



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS**



**VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DEL  
RECLUTAMIENTO EN MOLLUSCA Y  
ECHINODERMATA EN LA BAHÍA DE LA PAZ, BAJA  
CALIFORNIA SUR, MÉXICO.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN  
MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

**PRESENTA**

**BIOL. ALEJANDRA AGUILLÓN NEGREROS**

**LA PAZ B.C.S. MÉXICO JUNIO 2011**

## Dedicatoria

A mi familia: mi mamá, Dra. Alejandra por sus consejos y su amor, a mi papá Dr. Domingo por su apoyo y cariño y a mi hermanita Lic. Paola por compartir su vida conmigo y siempre estar pendiente de mí.

A mis abuelitas Sra. Celia y Sra. Esperanza por los bonitos recuerdos que dejaron, siempre estarán conmigo.

Y al Biol. Daniel R. por su cariño, amor y compañía en estos años.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis directoras de tesis Dra. M. Dinorah Herrero Pérezrul y Dra. B. Patricia Ceballos Vázquez por su apoyo y guía en mi tesis, gracias por su comprensión, por sus consejos y darme ánimos para concluir este importante fase de mi vida.

A los miembros de mi comisión revisora al M.C Gustavo de la Cruz Agüero, al Dr. David Alfaro Siqueiros Beltrones y Dr. Marcial Arellano Martínez que contribuyeron con sus comentarios y sugerencias en el mejoramiento de este trabajo.

Al Dr. Arturo Tripp Quezada y al B.M. Marco Antonio Medina López por su apoyo en la identificación de las especies de moluscos, al Dr. Francisco A. Solís Marín y miembros de laboratorio del Laboratorio de Sistemática y Ecología de Equinodermos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM por su ayuda en la identificación de las especies de equinodermos y por hacer de mi estancia una gran experiencia.

Al Dr. Silverio López López y a la M.C Sonia Futema Jiménez por su interés en mi trabajo y apoyo en el procesamiento de las muestras biológicas. Al M.C. V. René Magallanes Ordóñez por permitirme trabajar en el Laboratorio de Química.

A los estudiantes de licenciatura de la Universidad del Mar de Oaxaca Carlos Cruz Antonio y Daniel Alberto López López por su apoyo en el laboratorio de Biología de invertebrados durante su estancia de verano científico. Al estudiante de licenciatura Aramis

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas CICIMAR-IPN por haberme brindado la oportunidad de crecer como persona y profesionista al llevar a cabo mis estudios en esta institución. Al Instituto Politécnico Nacional por el financiamiento del presente trabajo y por el apoyo de la beca PIFI a través de los proyectos SIP 20110756, 20100505, 20090970.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT, por permitirme llevar a cabo mis estudios de maestría al otorgarme una beca.

A Daniel por su gran apoyo y comprensión en estos años, a mis compañeros y amigos de la maestría, Saúl, Fernando, Roman, Citlalli, Eliasib, Francisco, Ivonne y Juliana por su apoyo en mis salidas de campo, por el tiempo que dedicaron a ayudarme y darme ánimos, por todos los momentos que compartimos, ha sido una gran experiencia.

## ÍNDICE

	Página
<b>GLOSARIO</b> .....	I
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	III
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	IV
<b>RESUMEN</b> .....	V
<b>ABSTRACT</b> .....	VII
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	4
2.1 RECLUTAMIENTO EN INVERTEBRADOS BENTÓNICOS.....	4
2.1.1 Ambiente planctónico. ....	4
2.1.2 Ambiente bentónico.....	6
2.2 RECLUTAMIENTO DE MOLUSCOS Y EQUINODERMOS.....	8
2.3 RECLUTAMIENTO EN LA BAHÍA DE LA PAZ.....	9
<b>3. HIPÓTESIS</b> .....	12
<b>4. OBJETIVO GENERAL</b> .....	12
4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
<b>5. MATERIALES Y MÉTODO</b> .....	13
<b>5.1 ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	13
5.2 MUESTREO.....	14
5.2.1 Diseño del colector.....	14
5.2.2. Ubicación y colocación de colectores.....	17
5.2.3 Recolecta de organismos.....	18
5.2.4 Variables ambientales.....	18

5.2.5 Estructura de tallas.....	19
5.3 INDICADORES DE LA ESTRUCTURA COMUNITARIA.....	19
5.3.1 Índice de riqueza.....	20
5.3.2 Abundancia relativa.....	20
5.3.3 Índice de valor de importancia.....	21
5.3.4 Diversidad ecológica.....	21
5.3.5 Equidad de Pielou.....	20
5.3 ANÁLISIS MULTIVARIADOS.....	22
5.4 PRUEBAS ESTADÍSTICAS.....	21
<b>6. RESULTADOS.....</b>	<b>23</b>
6.1 PATRÓN GENERAL DE RECLUTAMIENTO.....	23
6.2 RECLUTAMIENTO DEL PHYLUM MOLLUSCA.....	26
6.2.1 Patrón espacio-temporal.....	26
6.3 RECLUTAMIENTO DEL PHYLUM ECHINODERMATA.....	34
6.3.1 Patrón espacio-temporal.....	34
6.4 ANÁLISIS MULTIVARIADOS.....	36
6.4.1 Análisis de similitud.....	36
6.4.2 Análisis de correspondencia canónica.....	34
6.5 ESTRUCTURA DE TALLAS ESPECIES DOMINANTES.....	41
6.5.1 <i>Ostrea conchaphila</i> .....	41
6.5.2 <i>Crucibulum spinosum</i> .....	42
6.5.3 <i>Atrina maura</i> .....	43
6.5.4 <i>Anomia peruviana</i> .....	44
6.6.5 <i>Holothuria (Thymiosycia) impatiens</i> .....	45
<b>7. DISCUSIÓN.....</b>	<b>46</b>

<b>8. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>52</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>69</b>

## GLOSARIO

**Conectividad poblacional:** Intercambio de individuos entre subpoblaciones geográficamente separadas.

**Conspicuos.** Dícese de organismos que se encuentra a simple vista.

**Desove:** Expulsión de los gametos por el organismo

**Dispersión larvaria:** Se refiere a la diseminación, propagación, difusión de las larvas desde los sitios desove a los sitios de fijación o asentamiento. La diseminación intergeneracional de las larvas fuera de su fuente de origen hacia un destino diferente o sitio de fijación al final del estadio larvario.

**Estado competente de las larvas:** Capacidad del desarrollo individual en invertebrados marinos para llevar a cabo la fijación y completar las transformaciones morfogénicas asociadas a la transición al estadio bentónico.

**Fasie:** son cuerpos sedimentarios con características homogéneas que pueden ser definidos y separados de otros por su geometría, litología, estructuras sedimentarias, etc.

**Fijación:** Punto en el cual un organismo bentónico toma residencia permanente en un sustrato a través de la cimentación y metamorfosis de sus larvas (inicio del estadio juvenil).

**Larvas lecitotróficas:** Larvas con capacidad de dispersión corta, obtienen nutrimentos de la yema, con la presencia o ausencia de un tubo digestivo no funcional.

**Larvas planctotróficas:** Larvas con capacidad de dispersión relativamente amplia, se alimentan del material particulado en suspensión, principalmente del fitoplancton.

**Litoral rocoso:** Áreas de transición entre los sistemas terrestres y los marinos, prolongación subterránea de los relieves rocosos terrestres.

**Mareas semidiurnas:** Presentan dos fases de pleamar y bajamar en el transcurso de un día lunar.

**Meroplancton:** Organismos cuyo ciclo de vida incluye una etapa larvaria.

**Metamorfosis:** Cambio morfológico y fisiológico en el desarrollo larvario que implica la transición de la fase pelágica a la fase bentónica en el ciclo de vida de la mayoría de los invertebrados marinos el cual puede ser abrupto o gradual.

**Reclutamiento:** Concepto comúnmente empleado en pesquerías y literatura bentónica referente al número de nuevos individuos fijados que sobreviven después de un periodo arbitrario de tiempo por unidad de área, a partir del cual se consideran parte de la población.

**Régimen de mareas:** Forma característica de la marea, con referencia a la relación entre la onda diurna y la semidiurna.

**Suministro larvario:** Término empleado en la descripción de la abundancia de propágulos. Operacionalmente definido en la investigación como el número de larvas planctónicas disponibles cerca de los sitios de fijación.

**Transporte larvario:** Translocación horizontal de las larvas entre dos puntos  $(x_1, y_1)$  y/o  $(x_2, y_2)$  donde la  $x$  y  $y$  son ejes horizontales, perpendiculares o paralelos a la línea costera.

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Factores determinantes en el reclutamiento en los invertebrados bentónicos.....	4
2	Rangos de temperatura estudiados en cinco especies de bivalvos de interés comercial. ....	10
3	Ubicación de la Bahía de La Paz.....	15
4	Colector artificial empleado en la evaluación del reclutamiento.....	17
5	Línea de colectores dispuestas en los sitios de muestreo.....	18
6	Medidas de longitud consideradas para la estructura de tallas.....	19
7	Abundancia de los reclutas de moluscos y equinodermos recolectados bimestralmente en la Bahía de La Paz.....	23
8	Abundancia de moluscos y equinodermos reclutados bimestralmente en la Bahía de La Paz.....	24
9	Variación temporal de la abundancia relativa de las especies de moluscos dominantes en el patrón espacial de la Bahía de La Paz.....	29
10	Variación espacial y temporal de los índices de diversidad y equidad en los sitios de muestreo (2009-2010).....	33
11	Dendogramas de similitud cronológica por sitio de muestreo.....	38
12	Diagrama del análisis de Correspondencia Canónica, agrupación de las variables Vs. las 17 especies más abundantes en los sitios y bimestres de muestreo.....	39
13	Variación temporal de la frecuencia de tallas de <i>Ostrea conchapila</i> en la Bahía de la Paz, B.C.S.....	41
14	Variación temporal de la frecuencia de tallas de <i>Crucibulum spinosum</i> en la Bahía de la Paz, B.C.S.....	42
15	Variación temporal de la frecuencia de tallas de <i>Atrina maura</i> en la Bahía de la Paz, B.C.S.....	43
16	Variación temporal de la frecuencia de tallas de <i>Anomia peruviana</i> en la Bahía de la Paz, B.C.S.....	44

