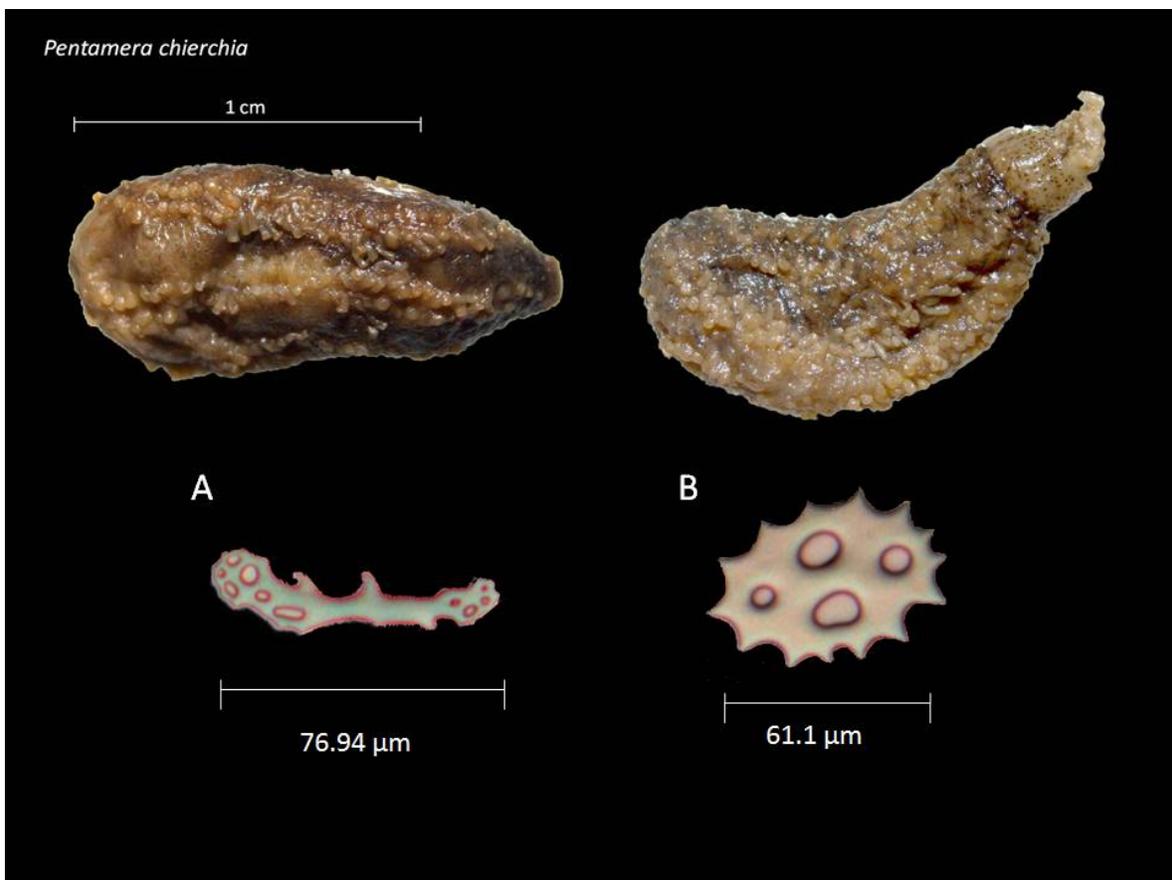
### *Pentamera chierchia* (Ludwig, 1887)

**Diagnosis:** Organismos de cuerpo curvado, 30-40 mm de longitud; numerosos pies ambulacrales distribuidos en 5 bandas dobles, bien diferenciadas (Solís-Marín, 2009). Piel delgada y blanda. Las espículas no son muy abundantes, algunos organismos pueden carecer completamente de estas (Deichmann, 1941).

**Distribución geográfica:** De Baja California a Ecuador e Islas Galápagos (Solís-Marín, 2009).

**Distribución batimétrica:** 0-40 m (Solís-Marín, 2009).

**Sitio de colecta de la especie:** 1R y 2R



**Figura 1.** *Pentamera chierchia*. Ejemplar preservado; 1. Vista ventral, pies ambulacrales; 2. Vista lateral; A. Tabla de la pared del cuerpo; B. Placa de soporte de los pies ambulacrales.

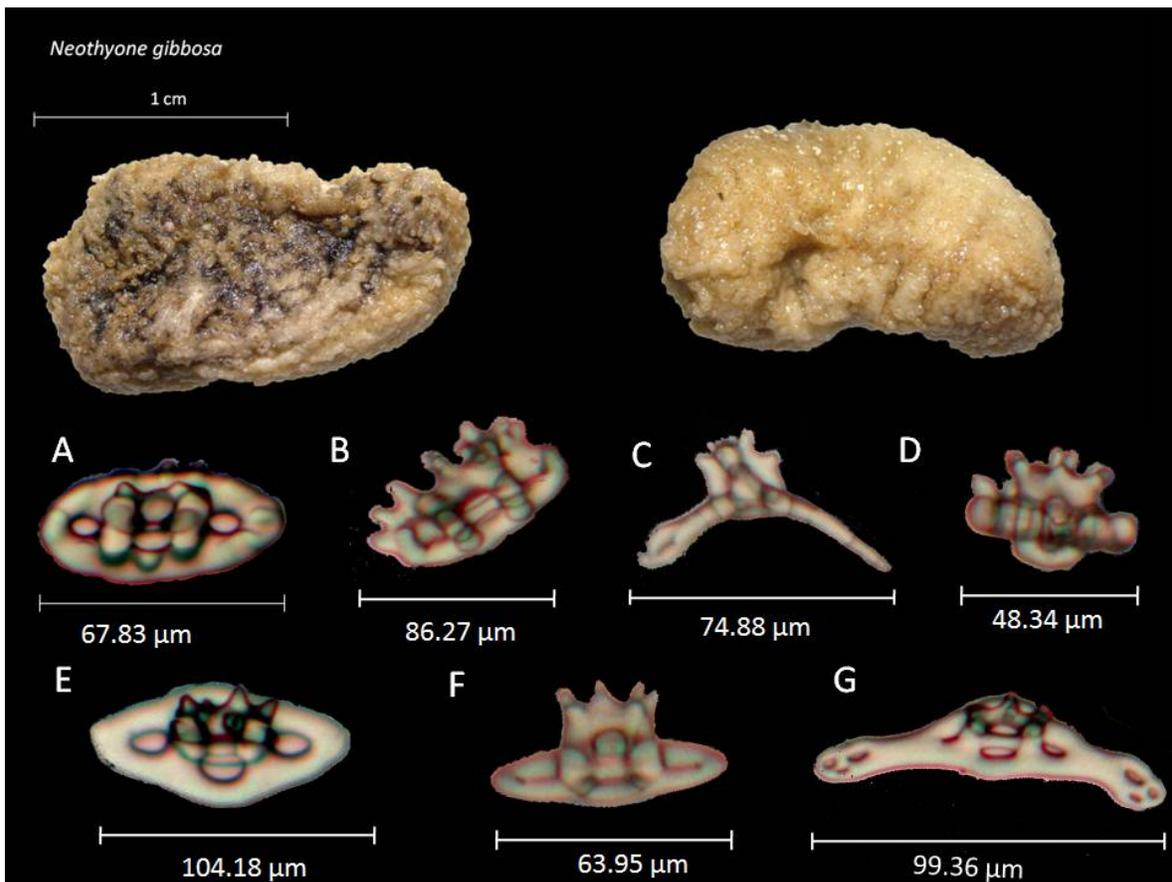
## *Neothyone gibbosa* Deichmann, 1941

**Diagnosis:** Organismos de 10 a 100 mm de longitud, piel delgada, rígida y áspera, por la gran cantidad de espículas. Pies ambulacrales pequeños dispersos por todo el cuerpo, más abundantes en ambulacros (Solís-Marín, 2009).