17	Variación temporal de la frecuencia de tallas de <i>Holothuria (Thymiosycia) impatiens</i> en la Bahía de la Paz, B.C.S.....	45
----	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1	Descripción de los sitios de muestreo en la Bahía de la Paz.....	16
2	Variación bimestral de los índices ecológicos de riqueza, diversidad y equidad.....	25
3	Variación espacial de los índices ecológicos de riqueza, diversidad y equidad.	24
4	Listado de especies de moluscos de acuerdo a Keen (1971) y correcciones según Skoglund (2001a, b).....	26
5	Variación bimestral de los índices ecológicos de riqueza, diversidad y equidad del phylum Mollusca.....	30
6	Dominancia (I.V.I) de moluscos por estación y sitio de muestreo.....	31
7	Variación temporal de los índices ecológicos en los sitios de muestreo.....	32
8	Variación espacial de los índices ecológicos de riqueza, diversidad y equidad del phylum Mollusca.....	33
9	Listado de especies de equinodermos de acuerdo a Blake (1987) y Maluf (1988).....	35
10	Variación temporal de los índices ecológicos del phylum Echinodermata en los sitios de muestreo.....	36

## RESUMEN

Las costas rocosas son consideradas ambientes de una elevada diversidad biológica definida por la abundancia de su fauna bentónica, como moluscos y equinodermos, los cuales forman parte de los invertebrados más conocidos y exitosos de estos ambientes. El reclutamiento en estos grupos constituye un proceso esencial en la modelación de sus comunidades debido a que es uno de los principales factores que regulan la estabilidad y fluctuaciones observadas en las poblaciones. El estudio del reclutamiento en estos grupos se ha restringido a la evaluación particular de especies de interés comercial y ecológico. Por tal razón, en el presente trabajo se evaluó el reclutamiento de moluscos y equinodermos en el litoral rocoso de la Bahía de La Paz. Se utilizaron colectores artificiales diseñados *ex profeso* (N=330) ubicados en tres sitios: El Portugués, El Corralito y El Pulguero, durante un ciclo anual a través de muestreos bimestrales de mayo de 2009 a abril de 2010. Se evaluaron las variaciones en la composición y abundancia de especies reclutadas mediante índices ecológicos como la dominancia simple y el índice de valor de importancia (I.V.I.), riqueza (S) diversidad de Shannon-Wiener ( $H' \log_2$ ) y equidad de Pielou (J'). Adicionalmente, se tomaron variables ambientales de temperatura, salinidad, pH, oxígeno, clorofila *a* y seston (con sus fracciones orgánica e inorgánica). Se emplearon análisis multivariados como el de Cluster para visualizar patrones temporales de reclutamiento entre sitios de muestreo y el análisis de Correspondencia Canónica (CANOCO) para observar relaciones entre las variables biológicas y ambientales. Se obtuvo un total de 3800 organismos de ambos Phyla. Los moluscos se presentaron durante todo el periodo de evaluación con un total de 3292 organismos pertenecientes a 60 especies, 52 géneros, 38 familias, 11 órdenes y tres clases. Los equinodermos se reclutaron estacionalmente de septiembre de 2009 a febrero de 2010 con un total de 507 organismos pertenecientes a 10 especies, ocho géneros, siete familias, seis órdenes y cuatro clases. Siete especies fueron dominantes (seis moluscos y un equinodermo): *Ostrea conchaphila*, *Holothuria (Thymiosycia) impatiens*, *Laevicardium elenense*, *Crucibulum spinosum*, *Anadara multicosata*, *Atrina maura* y *Alaba supralirata*, y representaron un

porcentaje acumulado del 75% de la abundancia total. No se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) temporales ni espaciales en la abundancia de organismos recolectados bimestralmente. Se presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la riqueza específica de los sitios, pero no en la diversidad o equidad ( $p > 0.05$ ). El análisis Cluster usando el índice de Morisita indicó un claro patrón estacional en El Pulguero en comparación con El Corralito (0.64) y El Portugués (0.91). El análisis de correspondencia canónica indicó una correlación entre las variables biológicas y ambientales ( $r^2 = 0.85$ ). Las variables ambientales mostraron cambios estacionales principalmente en la temperatura (máximo en junio-agosto y mínimo en noviembre-diciembre) y clorofila *a* (máximo en noviembre-diciembre y mínimo en mayo-junio).

Palabras clave: litoral rocoso, colectores artificiales, índices ecológicos.

## ABSTRACT

Rocky shores are considered environments with high species diversity, where organisms of almost all marine phyla are represented. Defined by the dominance of their invertebrate fauna, mollusks and echinoderms are part of the most common and important organisms distributed in these environments. Recruitment plays an important role in shaping the structure of their communities by regulating the stability and fluctuations observed in their populations; however, most of the investigations in this matter have focused in the study of species of ecological or economical importance. For that reason, we considered relevant the evaluation of this process in mollusks and echinoderms in the rocky litoral of Bahía de La Paz. We evaluated the spatial and temporal changes in the recruitment of mollusks and echinoderms bimonthly during an annual period from May 2009 to April 2010. Using artificial collectors *ex profeso* designed (N= 330) deployed at three sites in Bahía de La Paz: El Portugués, El Corralito y El Pulguero, we evaluated the variations of abundance and species composition globally and between sites through ecological indexes of dominance (I.V.I), species richness (S), diversity ( $H' \log_2$ ) and evenness (J'). Additionally, environmental variables such as temperature, salinity, pH, oxygen, chlorophyll *a*, and seston (with its organic and inorganic fractions) were measured. We used multivariate analysis such as Cluster analysis to visualize seasonality patterns of recruitment between sites and Canonical Correspondance Analysis to visualize the relationship between biological and environmental variables. A total of 3,800 organisms of both Phyla were collected. Mollusks were present through the entire period of evaluation with a total of 3292 organisms belonging to 60 species, 52 genuses, 38 families, 11 orders, and three classes. Echinoderms recruited seasonally from September 2009 to February 2010 with a total of 507 organisms belonging to 10 species, eight genuses, seven families, six orders, and four classes. Seven species were dominant (six mollusks and one echinoderm): *Ostrea conchaphila*, *Holothuria (Thymiosycia) impatiens*, *Laevicardium elenense*, *Crucibulum spinosum*, *Anadara multicosata*, *Atrina maura* y *Alaba supralirata*, and represented an accumulated percentage of 75% of total abundance. There were no statistical differences ( $p > 0.05$ )

in temporal and spatial abundance of organisms recruited bimonthly. There were statistical differences ( $p < 0.05$ ) in species richness between sites, but not in diversity and evenness ( $p > 0.05$ ). The cluster analysis using the Morisita index indicated a clear seasonal pattern in El Pulguero (0.48) in comparison with El Corralito (0.64) and El Portugués (0.91). The Canonical Correspondance Analysis indicated a correlation between environmental and biological variables ( $r^2 = 0.85$ ). The environmental variables showed a seasonal pattern mainly in temperature (maximum in June-August and minimum in November-December) and chlorophyll *a* (maximum in November-December and minimum in May-Jun 2009).

Key words: rocky shores, artificial collectors, ecological indices.

## 1. INTRODUCCIÓN

En ecología, un proceso esencial en la conformación de los ecosistemas y las comunidades es el reclutamiento, debido a que es uno de los principales responsables, la estabilidad y las fluctuaciones en las poblaciones, al mediar el arribo tanto espacial como temporal de nuevos individuos al seno de las mismas (Hutchinson & Williams, 2001).

Dentro de los ecosistemas marinos, la fauna bentónica constituye un grupo abundante, diverso y ecológicamente importante por las funciones que desempeñan sus integrantes dentro de las tramas tróficas, en la circulación de nutrientes y flujo de energía, al ser consumidores y presas de numerosas especies (Chaloner *et al.*, 2009). Conformada principalmente por invertebrados, el reclutamiento en la mayoría de estos organismos, se caracteriza por la transición de una fase planctónica (larvaria) a una fase bentónica (poslarvaria, juvenil y adulta) mediada por la metamorfosis y fijación de sus larvas cuando encuentran un ambiente adecuado para vivir (Pineda *et al.*, 2010).

Debido a que la mayoría de los invertebrados bentónicos presentan una vida sedentaria o sésil durante su madurez, la producción de larvas planctónicas constituye un mecanismo que permite la dispersión de sus organismos, favoreciendo el flujo genético de sus poblaciones así como la posibilidad de recolonizar áreas deshabitadas o nuevas (Hutchinson & Williams, 2001; Poulin *et al.*, 2001).

El reclutamiento está regulado por numerosas variables biológicas y ambientales relacionadas con los procesos que rigen a las poblaciones bentónicas, como el ciclo reproductivo de las especies, la dinámica del suministro larvario, la dispersión larvaria, la fijación, y los procesos bióticos y abióticos que intervienen en la post-fijación de los organismos (Pineda *et al.*, 2009; Pineda *et al.*, 2010).

Dada la complejidad del reclutamiento, el estudio de este proceso ha sido abordado a partir de los componentes que lo integran en busca de la solución a preguntas como ¿cuál es el impacto del suministro larvario en la abundancia de los

reclutas?, ¿es la distribución de los organismos reclutados un reflejo de la dispersión larvaria?, ¿cuáles son los factores que determinan la sobrevivencia en la fijación?, entre otras.

Las investigaciones se han enfocado principalmente al estudio de los ambientes costeros, considerados de un alto valor ecológico y económico por su elevada riqueza en recursos naturales al ser sistemas dinámicos generalmente de una elevada productividad donde una gran diversidad de especies se distribuyen al ser áreas de refugio y alimentación. Gran parte del conocimiento generado en torno a la fauna bentónica ha sido desarrollado a partir del estudio de estos ambientes (Terlizzi & Schiel, 2009).

Los ambientes del litoral rocoso han sido considerados de gran importancia en la investigación, caracterizados por la dominancia de su fauna bentónica, albergan una gran diversidad de organismos entre los cuales moluscos y equinodermos forman parte de los invertebrados más conocidos y exitosos en estos ambientes. Estos grupos han sido objeto de estudio por la función que desempeñan en la conformación de las comunidades bentónicas y por su importancia económica dada la explotación de numerosas especies para el consumo humano (Domínguez, 1996; Raffaelli & Hawkins, 1996; Caddy & Defeo, 2003). La evaluación del reclutamiento en estos grupos se ha centrado en especies de interés tanto ecológico como comercial, entre las cuales se encuentran bivalvos, gasterópodos, estrellas, pepinos y erizos de mar (Ebert *et al.*, 1994; Daume *et al.*, 1999; Lawrie & McQuaid, 2001; Miller, 2007; Mercier *et al.*, 2009). A pesar del considerable conocimiento que se tiene respecto al reclutamiento en estos grupos, un factor en común en la mayoría de las investigaciones es que se enfocan a la evaluación del reclutamiento individual de las especies y pocas abordan este proceso en relación a sus comunidades (Keesing *et al.*, 1993; Balch, 1999).