**Distribución geográfica:** Golfo de California a Mazatlán, México (Deichmann, 1941); Costa Rica y Perú. Ecuador y El Salvador (Solís-Marín, 2009).

**Distribución batimétrica:** 0-50 m (Solís-Marín, 2009).

**Sitio de colecta de la especie:** 1R y 2R

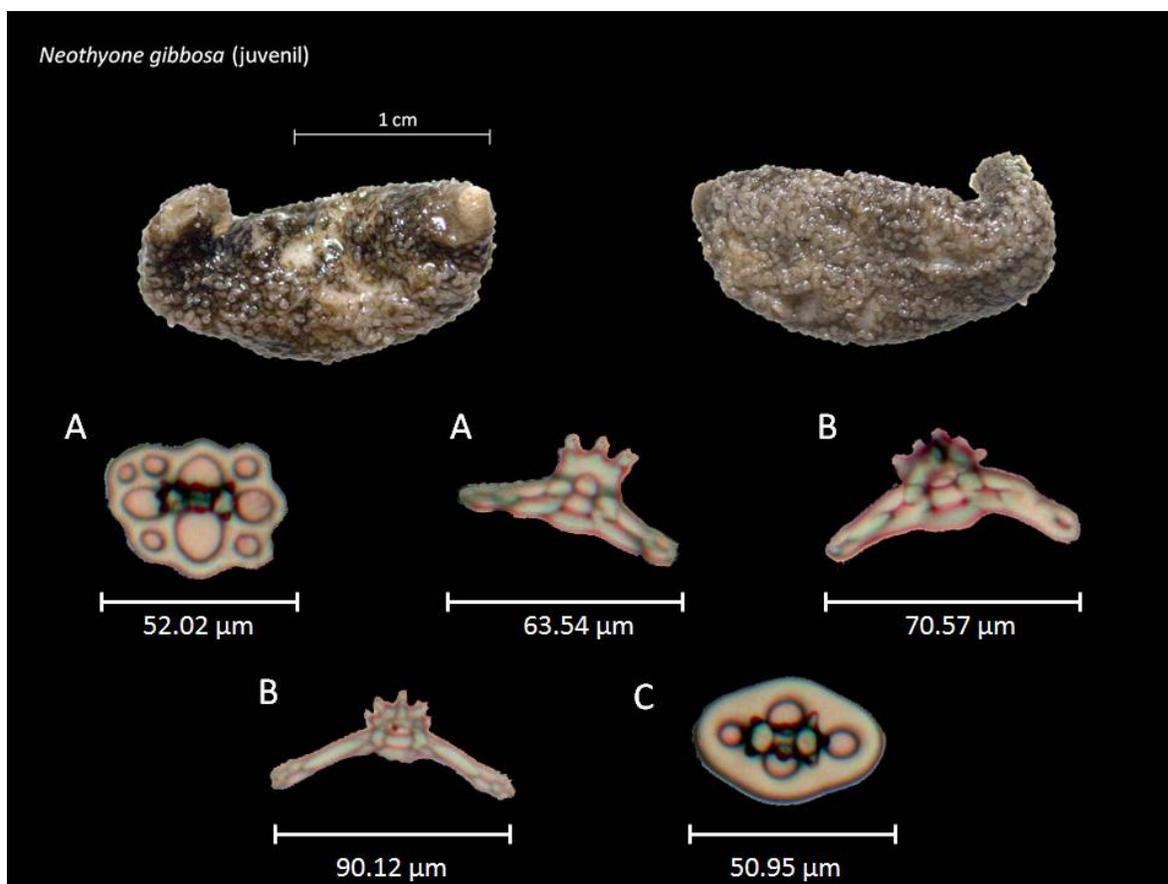


**Figura 2.** *Neothyone gibbosa*. Ejemplar preservado; Vista dorsal y vista ventral, pies ambulacrales; A. Botón abollonado de los pies ambulacrales; B. Canasta de los pies ambulacrales; C. Tabla de soporte de los pies ambulacrales D. Vista lateral de una tabla de soporte abollonada de los pies ambulacrales; E. Tabla de soporte lisa de los pies ambulacrales; F. Vista lateral de una tabla de soporte lisa de los pies ambulacrales; G. Tabla de soporte la zona bucal.

*Neothyone gibbosa* Deichmann, 1941  
(Juvenil)

**Diagnosis:** organismos de cuerpo elongado, de 10 a 30 mm, piel suave, color oscuro y blancuzco, pies ambulacrales irregulares y esparcidos por todo el cuerpo.

**Sitio de colecta de la especie:** 1R y 2R



**Figura 3.** *Neothyone gibbosa* (juvenil). Ejemplar preservado; Vista dorsal y vista ventral, pies ambulacrales; A. Vista superior y lateral de tablas de pared del cuerpo. B. Tablas de soporte de los pies ambulacrales; C. Vista superior de un botón liso de la pared del cuerpo (muy abundantes).