En el Golfo de California habitan poco más de 2000 especies de moluscos y alrededor de 160 de equinodermos (Reyes Bonilla *et al.* 2005; Herrero Pérezrul *et al.* 2008; Holguín-Quiñones *et al.*, 2008). Se considera una zona rica en recursos

marinos debido a sus características geográficas, climatológicas e hidrográficas, relevante en el estudio biológico, ecológico y pesquero de estos grupos (García-Domínguez, 1991; García-Domínguez *et al.*, 1996; Cintra-Buenrostro *et al.*, 1999; Wright-López *et al.*, 2001; García-Cuellar *et al.*, 2004; Herrera, 2005; Kotch *et al.*, 2005; Wright-López *et al.*, 2009). En este contexto, los estudios relacionados con el reclutamiento se han enfocado en especies de interés comercial, especialmente de los moluscos bivalvos (Baqueiro *et al.*, 1982; Monteforte & García-Gasca, 1994; Monteforte *et al.*, 1995; Bervera-León, 2002; quienes representan una gran parte de la captura artesanal en la región.

Debido a lo anterior, se desconoce parte importante del reclutamiento de las comunidades de estos grupos. El presente trabajo tiene por objetivo describir el reclutamiento de las comunidades de moluscos y equinodermos durante un ciclo anual en tres sitios del litoral rocoso de la Bahía de La Paz, el cuerpo costero más extenso de la costa sur-oriental de la península de Baja California; esta es una zona considerada de gran valor debido a la abundancia y diversidad de recursos que presenta.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 RECLUTAMIENTO EN INVERTEBRADOS BENTÓNICOS

El estudio del reclutamiento en los invertebrados bentónicos ha sido tradicionalmente abordado a partir de la evaluación individual de los factores que regulan su variación espacio-temporal. Como resultado, las investigaciones realizadas presentan diferentes temáticas y metodologías en función del enfoque y objetivos planteados en las mismas. A pesar de esta variabilidad, la mayoría de las investigaciones pueden ser agrupadas en relación al ciclo de vida (bifásico) de estos organismos y su relación con los factores que intervienen en la pre-fijación (ambiente planctónico) y la post-fijación (ambiente bentónico) (Fig. 1)

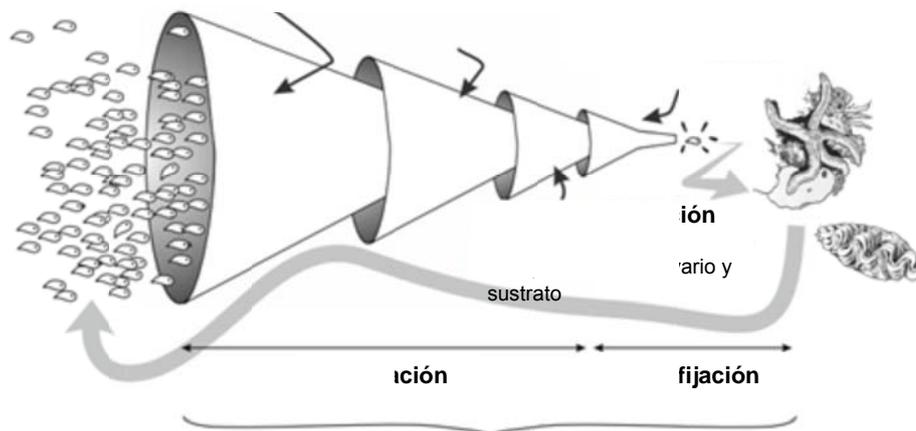


Figura 1. Factores determinantes en el reclutamiento en los invertebrados bentónicos. Modelo tomado y modificado de Pineda *et al.* (2009).

#### 2.1.1 Ambiente planctónico

El suministro larvario, definido operacionalmente en la investigación como el número de larvas planctónicas disponibles en los sitios de fijación, es considerado un factor determinante en la conformación y flujo genético de las poblaciones y comunidades de los invertebrados bentónicos (Marshall *et al.*, 2009). Los trabajos desarrollados se han centrado en la evaluación de los factores que regulan el arribo y

la fijación de las larvas en los ambientes costeros, a través del muestreo discreto del plancton utilizando redes con diferente luz de malla, así como bombas hidráulicas. En estos ambientes el suministro larvario muestra los cambios en la composición y abundancia de las larvas meroplanctónicas y su relación con algunas variables ambientales (Noda *et al.*, 1998; Standwell-Smith *et al.*, 1999; Greenwood *et al.*, 2000; Highfield *et al.*, 2010).

Por otra parte, el papel que desempeñan los procesos oceanográficos en la dispersión larvaria ha sido detallado en numerosas investigaciones. Se ha evaluado el efecto de los fenómenos de macro y mesoescala a partir del uso de mediciones de la concentración larvaria y las variables físicas que caracterizan a los procesos hidrodinámicos en distintas series de tiempo y espacio.

Destaca la circulación mediada por corrientes, vientos, frentes y surgencias, en función de los efectos que generan en el transporte hacia el exterior o interior de las zonas costeras y particularmente hacia los sitios de fijación (Black & Moran, 1991; Pineda, 1991; Pedrotti & Fenaux, 1992; Aliani & Meloni, 1999; Poulin *et al.*, 2002; Ellien *et al.*, 2004). En este sentido también se incluyen estudios sobre la influencia de fenómenos de macroescala como El Niño y su relación con la supresión del transporte larvario hacia las zonas costeras (Simpson, 1984; Zimmerman & Robertson, 1985). Otros estudios incluyen la modelación de patrones de circulación para explicar o predecir patrones del reclutamiento en función al transporte larvario (Alexander & Roughgarden, 1996; Ellien *et al.*, 2000).

La inclusión de los procesos hidrodinámicos de microescala en los estudios sobre el reclutamiento tuvieron su origen al considerar el hecho de que las larvas transportadas hacia el interior de las zonas costeras son afectadas por los fenómenos que actúan en escalas espaciales de decenas a cientos de metros. De esta forma, se han evaluado las velocidades de flujo y refluo mediadas por las mareas, la turbulencia, así como factores topográficos (rugosidad del sustrato) en función de los efectos que tienen en la adhesión o resuspensión de las larvas en los sitios de fijación (Denny & Shibata, 1989; Eckman, 1990; Crimaldi *et al.*, 2002; Fuchs *et al.*, 2007; Koehl *et al.*, 2007). También han sido evaluados los efectos opuestos al identificar los procesos físicos de microescala que median el transporte de las larvas

fuera de la zona costera (Pineda & López 2002; Vargas *et al.*, 2004). Siguiendo esta línea y concluyendo con las investigaciones en torno al ambiente planctónico, el comportamiento larvario en el reclutamiento ha sido identificado como un factor importante debido a que las larvas son capaces de discriminar entre sitios de fijación en función de indicadores físicos, como la rugosidad del sustrato y exposición a la luz, químicos como los biofilms y biológicos como la presencia de juveniles y adultos conespecíficos (Kasyanov, 2001).

Debido a lo anterior, las investigaciones en torno a este factor comprenden experimentos tanto en campo como en laboratorio para la evaluación de indicadores que desencadenan la metamorfosis y fijación de las larvas (Pawlik, 1989; Pineda & Caswell, 1997; Daume *et al.*, 1999; Boxshall, 2000). En adición, considerando los diferentes tipos de larvas existentes (lecitotróficas, planctotróficas) se ha evaluado su capacidad para conservar su estado competente en ausencia de indicadores ambientales (Hadfield *et al.*, 2001; Poulin *et al.*, 2002; Marshall & Keough, 2003; Bishop *et al.*, 2006).

### **2.1.2 Ambiente bentónico**

Los trabajos relacionados con el ambiente bentónico se enfocan a la evaluación de los factores que regulan la post-fijación de las larvas, la cual enmarca la sobrevivencia de los organismos a partir de su ingreso en los habitats bentónicos (estadio juvenil) hasta su madurez sexual y reproducción (Kasyanov, 2001).

Aquí se incluyen las investigaciones propiamente referidas sobre reclutamiento, las cuales se enfocan a la evaluación de los cambios espacio-temporales en la distribución, abundancia y mortalidad de los organismos post-fijados (juveniles) y su relación con algunas variables ambientales y procesos hidrodinámicos (Broitman *et al.*, 2008). Con base en lo anterior, las investigaciones han abarcado diferentes aproximaciones al reclutamiento, siguiendo metodologías que les permiten evaluar de manera directa o indirecta este proceso.

La evaluación directa del reclutamiento ha sido estudiada principalmente en los ambientes rocosos, para invertebrados gregarios como balanos, mejillones, ostras, briozoarios y ascidias; al ser organismos sedentarios, dominantes y de amplia

distribución en estos ambientes, han permitido la observación de los cambios espaciales y temporales de este proceso mediante su muestreo directo en los sitios de fijación (Connell, 1985; Lawrie & McQuaid, 2001; Blanchette & Gaines, 2006; Menge *et al.*, 2010; Shinen & Navarrete, 2010).

La evaluación indirecta del reclutamiento incluye el uso de colectores artificiales de distintas clases y materiales para mostrar las variaciones espacio-temporales de organismos cuya naturaleza críptica o por su distribución dispersa dentro de sus ambientes no pueden ser evaluados de manera directa (Connell, 1985; Keesing *et al.*, 1993). Estas investigaciones se han enfocado al estudio de diversas especies de interés ecológico y comercial entre las cuales se incluyen corales, moluscos, equinodermos y crustáceos (Arnold *et al.*, 1998; Dunstan & Johnson, 1998; Arango *et al.*, 2001; Peña, 2005; Burt *et al.*, 2009; Seale *et al.*, 2009). En estas investigaciones la adecuada colocación de los dispositivos artificiales en las áreas de estudio son determinantes en la fijación de los organismos. Requieren de un conocimiento previo de los taxa estudiados en relación a factores como su ciclo reproductivo, distribución, tipo de alimentación, así como información relevante en torno a su crecimiento y mortalidad. La información generada a partir de estas investigaciones revelan patrones espaciales y estacionales en el reclutamiento de las especies.

. En los ambientes rocosos ha sido abordado esencialmente en las especies pertenecientes a las denominadas “comunidades incrustantes (fouling)”, integradas por especies gregarias de diversos grupos de invertebrados propios de los ecosistemas rocosos (balanos, mejillones, briozoarios, poliquetos, tunicados, etc), consideradas muchas veces especies invasivas por la facilidad que tienen de ocupar cualquier tipo de sustrato natural o artificial; éstas han permitido la evaluación de procesos de colonización y desarrollo de ensamblajes en estos ambientes mediante la evaluación directa e indirecta de su reclutamiento (Underwood & Anderson, 1994; Brown & Swearingen, 1998; Cifuentes *et al.* 2007)

## 2.2 RECLUTAMIENTO DE MOLUSCOS Y EQUINODERMOS

La evaluación del reclutamiento de los moluscos y equinodermos se ha centrado en especies de interés tanto ecológico como comercial, lo que ha dado como resultado un gran número de investigaciones encaminadas a la evaluación de distintos aspectos de su pre-fijación y post-fijación.

En el aspecto económico, las investigaciones se han centrado en los moluscos bivalvos, principalmente en especies de ostréidos, pectínidos, mitílidos y venéridos (García-Domínguez, 2002). La información generada resulta relevante, al encontrar un vínculo entre el ciclo reproductivo y las variaciones en la producción larvaria, aportes sobre la fijación en relación a indicadores químicos del sustrato como las algas y distintos tipos de biofilms/biopelículas bacterianas, así como la sobrevivencia y crecimiento de los organismos juveniles comúnmente referidos como semilla (Kasyanov, 2001; Spenser, 2002; Gossling, 2004). Por otra parte, los estudios en equinodermos de importancia comercial, se han centrado en especies comestibles de pepinos (géneros *Isostichopus*, *Parastichopus*, *Holothuria*) y erizos de mar (géneros *Strongylocentrotus*, *Centrostephanus*, *Arbacia*); estas investigaciones se han enfocado de igual forma a generar información relevante en función a factores como la producción larvaria, fijación, sobrevivencia y crecimiento de los organismos en relación con variables ambientales como la temperatura y alimento en estudios experimentales en laboratorio y en campo (Hamel *et al.*, 2003; Lovatelli, 2004; Lawrence, 2007).

Por otra parte, las investigaciones de importancia ecológica, se han centrado en estudios sobre las variaciones espacio-temporales de especies gregarias como los mejillones (géneros *Perna*, *Mytilus* y *Brachidontes*) y ostras (géneros *Crassostrea*, *Ostrea*) en los moluscos y especies de equinodermos como los ofiuros (*Ophiotrix gracilis*) y estrellas de mar (*Acanthaster planci*) que han sido evaluados principalmente en ambientes costeros (Black & Moran, 1991; Roegner & Mann, 1995; Turon *et al.*, 2000; Lawrie & McQuaid, 2001; Blanchette & Gaines, 2006; Seale & Zacherl, 2009).

Debido a que la mayoría de las investigaciones abordan el reclutamiento de manera particular a través del estudio de una especie objetivo, los trabajos en la evaluación de este proceso en las comunidades han sido escasos. Sin embargo, algunos trabajos en relación al transporte larvario (pre-fijación) han abordado el reclutamiento en las comunidades mediante el estudio de la variación espacio-temporal de los grupos de larvas de equinodermos dentro de las zonas costeras (Miller 1995; Greenwood *et al.*, 2000) y trabajos como los realizados por Kessing *et al.* (1993) y Balch (1999) en relación a la post-fijación, en comunidades de equinodermos de ambientes rocosos mediante del uso de colectores artificiales.

### **2.3 RECLUTAMIENTO EN LA BAHÍA DE LA PAZ**

El reclutamiento de moluscos y equinodermos en los ambientes rocosos de La Bahía de La Paz no ha sido abordado con anterioridad por otros trabajos, sin embargo la información disponible respecto a estos grupos en la zona permite tener un marco de referencia en torno a este proceso.

La Bahía de La Paz se caracteriza por una elevada riqueza biológica atribuida a su ubicación en una zona de transición del Golfo de California entre los 24° y 25° N (Santamaría del Angel *et al.*, 1994). En ella se han registrado aproximadamente 306 especies de moluscos y 92 de equinodermos de presencia común e incidental (Holguín-Quiñones & García-Domínguez, 1997; Solís-Marín *et al.* 1997).

Los trabajos relacionados con el reclutamiento en estos grupos se han enfocado al estudio de especies de interés económico. Baqueiro & Aldana (2003) reportan en la bahía, la presencia de especies iteróparas y semélparas con un solo período de reclutamiento limitado a una época del año como *Argopecten ventricosus* y especies con dos o más periodos como *Chione cancellata* y *Anadara tuberculosa*. La estacionalidad de este proceso suele ser diferente entre especies y ha sido observada en moluscos como la madre perla (*Pinctada mazatlanica*) y la concha nacar (*Pteria sterna*), el reclutamiento de estas especies debido a su asociación con el periodo reproductivo se presenta en estaciones diferentes, la primera durante los meses cálidos de junio a agosto y la segunda durante los meses templados de

octubre-febrero (Monteforte y García-Gasca 1994, Berbera-León 2002). En este sentido, considerando factores ambientales como la temperatura, algunos estudios en especies comerciales han indicado la existencia de especies con afinidades diferentes, templadas como *Argopecten ventricosus* y cálidas como *Atrina maura* (Fig.2) (Maeda-Martínez, 2008).

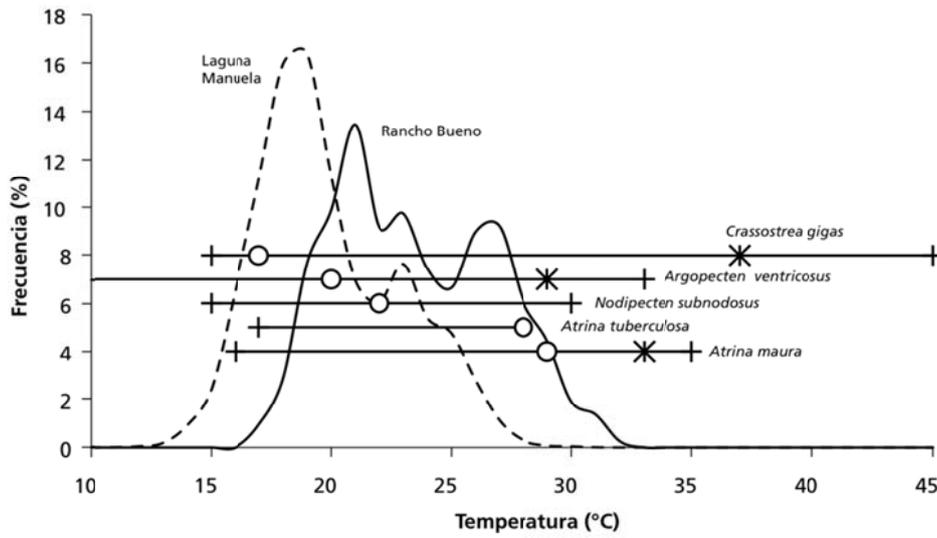


Figura 2. Rangos de temperatura estudiados en cinco especies de bivalvos de interés comercial. Los círculos indican las temperaturas óptimas de su desarrollo y los asterísticos la temperatura letal superior. Tomado de Maeda-Martínez, 2008.

Finalmente a nivel espacial, los factores que influyen en el reclutamiento de los invertebrados bentónicos se relacionan con la dispersión larvaria. En la Bahía de La Paz a pesar de la ausencia de estudios enfocados a la evaluación de este factor en los moluscos y equinodermos, se han realizado trabajos con otros grupos del zooplancton e ictioplancton donde se ha destacado la influencia de la hidrodinámica en la distribución espacial de las larvas (Sánchez-Velazco *et al.*, 2006). En la bahía los principales mecanismos que modulan la circulación están estrechamente relacionados con los patrones de vientos y mareas (Obeso *et al.*, 1993; Jiménez-Illizcas, 1996), la dirección principal de las corrientes recorre toda la zona costera penetrando desde la zona norte de la bahía hacia el sur. En el reclutamiento de

moluscos y equinodermos este patrón de circulación puede permitir la distribución de sus larvas hacia zonas adecuadas para su fijación.

Como parte de la fauna bentónica estos grupos han sido considerados como los macroinvertebrados mejor representados de los ambientes rocosos. La evaluación de sus comunidades dentro de la bahía y áreas circundantes ha mostrado que existen patrones espaciales en su distribución asociados principalmente al tipo de sustrato y a las diferencias topográficas que existen entre zonas de alta y baja influencia del oleaje (González-Medina *et al.*, 2006; Holguín-Quiñones *et al.*, 2008; Guzmán-Méndez, 2009). Es posible que también estos patrones espaciales se asocien a la dispersión larvaria de estos organismos, sobre todo en especies sésiles debido a la sobrevivencia de sus organismos reclutados.

### **3. HIPOTESIS**

Dado lo anterior, se espera que el reclutamiento de moluscos y equinodermos tenga un patrón estacional marcado por las diferencias en la composición y abundancia de las especies .Presentando un patrón espacial similar entre localidades por la interconexión marcada por el patrón de circulación de la bahía.

### **4. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la variación espacio-temporal en el reclutamiento de los moluscos y los equinodermos y su relación con variables ambientales durante un ciclo anual en tres localidades del litoral rocoso de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México.

#### **4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1) Elaborar una listado faunístico de las especies de moluscos y equinodermos reclutados en el litoral rocoso de la Bahía de La Paz.
- 2) Realizar un análisis comparativo de las variaciones espacio-temporales en el reclutamiento de moluscos y equinodermos en relación con los tres sitios de muestreo.
- 3) Determinar la posible relación entre las variables ambientales consideradas con la distribución y abundancia de las especies más abundantes.

## 5. MATERIALES Y MÉTODO

### 5.1 ÁREA DE ESTUDIO

La Bahía de La Paz es el cuerpo costero más extenso de la costa oriental de la península de Baja California. Está localizada entre los 24° 10' y 24° 47' N y los 110° 20' y 110° 44' W dentro del Golfo de California (Fig. 3). Posee una extensión de 80 km de norte a sur con un ancho promedio de 40 km y una superficie aproximada de 2635 km<sup>2</sup>. Se conecta con el Golfo de California a través de dos bocas, una amplia y profunda localizada entre Punta Cabeza Mechudo y el extremo norte de la Isla La Partida y otra somera y estrecha (Canal San Lorenzo), localizada al sureste entre el extremo sur de la Isla Espíritu Santo y Punta Pilitas (Obeso-Nieblas , 2003).