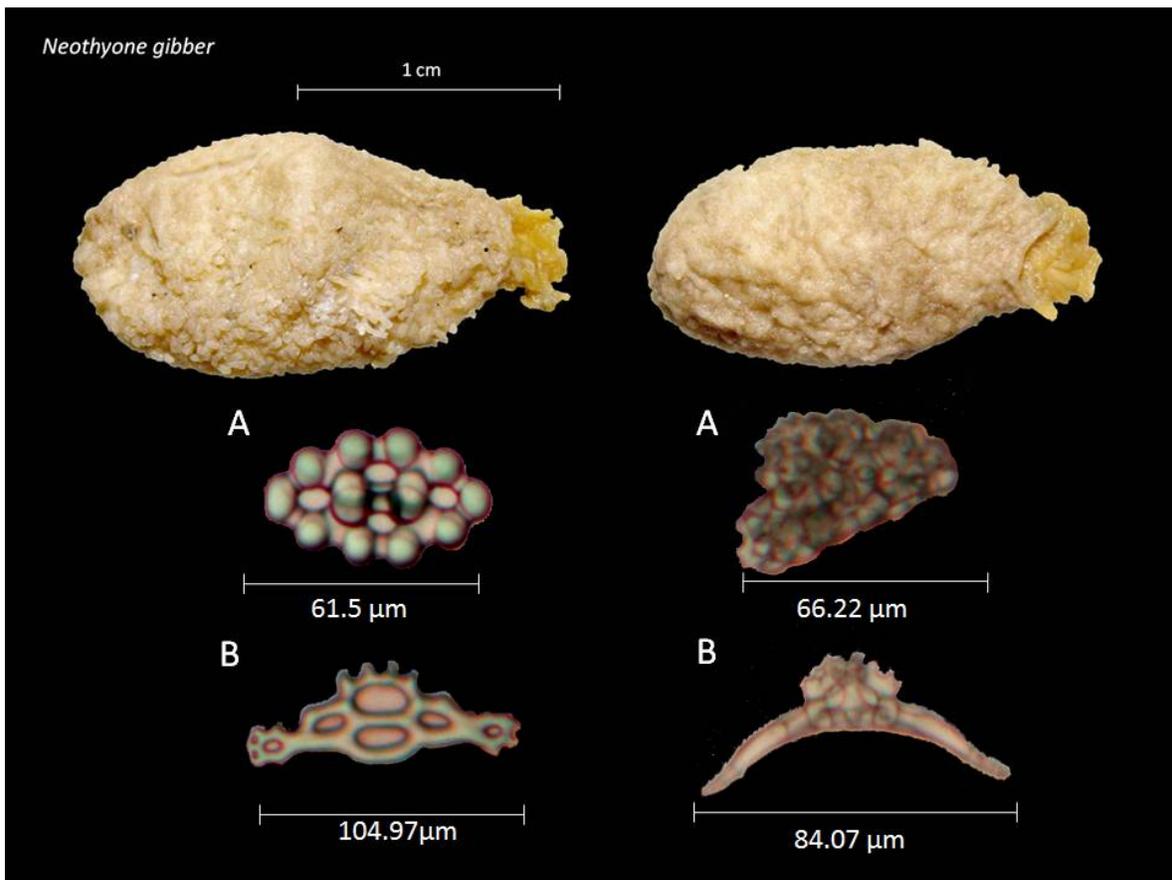
## *Neothyone gibber* (Selenka, 1867)

**Diagnosis:** Ejemplares de tallas que van desde los 15 hasta los 80 mm. Cuerpos con los extremos romos, frecuentemente muy contraídos (Deichmann, 1941). Pies ambulacrales más abundantes en los extremos del cuerpo (Solís-Marín, 2009).

**Distribución geográfica:** Acapulco, Guerrero, México; Isla Lobos de Afuera, Perú (Solís-Marín, 2009).

**Distribución batimétrica:** 0-50 m (Solís-Marín, 2009).

**Sitio de colecta de la especie:** 1R y 2R



**Figura 4.** *Neothyone gibber*. Ejemplar preservado; Vista lateral y vista ventral, pies ambulacrales; A. Botones abollonados de la pared del cuerpo. B. Tablas de soporte de los pies ambulacrales.

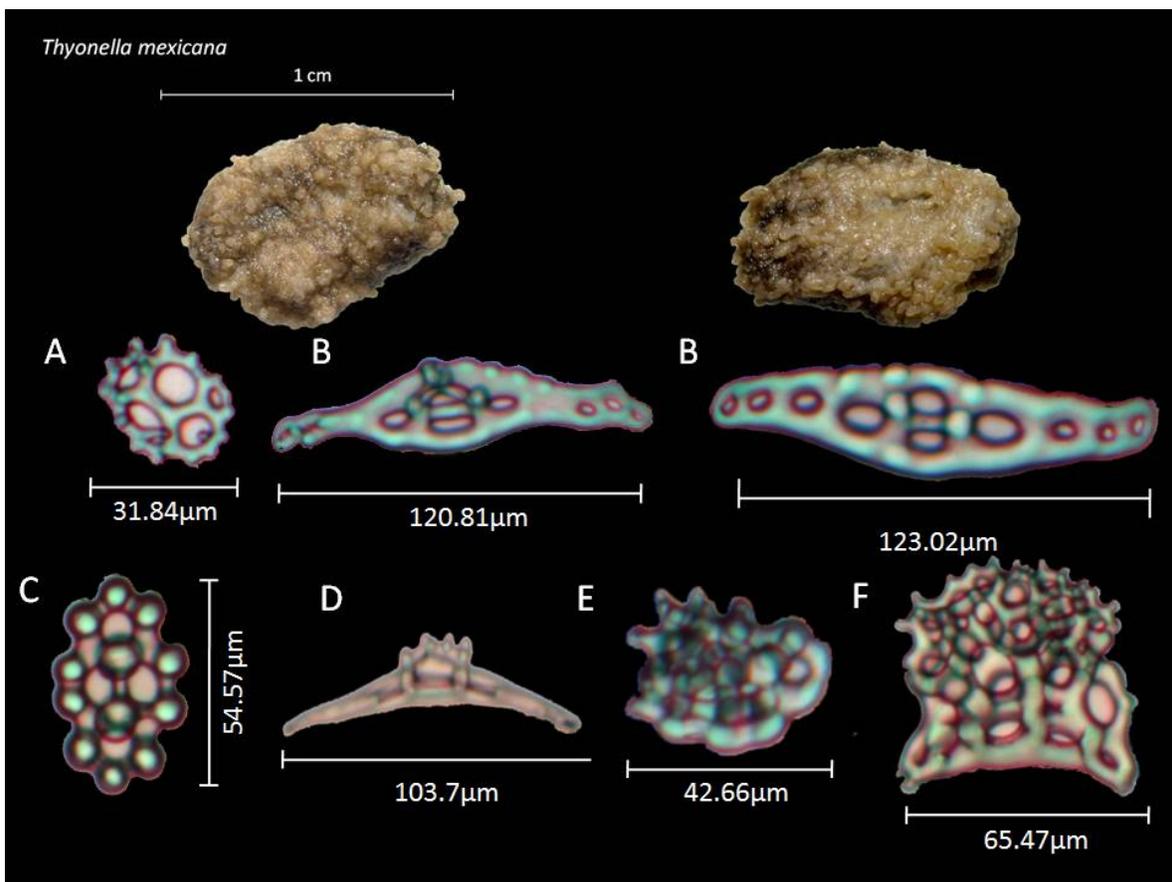
## *Thyonella mexicana* (Deichmann, 1941)

**Diagnosis** (modificada de Solís-Marín, 2009): Organismos de cuerpo globoso, piel gruesa, rígida y áspera por la alta cantidad de espículas. Gran número de pies ambulacrales papiliformes cónicos. El tamaño del cuerpo oscila entre los 10 hasta los 150 mm.