Presenta un gradiente batimétrico de sur a norte con profundidades que oscilan entre 10 y 450 m en la depresión denominada Cuenca Alfonso (Hinojosa, 2004; Obeso-Nieblas *et al.*, 2008). Se caracteriza por la influencia marina proveniente de la presencia de tres masas de agua: Agua del Golfo de California, presenta una salinidad menor a 35 y una temperatura mayor o igual a 18 °C, Agua Superficial Ecuatorial, presenta una temperatura mayor o igual a 12 °C y una salinidad mayor o igual a 35 y Agua Subsuperficial Subtropical cuya salinidad oscila entre 34.5 y 35 y presenta temperaturas entre 9 °C y 18 °C (Torres-Orozco, 1993; Monreal-Gómez *et al.*, 2001).

De acuerdo a la distribución de sus parámetros hidrológicos (salinidad, temperatura y oxígeno) estacionales se divide en tres zonas de influencia. Una costera, ubicada al sur de la bahía, caracterizada por su escasa profundidad, amplia variabilidad hidrológica y una intensa mezcla producida por las corrientes de marea del Canal San Lorenzo. Una oceánica, ubicada al noroeste de la bahía, caracterizada por su profundidad y condiciones más estables en los parámetros hidrológicos influenciados por aguas del Golfo de California que penetran a través de su boca norte, y una zona transicional que se genera por el contacto entre las dos zonas anteriores (Álvarez-Arellano *et al.*, 1997).

Los mecanismos que inducen la circulación encuentran principalmente relacionados con los patrones de vientos y mareas. Las dos bocas en la bahía funcionan como canales de flujo (pleamar) y refluo (bajamar) en función al régimen de mareas con velocidades de 1 - 2 m s<sup>-1</sup> (Obeso *et al.*, 1993; Jiménez-Illezcas, 1996). De acuerdo a Jiménez-Illezcas (1996; 1997) el patrón de las corrientes de agua penetran a través de la boca Norte de la bahía y siguen la costa Oeste hacia el sur, manteniendo un esfuerzo continuo. Tras recorrer la barra arenosa de El Mogote, cambian de dirección al este, hacia Punta El Caimancito y Punta Prieta, donde por efecto de la marea, en bajamar, penetran a la Ensenada de La Paz y durante pleamar se dirigen hacia el Canal San Lorenzo, en esta zona la fuerte influencia de las mareas se refleja en las altas velocidades de circulación y turbulencia (0.3 -0.6 m s<sup>-1</sup>), donde las corrientes se dirigen al Golfo durante la pleamar superior o ingresan al interior de la bahía generando giros a su ingreso por la presencia de Isla Gaviota y San Juan Nepomuceno.

De acuerdo al ciclo anual de la temperatura superficial del mar (TSM) presenta dos estaciones bien definidas relacionadas además con el patrón estacional de vientos. Durante invierno-primavera (se registran los menores niveles de radiación junto con la influencia de los vientos del noroeste (2 -12 m s<sup>-1</sup>), que causan el enfriamiento de las aguas superficiales con promedios mínimos anuales entre 21° - 24° C y que propician la formación de una capa de mezcla superficial. En verano-otoño la intensa radiación y vientos débiles del sureste (2 - 4m s<sup>-1</sup>) producen un incremento en la temperatura (27 - 31°C) y la formación de una termoclina superficial (Martínez-Flores *et al.*, 2006; Obeso-Nieblas *et al.*, 2008).

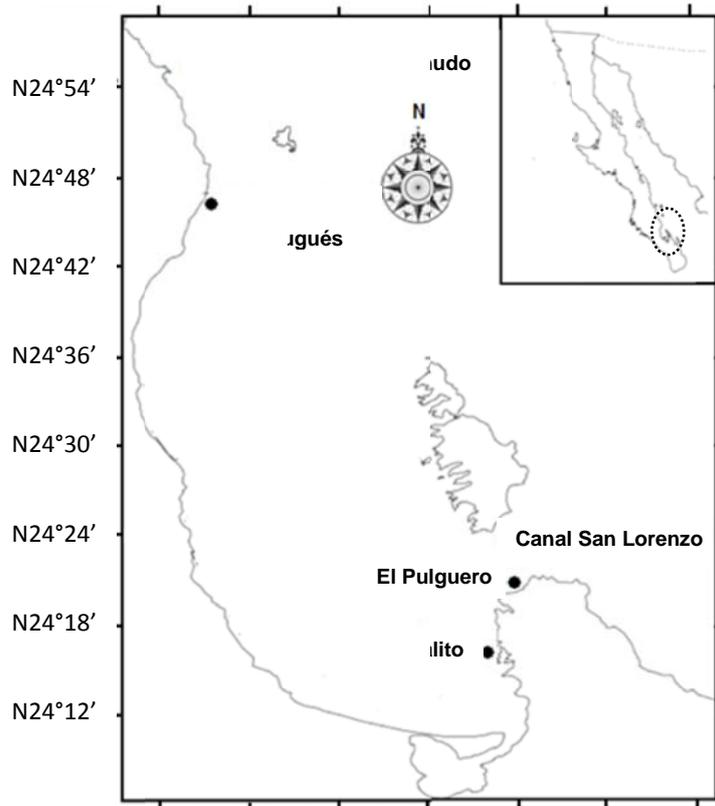


Figura 3. Ubicación de la Bahía de La Paz. Los sitios de muestreo se indican con un punto.

## 5.2 MUESTREO

Para evaluar el reclutamiento de moluscos y equinodermos se realizaron seis muestreos bimestrales de mayo de 2009 a abril de 2010 en tres sitios del litoral rocoso de la Bahía de La Paz: El Portugués, El Corralito y El Pulguero, ubicados en el extremo norte y sur de la bahía (Fig. 3), las cuales presentan diferentes características (Tabla 1).

Tabla 1. Descripción de los sitios de muestreo.

SITIOS	Descripción
El Portugués	Es un sitio semi expuesto, localizado en el extremo norte de la Bahía de La Paz en los 24° 44'15.1" N y 110°41'02" W. El fondo marino presenta un sustrato de tipo arenoso-limoso con abundantes rocas sueltas de diferentes dimensiones las cuales semejan islotes, con oquedades y grietas, las cuales durante la estación cálida son cubiertas casi en su totalidad por diversas especies de algas.
El Corralito	Es un sitio protegido localizado en la zona sur de La Bahía de La Paz ubicado (24° 18' 45.8" N y 110° 20' 09" W). La línea de la costa esta conformada por fallas rocosas que se extienden hacia el mar formando pequeños acantilados, donde se desarrollan una gran variedad de organismos incrustados en su paredes como corales, esponjas, hidrozoos, briozoos y tunicados. El sustrato es principalmente arenoso-rocoso, con rocas de distintas formas dispersas en el sustrato.
El Pulguero	Es un sitio expuesto, somero, ubicado en el extremo sur de la Bahía de La Paz en los 24° 21' 10.9" N y 110° 16' 32.8" W. Conformada en su línea costera por playas arenosas con presencia de grandes formaciones rocosas que se extienden hacia el fondo. Fuertemente influida por las Corrientes del Canal San Lorenzo. El sustrato del fondo marino es mayormente arenoso conformado por rocas sueltas de diferentes dimensiones sobre las cuales se establecen diversas especies de corales principalmente del género <i>Pocillopora</i> y esponjas.

### 5.2.1 Diseño del colector

Se emplearon colectores artificiales diseñados *ex profeso*. Conformados por contenedores de pvc con tapa de 20 l de capacidad. Cada contenedor fue perforado con 60 orificios de 1 cm de diámetro, dispuestos en líneas paralelas de seis orificios separados entre sí cada 4 cm y entre líneas cada 10 cm.

En el interior de cada contenedor se colocó una malla de mosquitero de 50 x 100 cm (1 mm luz de malla) para que los organismos tuvieran un sustrato de fijación. La tapa y base de cada contenedor fueron perforadas con cinco orificios del mismo diámetro (Fig. 4).

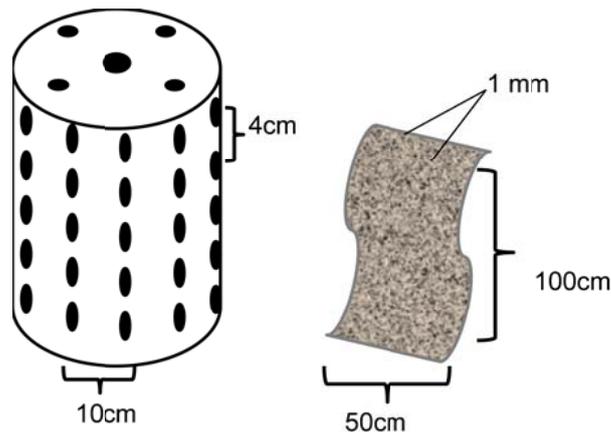


Figura 4. Colector artificial empleado en la evaluación del reclutamiento.

### 5.2.2 Ubicación y colocación de colectores

En cada sitio fueron colocadas dos líneas conformadas por 10 colectores sujetos por cabo marino (dispuestos en posición invertida), paralelas a la costa, suspendidas a 1.5 m del fondo sujetas por 3 muertos de 40 kg (ubicados en el centro y extremos de la línea) a una profundidad máxima de 6 m (Fig.5).

Las líneas de colectores permanecieron sumergidas por un periodo de 60 días, después de los cuales nueve de cada 10 colectores por línea eran extraídos para la obtención de los organismos juveniles y reemplazados por colectores nuevos. El colector restante de cada línea permaneció sumergido durante todo el periodo de estudio y fue usado como testigo. En total se colocaron 330 colectores durante el ciclo de muestreo, de los cuales se recuperaron el 92%.

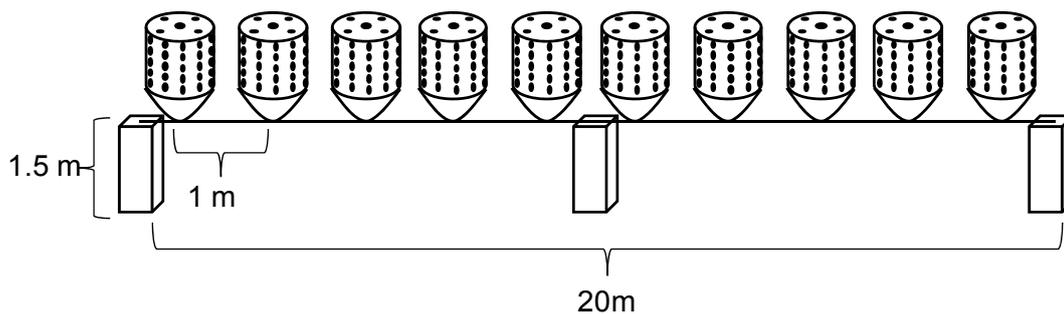


Figura 5. Línea de colectores dispuestos en los sitios de muestreo.

#### 5.2.4 Recolecta de organismos

Los organismos juveniles de moluscos y equinodermos extraídos de cada colector fueron colocados en recipientes etiquetados (con información sobre el colector, línea, bimestre y sitio de muestreo), con una solución de alcohol al 70%. En laboratorio fueron cuantificados e identificados al mínimo taxón posible mediante el uso de un microscopio estereoscópico y diversas guías de identificación para cada grupo (Morris, 1966; Rowe, 1969; Ulbrick, 1969; Keen, 1971; Abbot, 1974; Brusca, 1980; Durham *et al.*, 1980; Houston, 1980; Caso, 1986; Gotshall, 1987; Kerstich, 1989; Caso, 1994; Cutress, 1996).

#### 5.2.4 Variables ambientales

Dentro de las variables ambientales consideradas para este estudio se tomaron bimestralmente *in situ*: temperatura, mediante un termómetro de cubeta ( $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ), salinidad, mediante un refractómetro ocular Aquafauna ( $\pm 0.1$ ) y pH, mediante un potenciómetro pH Testr 2 ( $\pm 0.01$ ).

Adicionalmente, se tomaron muestras de agua para la determinación de oxígeno disuelto mediante el método de Winkler, cálculo del seston total (fracciones orgánica e inorgánica) mediante la técnica gravimétrica y clorofila *a* mediante el método espectrofotométrico de acuerdo a lo descrito por Strickland & Parson (1972). Los cálculos para la determinación de clorofila *a* se hicieron de acuerdo a las ecuaciones de Jeffrey & Humphrey (1975).

#### 5.2.4 Estructura de tallas.

Se determinó la estructura de tallas de 5 especies dominantes (3 bivalvos, un gasterópodo y un pepino de mar): *Ostrea conchaphila*, *Anomia peruviana*, *Atrina maura*, *Crucibulum spinosum* y *Holothuria (Thymiosycia) impatiens*. Tomando como medida la longitud corporal de los juveniles reclutados (en cm) mediante el empleo de un calibrador vernier ( $\pm 0.1$  mm).

- Bivalvos: se registró la longitud del eje dorsoventral, medida en ángulo recto con respecto a la línea de la charnela (Fig. 6 A)
- Gasterópodos: se registró el largo máximo de la concha (Fig. 6 B)
- Holoturoideos: se registró la longitud medida como la distancia entre la boca y el ano (Fig. 6D).

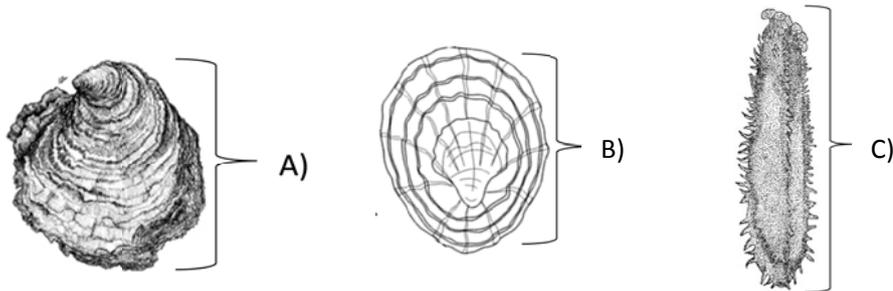


Figura 6. Medidas de longitud consideradas para la estructura de tallas de: A) eje dorso-ventral B) longitud máxima y C) longitud boca-ano.

#### 5.3 INDICADORES DE LA ESTRUCTURA COMUNITARIA

Para evaluar la variación espacio-temporal del reclutamiento de moluscos y equinodermos, los datos obtenidos de la identificación y cuantificación de los juveniles recolectados, se analizaron por bimestre y sitio de muestreo (ver Anexos 5, 6 y 7). Este procedimiento se realizó tanto para la descripción del patrón general de este proceso como para el patrón particular de cada Phyla.

Adicionalmente, con fines comparativos y considerando la estacionalidad que presenta la Bahía de La Paz en relación a sus variables ambientales se agruparon los bimestres correspondientes a mayo-junio, julio-agosto y septiembre-octubre de 2009 como parte de la estación cálida y a los bimestres correspondientes a noviembre-diciembre de 2009, enero-febrero y marzo-abril de 2010 como parte de la estación templada.

### **5.3.1 Índice de Riqueza**

El índice de riqueza (S) es el número total de especies presentes en cada sitio.

### **5.3.2 Abundancia relativa**

La abundancia relativa se puede considerar un indicador que permite la jerarquización de especies dentro de un conjunto, al considerar tanto el número de especies como el número de individuos de cada una de ellas. Permite establecer la proporción o porcentaje que representa cada especie respecto a la abundancia total, distinguiendo de esta forma aquellas especies dominantes dentro del conjunto. La fórmula empleada para este parámetro fue la siguiente:

$$AR_i = \frac{N_i}{N} * 100$$

Donde  $N_i$  = Número de individuos de la especie  $i$ ;  $N$  = Número total de los organismos de todas las especie

Se empleó para describir de manera general la dominancia espacial en la Bahía de La Paz.

### **5.3.3 Índice de valor de importancia (Dominancia)**

La dominancia se expresó mediante el Índice de Valor de Importancia (I.V.I), considera el porcentaje de abundancia (% A) y de frecuencia (% F) de las especies por lo que presenta un valor máximo de 200 %. Su función es jerarquizar la dominancia. Se empleó en la descripción temporal de las especies dominantes en los sitios de muestreo.

Fue realizado mediante el programa estadístico ANACOM (De la Cruz-Agüero, 1994)  
La fórmula es la siguiente:

$$IVI = \% A + \% F$$

#### 5.3.4 Diversidad ecológica

Uno de los índices más utilizados para cuantificar la biodiversidad es el de Shannon, el cual refleja la heterogeneidad de una comunidad con base a dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa (Krebs, 1985; Pla, 2006). El índice de Shannon combina los componentes de riqueza y equidad, y se expresa mediante la fórmula.

$$H = -\sum_{i=1}^s (p_i \log_2 p_i)$$

Donde H: índice de diversidad, S: Número de especies, Log<sub>2</sub>: logaritmo base 2 y P<sub>i</sub>: proporción de los individuos de la muestra total que pertenece a la especie i.

#### 5.3.5 Equidad de Pielou

El índice de equidad de Pielou permite analizar la forma en la que la abundancia se encuentra repartida entre las especies mediante la medición de la relación existente entre la diversidad observada y la diversidad máxima esperada (Pielou, 1975). Su fórmula es la siguiente:

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

Donde J': Equidad de Pielou, H': índice de diversidad observado y H'max: índice de diversidad máximo observado. H'max = log<sub>2</sub> S

### 5.3 ANÁLISIS MULTIVARIADOS

Con la finalidad de visualizar la existencia de una variación estacional (cálida Vs. templada) en el reclutamiento de moluscos y equinodermos, se aplicó una técnica Cluster para cada localidad de muestreo. Esta se basa en un algoritmo que permite acercar los datos en agrupamientos sucesivos por medio de ramilletes que utilizan alguna escala específica para determinar distancias entre datos. Entre los índices empleados en este tipo de análisis, el de Morisita toma en cuenta la tanto la similitud en la composición y abundancia de especies, toma valores de 1 a 0, donde 0 significa que no existe similitud y 1 significa total similitud. En este estudio se empleo el índice de Morisita y la unión media no ponderada Para la realización de esta prueba se utilizó el programa Past v.2.0 (Harper *et al.* 2001) y Statistica v. 8.0 (2007).

Para relacionar las variables ambientales con la abundancia de las especies reclutadas, se aplicó un análisis de correspondencias canónicas, frecuentemente usado en ecología de comunidades. El cual involucra la ordenación de una matriz (especies) mediante regresiones múltiples con una segunda matriz (variables ambientales). Fue realizado mediante el programa estadístico ANACOM (De la Cruz-Agüero, 1994).

### 5.4 PRUEBAS ESTADÍSTICAS

Con la finalidad de identificar la presencia de diferencias espacio-temporales en el reclutamiento, se aplicó la prueba de Kruskal Wallis, con un nivel de significancia de  $p \leq 0.05$ , ya que no presentó normalidad en los datos obtenidos. Se aplicó la prueba *a posteriori* de rangos múltiples para detectar el origen de las diferencias (Zar, 1996) cuando se encontraron. Todas las pruebas estadísticas fueron realizadas con el programa Statistica v. 8.0 (2007)

## 6. RESULTADOS

### 6.1 PATRÓN GENERAL DE RECLUTAMIENTO

Se obtuvieron un total de 3800 organismos pertenecientes a 70 especies, 57 géneros, 43 familias, 20 órdenes y 7 clases de los phyla Mollusca y Echinodermata. El Phylum Mollusca se reclutó durante todo el periodo analizado con un total de 3293 organismos y 60 especies, mientras que el Phylum Echinodermata se reclutó estacionalmente durante los bimestres de septiembre-octubre y noviembre-diciembre de 2009 y enero-febrero de 2010 con un total de 507 organismos y 10 especies (Fig. 7).

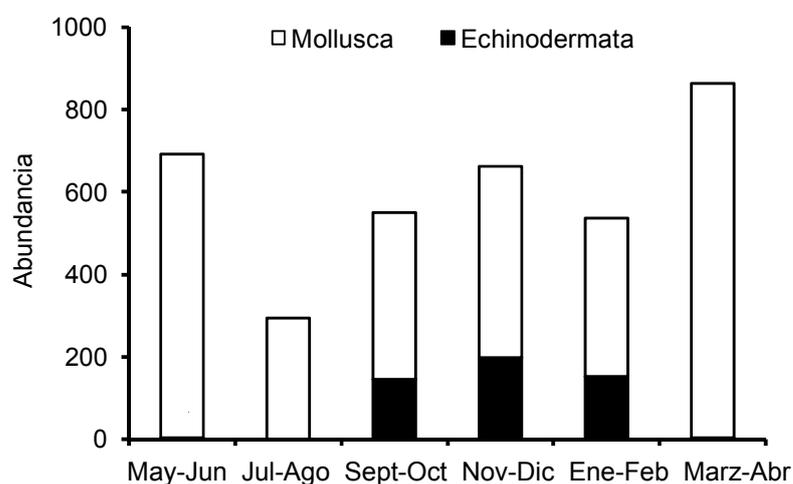


Figura 7. Abundancia de moluscos y equinodermos recolectados bimestralmente en la Bahía de La Paz.