**Distribución geográfica:** Golfo de California, México hasta Panamá (Deichmann, 1941).

**Distribución batimétrica:** 10-35 m (Solís-Marín, 2009).

**Sitio de colecta de la especie:** 1R y 2R



**Figura 5.** *Thyonella mexicana*. Ejemplar preservado; Vista superior y vista inferior pies ambulacrales; A. Canasta de la pared del cuerpo; B. Tabla de soporte de pies ambulacrales; C. Botón abollonado de la pared del cuerpo; D. Tabla de soporte de la pared del cuerpo; E. Tabla de la pared del cuerpo; F. Placa de la boca.

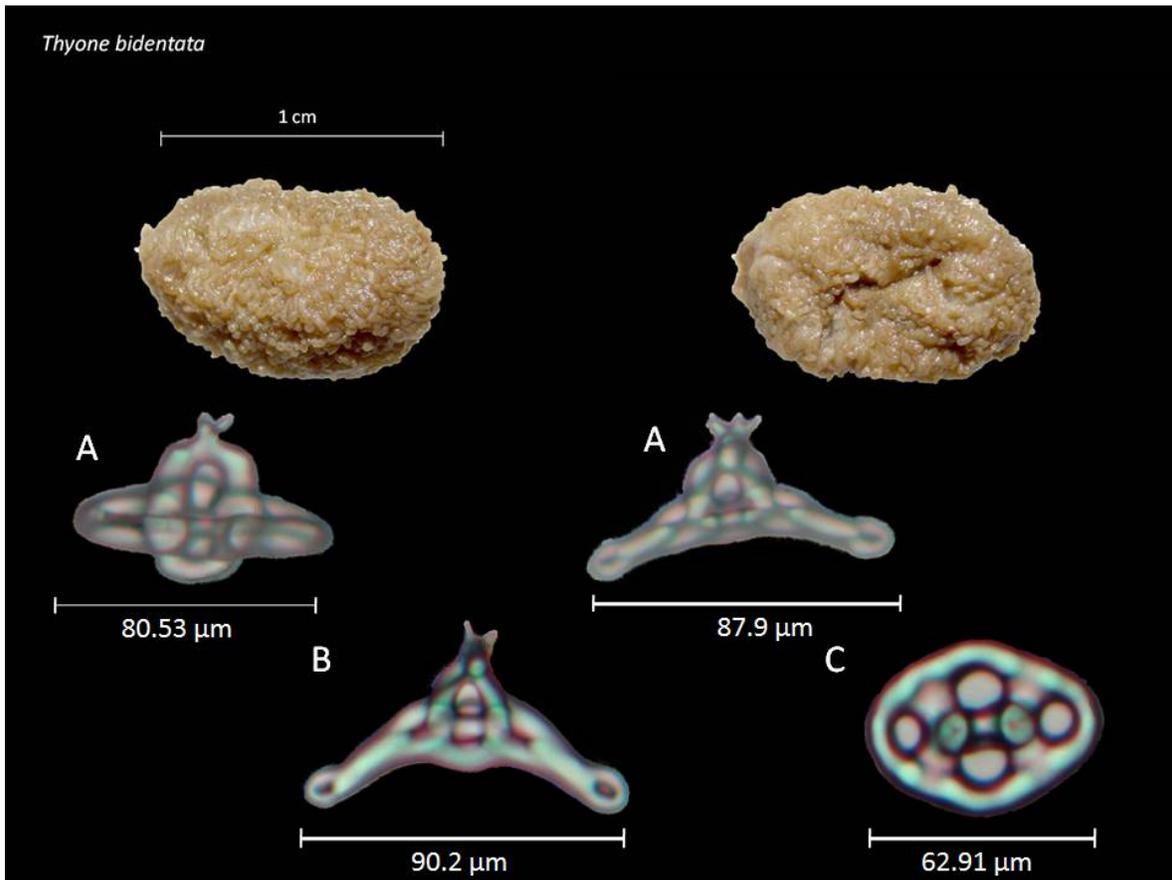
## *Thyonella bidentata* Deichmann, 1941

**Diagnosis:** Cuerpo semicurvo, de tamaño pequeño, 10 a 25 mm de longitud. Pies ambulacrales delicados, generalmente en bandas indistintas tanto en ambulacros como en interambulacros (Solís-Marín, 2009).

**Distribución geográfica:** de Baja California, Sur, Golfo de California a Colombia (Solís-Marín, 2009).

**Distribución batimétrica:** 12-30 m (Deichmann, 1941).

**Sitio de colecta de la especie:** 2R.



**Figura 6.** *Thyonella bidentata* Deichmann, 1941. Lámina 11, ejemplar preservado; Vista superior y vista inferior pies ambulacrales; Lámina 12, espículas; A. Vista lateral de una tabla de la pared del cuerpo; B. Vista superior de una tabla de la boca; C. Vista lateral de tabla de soporte de los pies ambulacrales.

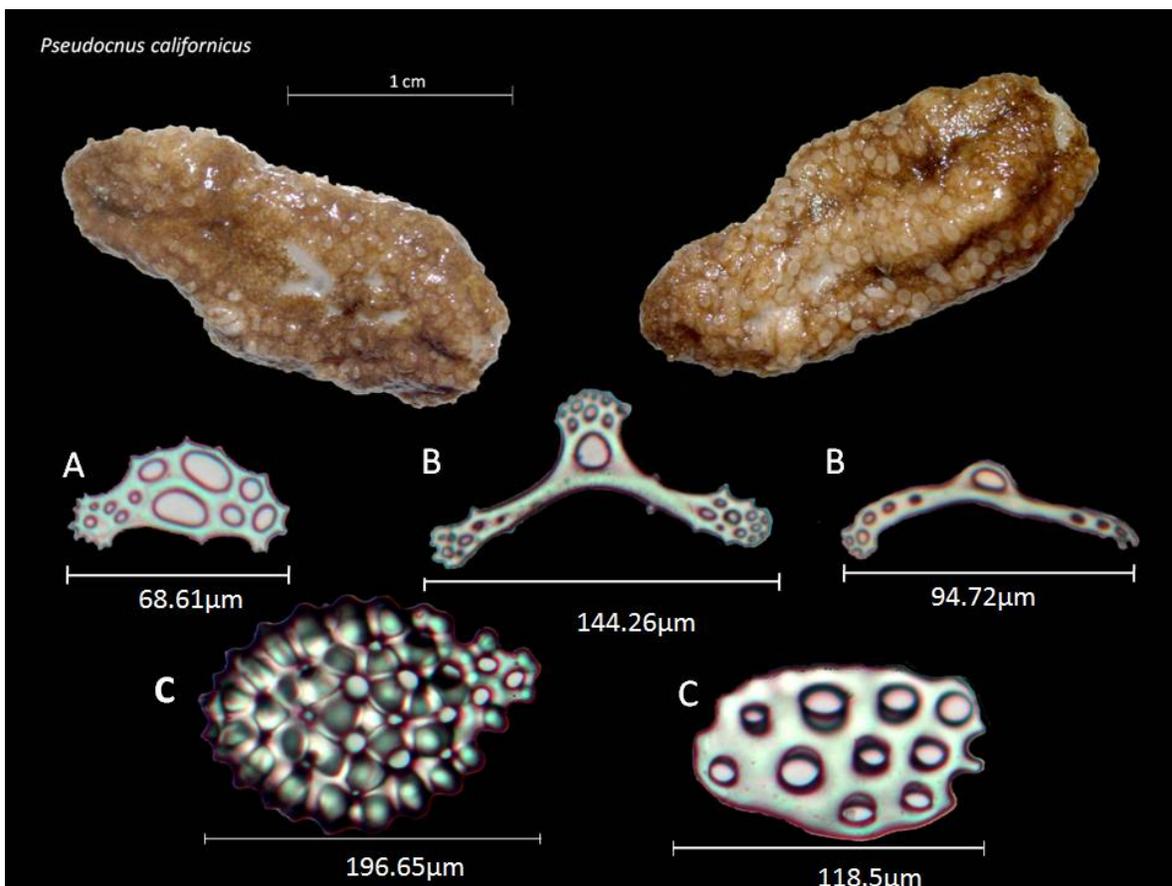
## *Pseudocnus californicus* (Semper, 1868)

**Diagnosis:** Organismos de 15 a 80 mm, de piel suave (Deichmann, 1941). Pies ambulacrales grandes y anchos, distribuidos en hileras dobles en los ambulacros (Solís-Marín, 2009).

**Distribución geográfica:** Costa oeste de México; Golfo de California; Centroamérica y posiblemente hasta Perú (Deichmann, 1941). Alaska, Estados Unidos, México, Panamá, Islas Galápagos, Ecuador (Solís-Marín, 2009).

**Distribución batimétrica:** 0-717 m.

**Sitio de colecta de la especie:** 2R



**Figura 7.** *Pseudocnus californicus*. Ejemplar preservado. Vista superior y vista inferior pies ambulacrales; A. Placa perforada de la pared del cuerpo; B. Tablas de soporte de los pies ambulacrales; C. Placas abollonadas y perforadas de la pared del cuerpo.

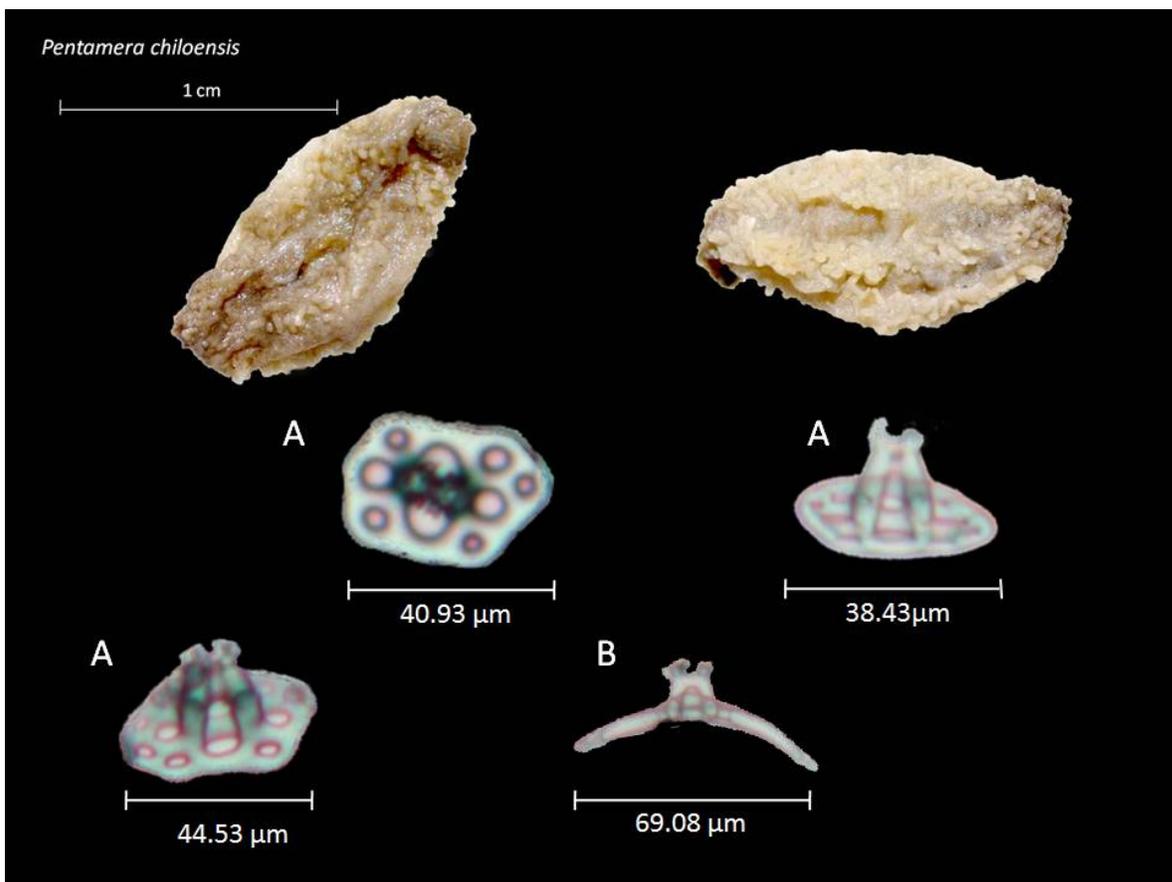
## *Pentamera chiloensis* (Ludwig, 1887)

**Diagnosis:** Cuerpo en forma de huso con los extremos truncados, tamaño pequeño (11 mm de longitud). Piel delgada, blanda y rugosa. Pies ambulacrales grandes, formando hileras dobles en los ambulacros, al parecer los interambulacros carecen de pies ambulacrales.

**Distribución geográfica:** Golfo de California, México, Chile y Argentina (Solís-Marín, 2009).

**Distribución batimétrica:** 6-124 m (Solís-Marín, 1941).

**Sitio de colecta de la especie:** 1R y 2R



**Figura 8.** *Pentamera chiloensis*. Ejemplar preservado. Vista superior y vista inferior pies ambulacrales. A. Vista superior y lateral de una tabla de pared del cuerpo; B. Tabla de soporte de pies ambulacrales.