De manera global considerando el promedio de juveniles recolectados bimestralmente en los sitios de muestreo, se observó una variación temporal del reclutamiento, presentó un valor mínimo durante julio-agosto de 2009 y un valor máximo durante marzo-abril 2010, sin embargo la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis no indicó diferencias significativas entre bimestres ( $H_{(5, N=18)} = 3.66$   $p = 0.59$ ) (Fig. 8). Espacialmente entre sitios de muestreo no se encontraron tampoco diferencias significativas en el número promedio de organismos recolectados bimestralmente ( $H_{(2, N=18)} = 5.33$   $p = 0.69$ ).

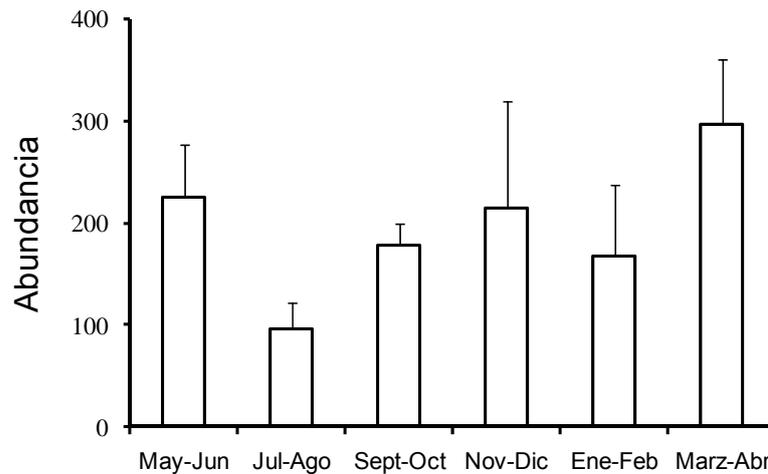


Figura 8. Abundancia de moluscos y equinodermos reclutados bimestralmente en la Bahía de La Paz.

La dominancia simple, indicó siete especies importantes por su abundancia (6 moluscos y 1 equinodermo): *Ostrea conchaphila* (32.34%), *Holothuria (Thymiosycia) impatiens* (10.18%), *Laevicardium elenense* (8.66%), *Crucibulum spinosum* (8.11%), *Anadara multicostata* (5.37), *Atrina maura* (5.32%) y *Alaba supralirata* (4.58%), que en conjunto conformaron un porcentaje acumulado del 75% de la abundancia total. La variación temporal de los índices ecológicos mostró de manera global que aproximadamente 30 especies se reclutaron cada bimestre, con un valor máximo de 39 especies durante septiembre-octubre de 2009 que coincidió con el valor más alto de diversidad y un valor mínimo de estos índices (  $S=22$ ;  $H':2.82$ ) durante julio-agosto de 2009. La equidad presentó poca variación, con un valor promedio de  $J'=0.64 \pm 0.02$ , indicó una distribución similar en la abundancia de las especies entre los bimestres evaluados (Tabla 2).

Tabla 2. Variación bimestral de los índices ecológicos de riqueza, diversidad y equidad

Bimestres	S	H' (bits/ind)	J'
May-Jun	27	2.838	0.5968
Jul-Ago	22	2.823	0.633
Sept-Oct	39	3.625	0.6859
Nov-Dic	31	3.433	0.6929
Ene-Feb	30	3.085	0.6288
Marz-Abr	29	2.941	0.6054
Promedio	29±3	3.12±0.16	0.64±0.02

La variación espacial de los índices ecológicos mostró que en el sitio de El Portugués se reclutaron bimestralmente un promedio de 20 especies en comparación con el reclutamiento más bajo registrado en El Corralito (S=15) y El Pulguero (S=9), mediante la prueba de Kruskal Wallis, se presentaron diferencias significativas en este índice. La diversidad por su parte, mostró un valor más alto en El Portugués respecto a El Corralito y El Pulguero sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en este índice. De la misma forma, la equidad indicó una distribución relativamente similar de la abundancia entre los sitios (Tabla 3).

Tabla 3. Variación espacial de los índices ecológicos de riqueza, diversidad y equidad.

Índice Ecológico	El Portugués	El Corralito	El Pulguero	Prueba Kruskal-Wallis
Riqueza	19.86±2.13	15.66±1.86	9.16±2.28	( $H_{(2, 18)} = 8.902$ ; $p = 0.01$ ),
Diversidad	2.68 ± 0.21	2.58 ± 0.27	2.13 ± 0.36	( $H_{(2, 18)} = 2.947$ ; $p = 0.22$ )
Equidad	0.62 ± 0.03	0.65 ± 0.05	0.69 ± 0.11	( $H_{(2, 18)} = 0.60$ ; $p = 0.73$ )

## 6.2 RECLUTAMIENTO DEL PHYLUM MOLLUSCA

### 6.1.2 Patrón espacio-temporal

Se identificaron 60 especies pertenecientes a 52 géneros, 38 familias, 11 órdenes y 3 clases del Phylum Mollusca (Tabla 4). Con un total de 3293 organismos reclutados, se incluyeron en la categoría de macromoluscos a 2813 individuos pertenecientes a 32 especies (16 bivalvos, 15 gasterópodos y 1 cefalópodo) y en la categoría de micromoluscos a 339 individuos pertenecientes a 13 especies (4 bivalvos y 9 gasterópodos). Las familias más abundantes fueron en orden descendente: Ostreidae, Cardiidae, Calyptraeidae, Arcidae, Pinnidae, Cerithiidae y Pteriidae, las cuales presentaron un porcentaje acumulado del 80.74% de la abundancia total de reclutas.

Tabla 4. Listado de especies de moluscos de acuerdo a Keen (1971) y correcciones según Skoglund (2001a, b). Marcadas con un asterisco se muestran las especies clasificadas como micromoluscos y con dos asteriscos aquellas indeterminadas.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	Especie			
Mollusca	Bivalvia	Arcoida	Arcidae	<i>Anadara</i>	<i>Anadara multicosata</i> (Sowerby, 1833)			
				<i>Arca</i>	<i>Arca</i> spp **			
			Mytiloidea	Mytilidae	<i>Brachidontes</i>	<i>Brachidontes</i> sp.1 * <i>Brachidontes</i> sp.2*		
		Pterioida	Pteriidae	<i>Pteria</i>	<i>Pteria</i> <i>erna</i> (Gould, 1851)	st		
				<i>Pinctada</i>	<i>Pinctada mazatlanica</i> (Hanley, 1856)			
				Isognomonidae	<i>Isognomon</i>	<i>Isognomon janus</i> (Mabille, 1895)		
				Pinnidae	<i>Atrina</i>	<i>Atrina maura</i> (Sowerby, 1835)		
				Limidae	<i>Lima</i>	<i>Lima</i> sp. *		
				Ostreoida	Ostreidae	<i>Ostrea</i>	<i>Ostrea angelica</i> Rocherbrune, 1895 <i>Ostrea conchaphila</i> (Carpenter, 1857)	
						Pectinidae	<i>Euvola</i>	<i>Euvola vodgesi</i> Arnold, 1906
						<i>Argopecten</i>	<i>Argopecten ventricosus</i> (Sowerby, 1835)	
					<i>Nodipecten</i>	<i>Nodipecten subnodosus</i> (Sowerby, 1835)		

		Spondylidae	<i>Spondylus</i>	<i>Spondylus princeps unicolor</i> (Sowerby, 1847) <i>Spondylus</i> sp.
		Anomidae	<i>Anomia</i>	<i>Anomia peruviana</i> Orbingny, 1846 <i>Anomia</i> sp.
	Veneroida	Carditinae	<i>Cardita</i>	<i>Cardita affinis</i> Sowerby, 1833 *
		Chamidae	<i>Chama</i>	<i>Chama</i> sp.**
		Lasaeidae	<i>Cymatioa</i>	<i>Cymatioa electilis</i> (Berry, 1963)
		Cardiidae	<i>Laevicardium</i>	<i>Laevicardium elenense</i> (Sowerby, 1840) <i>Laevicardium</i> sp.
			<i>Papyridea</i>	<i>Papyridea aspersa</i> (Sowerby, 1833)*
		Veneridae	<i>Pitar</i>	<i>Pitar</i> sp.**
Cephalopoda	Octopoda	Octopodidae	<i>Octopus</i>	<i>Octopus</i> sp.
	Gastropoda	Turbininae	<i>Tricolia</i>	<i>Tricolia substriata</i> (Carpenter, 1864)**
	Neotaenioglossa	Rissoidae	<i>Rissoina</i>	<i>Rissoina</i> sp.*
		Vermetidae	<i>Serpulorbis</i>	<i>Serpulorbis margaritaceus</i> (Chenu, 1844)
		Cerithiidae	<i>Cerithiopsis</i>	<i>Cerithiopsis halia</i> Bartsch, 1911* <i>Cerithiopsis</i> sp.*
		Litiopidae	<i>Alaba</i>	<i>Alaba</i> sp.*
		Epitoniidae	<i>Amaea</i>	<i>Amaea ferminiana</i> (Dall, 1908)
		Calyptraeidae	<i>Crepidula</i>	<i>Crepidula aculeata</i> (Gmelin, 1971) <i>Crepidula excavata</i> (Broderip, 1824) <i>Crepidula striolata</i> Menke, 1851
			<i>Crucibulum</i>	<i>Crucibulum scutellatum</i> (Wood, 1828) <i>Crucibulum spinosum</i> (Sowerby, 1824)
		Naticidae	<i>Polinices</i>	<i>Polinices</i> sp.*
		Triviidae	<i>Hespererato</i>	<i>Hespererato collumbella</i> (Menke 1847) *
		Tonnidae	<i>Tonna</i>	<i>Tonna</i> sp
		Triphoridae	<i>Triphora</i>	<i>Triphora</i> sp.*
		Muricidae	<i>Murexiella</i>	<i>Murexiella lappa</i> (Broderip, 1833)
			<i>Attiliosa</i>	<i>Attiliosa</i> sp
		Buccinidae	<i>Engina</i>	<i>Engina</i> sp.
		Collumbellidae	<i>Columbella</i>	<i>Columbella aureomexicana</i> (Howard, 1963)