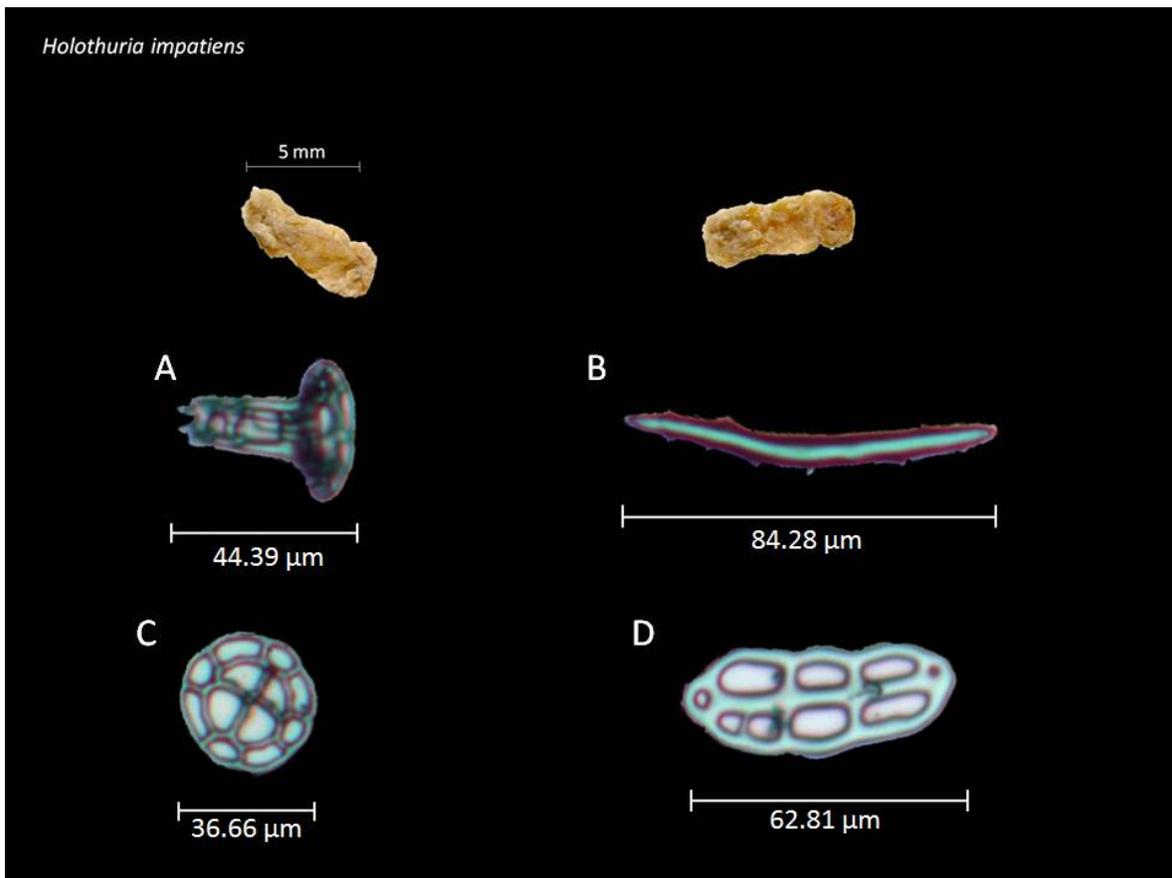
## *Holothuria (Thymiosycia) impatiens* (Forskål, 1775)

**Diagnosis:** Forma del cuerpo delgada subcilíndrica, de 5 a 100 mm; el extremo anterior delgado y alargado, extremo posterior ancho. Piel delgada, áspera al tacto por la cantidad de espículas. Pies ambulacrales de la superficie ventral cilíndricos, largos; los de la superficie dorsal se distribuyen en bandas irregulares (Solís-Marín, 2009).

**Distribución geográfica:** Atlántico Occidental; Antillas; Florida; Tortugas; Bahamas; Veracruz, Méx.; Belice; Panamá; Colombia y Venezuela. Ecuador, Colombia, Polinesia Francesa, Islas Vírgenes, Puerto Rico, Antigua, Barbados, Cuba, Jamaica, Hawaii, Australia, Guam, Indonesia, Kiribati, Fiji, Micronesia, Singapur, Japón, Kenya, Islas Maldivas, Egipto, Sri Lanka (Solís-Marín, 2009).

**Distribución batimétrica:** 0-67 m (Solís-Marín, 2009).

**Sitio de colecta de la especie:** 1R y 2R



**Figura 10.** *Holothuria (Thymiosycia) impatiens*. Ejemplar preservado. Vista dorsal y vista lateral; A. vista lateral de una tabla de la boca; B. Barrote de los pies ambulacrales; C. Vista superior de una tabla de pared del cuerpo; D. Botón de la pared del cuerpo.

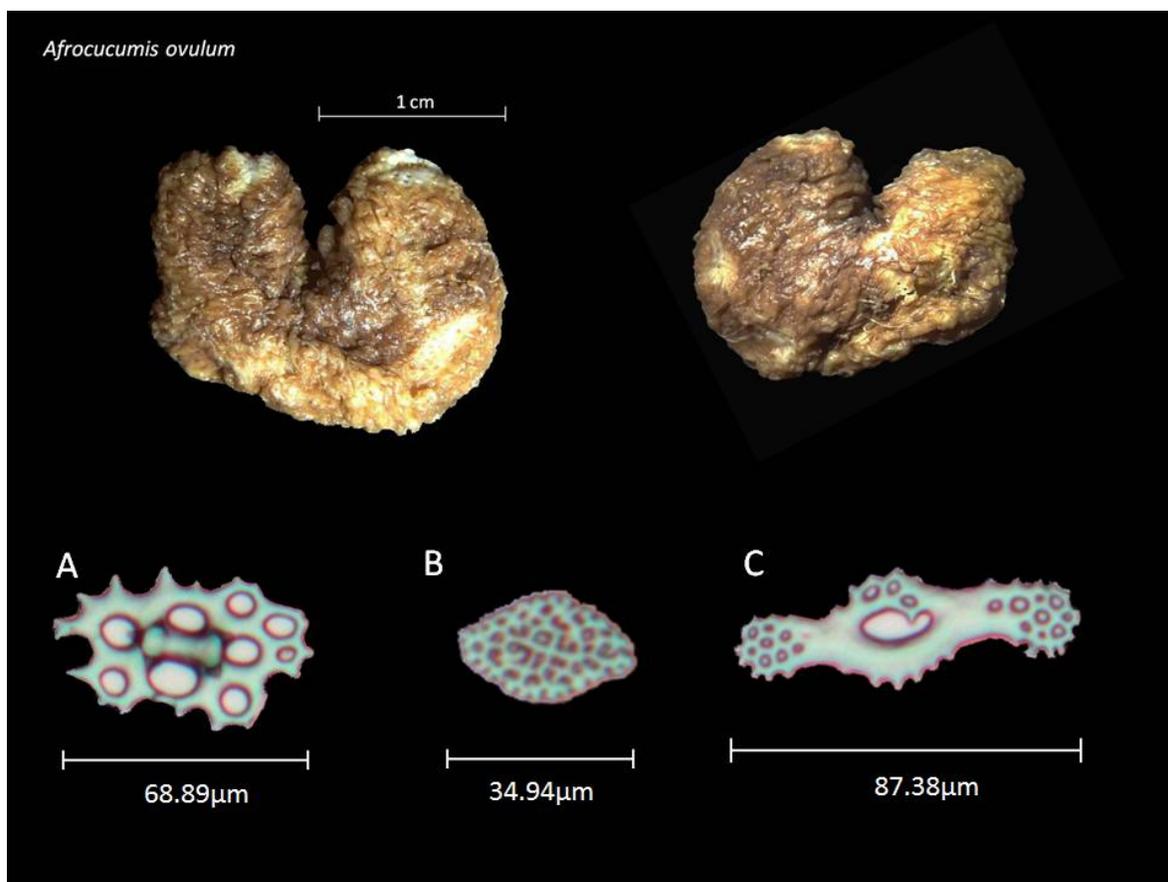
## *Afrocucumis ovulum* (Selenka, 1867)

**Diagnosis:** Organismos de 20 a 100 mm de longitud total, forma de cuerpo elongada; piel delgada y rígida. Pies ambulacrales numerosos y de textura suave al igual que la piel que es gruesa (Solís-Marín, 2009).

**Distribución geográfica:** De Baja California hasta Perú (Deichmann, 1941).

**Distribución batimétrica:** Intermareal, de 0-10 m (Solís-Marín, 2009).

**Sitio de colecta de la especie:** 1R y 2R



**Figura 11.** *Afrocucumis ovulum*. Ejemplar preservado. Vista lateral y vista lateral con pies ambulacrales. A. Tabla perforada irregular de la pared del cuerpo; B. Placa perforada con bordes ondulados de los pies ambulacrales; C. Barrote perforado de la boca.

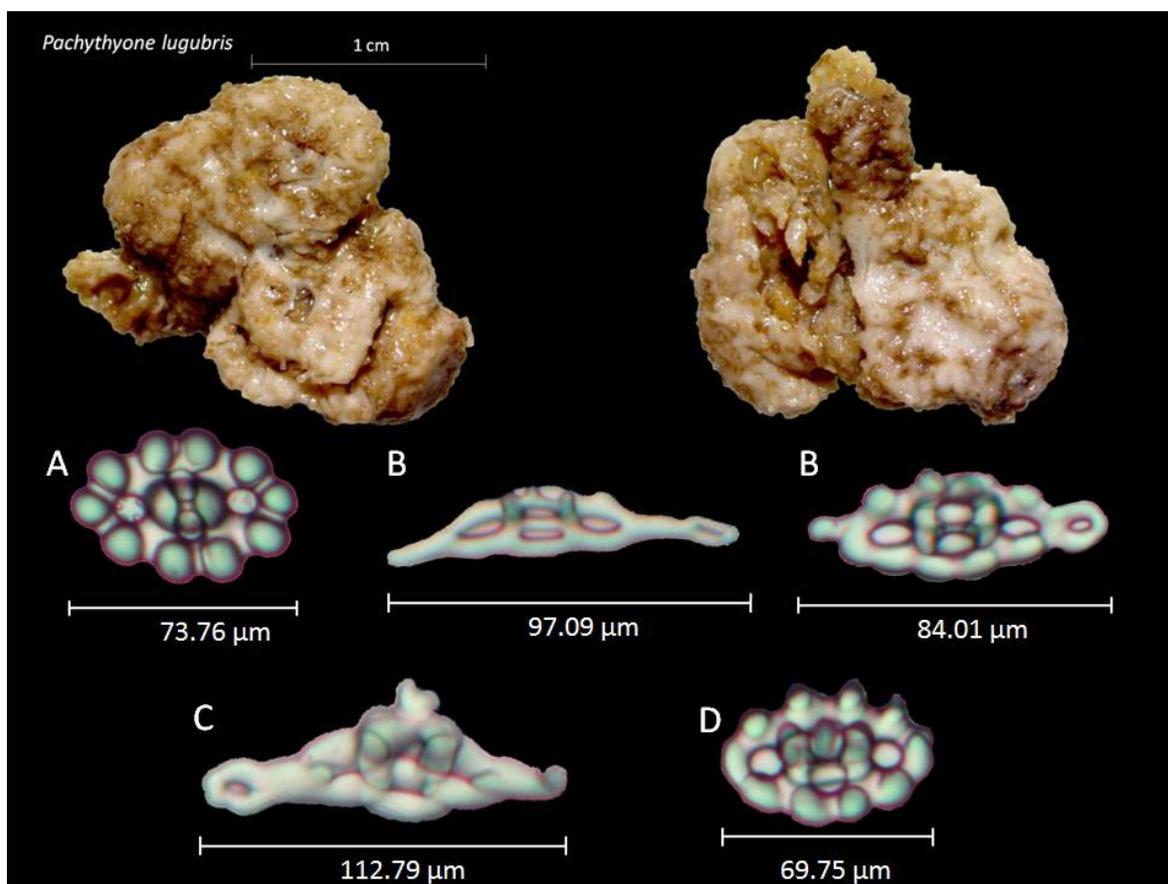
## *Pachythyone lugubris* (Deichmann, 1939)

**Diagnosis:** (modificado de Solís-Marín, 2009): tallas de 20 a 105 mm, cuerpo con numerosos pies ambulacrales dispuestos en los ambulacros; en la superficie dorsal y en los extremos del cuerpo, los pies ambulacrales son papiliformes, presentan mayor abundancia en la superficie ventral.

**Distribución geográfica:** Entre Bahía Magdalena e "Isla Cerros, costa oeste de Baja California, México (Solís-Marín, 2009).

**Distribución batimétrica:** 10-40 m (Deichmann, 1941).

**Sitio de colecta de la especie:** 1R y 2R



**Figura 12.** *Pachythyone lugubris*. Ejemplar preservado. Vista inferior pies ambulacrales y vista lateral; A. Botón abollonado de la pared del cuerpo; B. Tablas de soporte de los pies ambulacrales; C. Tabla de soporte de la pared del cuerpo; D. Vista lateral de una tabla de soporte de la boca.

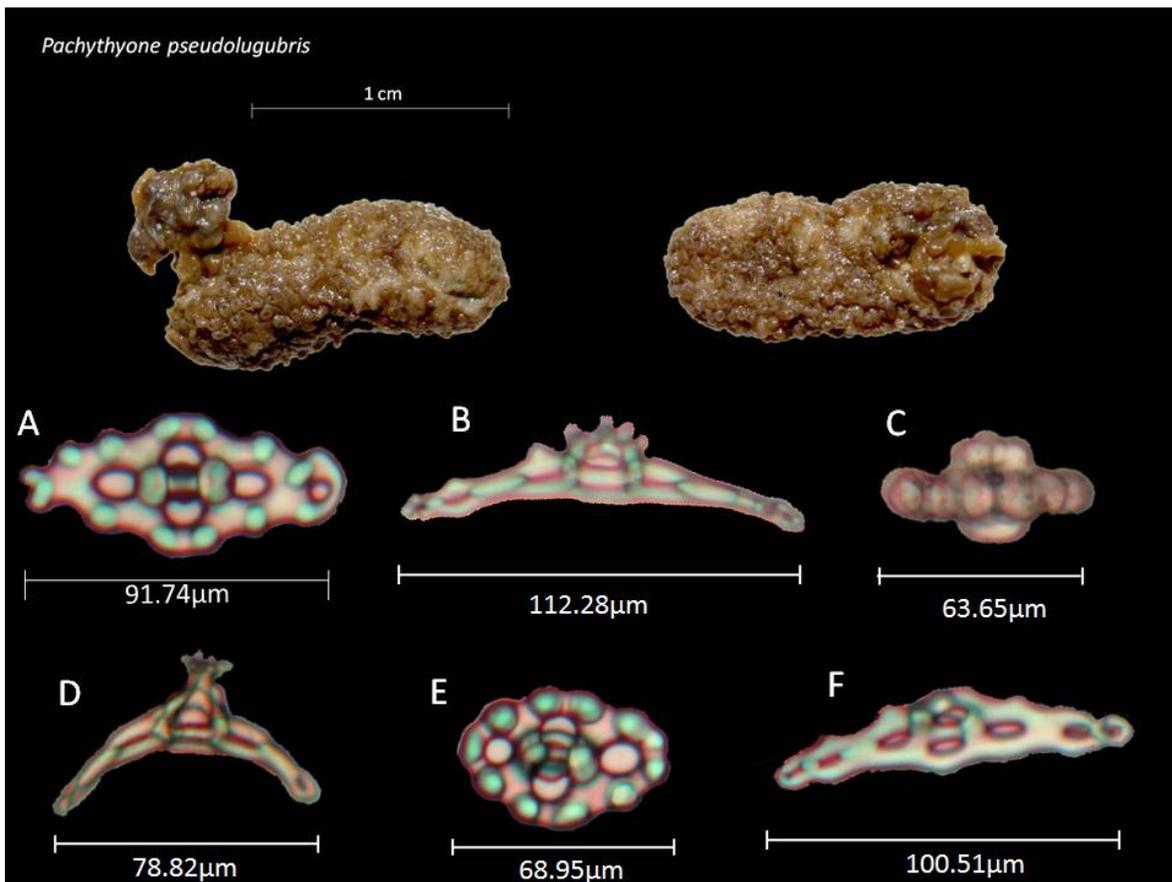
## *Pachythyone pseudolugubris* (Deichmann, 1941)

**Diagnosis:** Tallas medianas, 15 a 50 mm, cuerpo ligeramente curvado, esta especie es parecida a *P. lugubris*, pero la diferencia fundamental para distinguirlas se encuentra en las espículas de la pared del cuerpo (Solís-Marín, 2009).

**Distribución geográfica:** Golfo de California, México; islas Galápagos (Deichmann, 1941).

**Distribución batimétrica:** 6-25 m (Deichmann, 1941).

**Sitio de colecta de la especie:** 1R y 2R



**Figura 13.** *Pachythyone pseudolugubris*. Ejemplar preservado. Vista lateral y vista inferior pies ambulacrales; A. Vista superior de una tabla de soporte de los pies ambulacrales; B. Vista lateral de una tabla de soporte de los pies ambulacrales; C. Vista lateral de un botón abollonado de la pared del cuerpo; D. Tabla de soporte de la boca; E. Botón abollonado de los pies ambulacrales; F. Tabla de soporte de los pies ambulacrales.

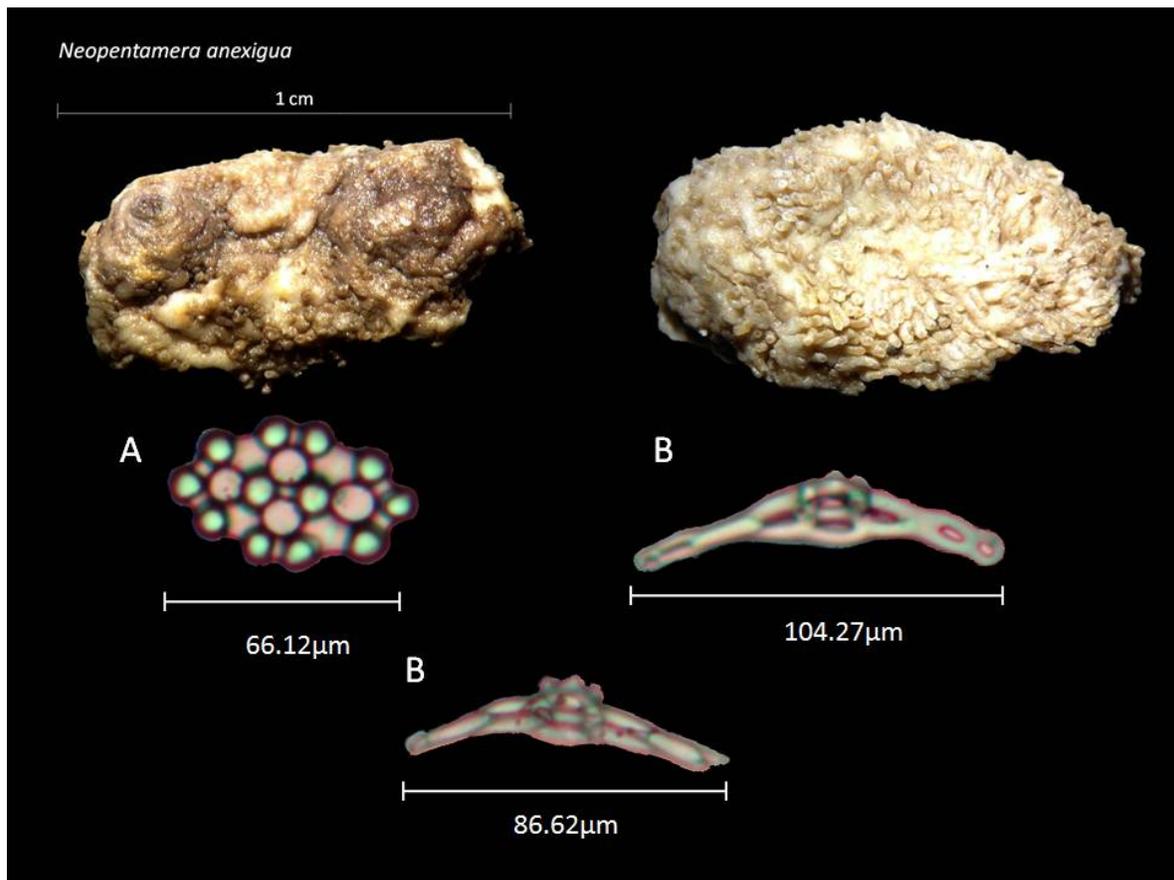
## *Neopentamera anexigua* (Deichmann, 1941)

**Diagnosis:** Organismos de tallas pequeñas, entre 5 y 20 mm; cuerpo ligeramente curvado. Pies ambulacrales ventrales distribuidos irregularmente, un poco más grandes que los de la superficie dorsal.

**Distribución geográfica:** Baja California (Deichmann, 1941) y Guerrero, México; Ecuador (Solís-Marín, 2009).

**Distribución batimétrica:** 8-12 m (Solís-Marín, 2009).

**Sitio de colecta de la especie:** 1R y 2R



**Figura 14.** *Neopentamera anexigua*. Ejemplar preservado. Vista superior y vista inferior pies ambulacrales; A. Botón abollonado de la pared del cuerpo; B. Tablas de soporte de los pies ambulacrales.