		<i>Columbella</i>	<i>Columbella strombiformis</i> Lamark, 1822
		<i>Anachis</i>	<i>Anachis</i> sp.*
		<i>Mitrella</i>	<i>Mitrella caulerpae</i> (Keen, 1971)*
		<i>Strombina</i>	<i>Strombina solidula</i> (Reeve, 1845)
	Costellariidae	<i>Thala</i>	<i>Thala gratiosa</i> (Reeve, 1845)
Heterostropha	Pyramidellidae	<i>Odostomia</i>	<i>Odostomia</i> sp.*
Cephalaspidea	Bullidae	<i>Bulla</i>	<i>Bulla punctulata</i> Sowerby, 1850
	Haminoeidae	<i>Haminoea</i>	<i>Haminoea</i> sp.
	Aglajidae	<i>Navanax</i>	<i>Navanax</i> sp.
Anaspidea	Aplysiidae	<i>Aplysia</i>	<i>Aplysia californica</i> Cooper, 1863
			<i>Aplysia</i> sp.
		<i>Dolabrifera</i>	<i>Dolabrifera dolabrifera</i> (Rang, 1828)
		<i>Stylocheilus</i>	<i>Stylocheilus striatus</i> Gould, 1852
Notaspidea	Pleurobranchidae	<i>Pleurobranchus</i>	<i>Pleurobranchus areolatus</i> (Mörch, 1863)

---

De manera general, se observó la dominancia (I.V.I) de ocho especies (seis bivalvos y dos gasterópodos): *Ostrea conchaphila* (40.11%), *Laevicardium elenense* (12.71%), *Crucibulum spinosum* (12.09%), *Anadara multicostata* (8.91%), *Atrina maura* (8.85%), *Alaba supralirata* (8.0%), *Anomia peruviana* (5.80%) e *Isognomon janus* (5.01%), las cuales mostraron variaciones temporales en su reclutamiento, con excepción de *Ostrea conchaphila* que tuvo una abundancia relativamente constante en los bimestres de muestreo. El resto de las especies presentaron un reclutamiento continuo o semicontinuo con picos estacionales de abundancia como *Atrina maura* e *Isognomon janus* cuyo pico máximo se observó durante el bimestre noviembre-diciembre de 2009 (Fig. 9).

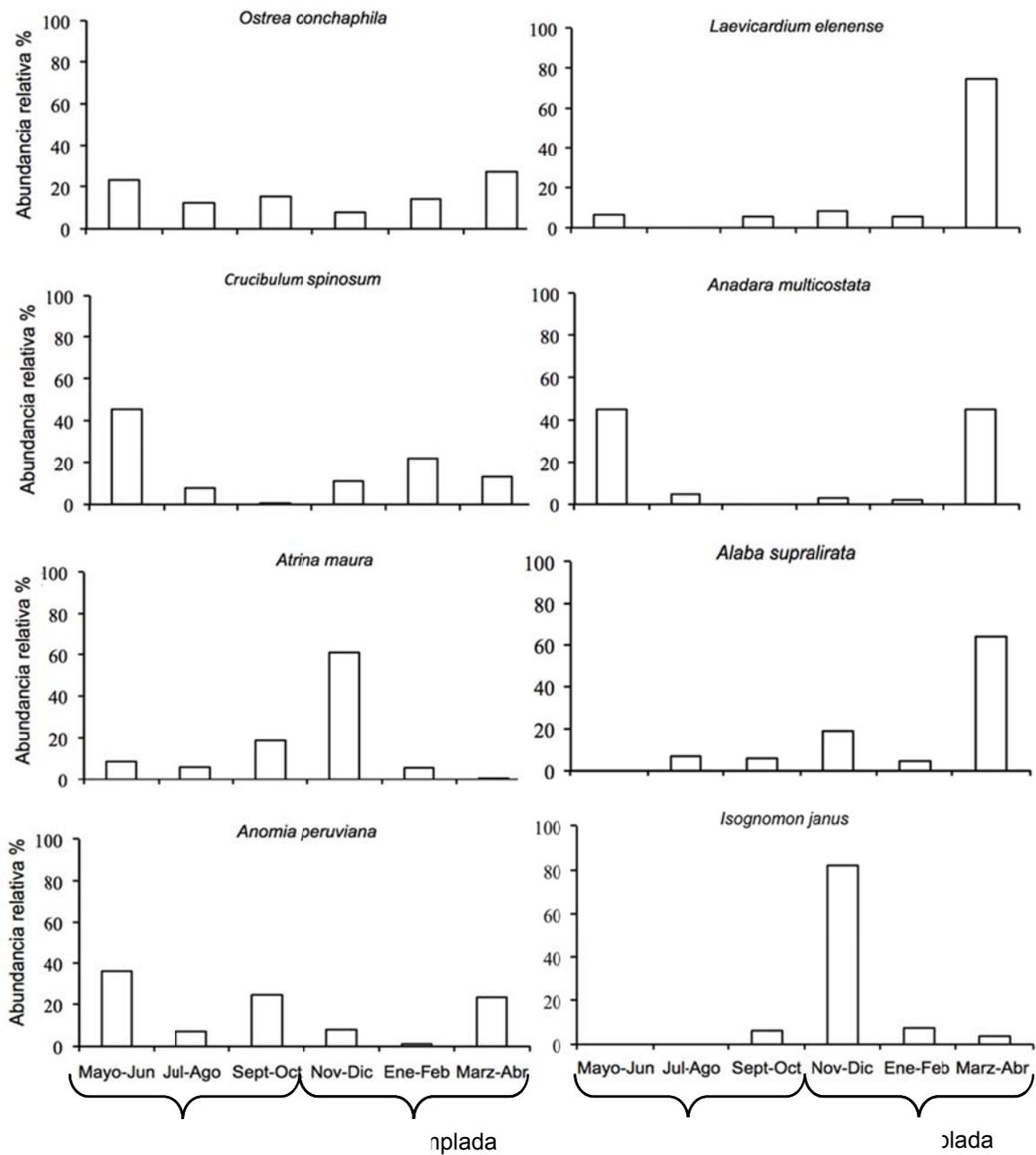


Figura 9. Variación temporal de la abundancia relativa de las especies dominantes en el patrón espacial de la Bahía de La Paz. En orden decreciente: *Ostrea conchaphila*, *Laevicardium elenense*, *Crucibulum spinosum*, *Anadara multcostata*, *Atrina maura*, *Alaba supralirata*, *Anomia peruviana* e *Isognomon janus*.

La variación temporal de los índices ecológicos mostró de manera general que aproximadamente 26 especies de moluscos se reclutaron cada bimestre, con un valor máximo de 30 especies durante septiembre-octubre de 2009 que coincidió con el valor más alto de diversidad y un valor mínimo de estos índices ( S=21; H':2.78) durante julio-agosto de 2009. La equidad presentó poca variación, con un valor promedio de  $J'=0.63 \pm 0.01$ , aunque presentó su valor máximo durante noviembre-diciembre de 2009 indicando una distribución menos heterogénea de la abundancia durante este bimestre (Tabla 5).

Tabla 5. Variación bimestral de los índices ecológicos de riqueza, diversidad y equidad del phylum Mollusca

Bimestres	S	H' (bits/ind)	J'
May-Jun	25	2.83	0.60
Jul-Ago	21	2.78	0.63
Sept-Oct	30	3.05	0.62
Nov-Dic	25	3.30	0.71
Ene-Feb	25	3.01	0.64
Marz-Abr	29	3.01	0.61
Promedio	25.83±1.62	3.00±0.09	0.63±0.01

La dominancia temporal, evaluada mediante el I.V.I en los sitios de muestreo, mostró diferencias en la composición de especies entre la temporada cálida y la templada. Se presentaron especies afines a una sola estación como *Pinctada mazatlánica* (estación cálida) y *Pteria sterna* (estación templada) y especies afines a ambas como *Ostrea conchaphila* y *Anadara multicosata*. La composición de especies también presentó diferencias entre sitios mediante la presencia de especies dominantes principalmente en un sitio y estación como *Alaba supralirata* (estación templada) en el Pulguero, así como especies dominantes no compartidas como *Collumbella strombiformis* (estación cálida) y *Euvola vogdesi* (estación templada) en El Portugués (Tabla 6).

Tabla 6. Dominancia (I.V.I) de moluscos por estación y sitio de muestreo.

SITIO DE MUESTREO	ESTACIÓN CALIDA	I.V.I	ESTACIÓN TEMPLADA	I.V.I
	(May-Oct 2009)	%	(Nov. 2009-Dic. 2010)	%
El Portugués	<i>Ostrea conchaphila</i>	73.96	<i>Ostrea conchaphila</i>	56.20
	<i>Anadara multicosata</i>	16.60	<i>Anadara multicosata</i>	20.91
	<i>Collumbela strombiformis</i>	14.10	<i>Crucibulum spinosum</i>	20.31
	<i>Atrina maura</i>	12.29	<i>Atrina maura</i>	14.43
	<i>Mitrella caulerpae</i>	7.75	<i>Alaba supralirata</i>	14.38
	<i>Serpulorbis margaritaceus</i>	7.28	<i>Euvola vogdesi</i>	12.82
	<i>Crucibulum scutellatum</i>	7.05	<i>Mitrella caulerpae</i>	11.55
	<i>Crucibulum spinosum</i>	7.05	<i>Pteria sterna</i>	11.21
El Corralito	<i>Ostrea conchaphila</i>	47.67	<i>Laevicardium elenense</i>	42.3
	<i>Crucibulum spinosum</i>	34.04	<i>Ostrea conchaphila</i>	26.91
	<i>Anomia peruviana</i>	20.06	<i>Atrina maura</i>	22.13
	<i>Anadara multicosata</i>	14.81	<i>Isognomon janus</i>	16.54
	<i>Laevicardium elenense</i>	14	<i>Crucibulum spinosum</i>	14.38
	<i>Pinctada mazatlanica</i>	9.74	<i>Cymatinoa electilis</i>	14.07
	<i>Atrina maura</i>	9.58	<i>Laevicardium sp.</i>	10.47
	<i>Cymatinoa electilis</i>	6.18	<i>Pteria sterna</i>	7.99
El Pulguero	<i>Ostrea conchaphila</i>	62.32	<i>Alaba supralirata</i>	69.10
	<i>Anadara multicosata</i>	27.57	<i>Ostrea conchaphila</i>	52.96
	<i>Atrina maura</i>	16.37	<i>Mitrella caulerpae</i>	26.51
	<i>Crucibulum spinosum</i>	15.06	<i>Haminoea angelensis</i>	16.44
	<i>Pinctada mazatlanica</i>	11.01	<i>Pteria sterna</i>	8.22

En los sitios de muestreo los índices ecológicos mostraron diferencias temporales (Tabla 7), El Portugués presentó de manera general la mayor riqueza con un valor máximo durante el bimestre marzo-abril (2010), El Corralito presentó la mayor diversidad con un valor máximo durante septiembre-octubre (2009). El valor mínimo de ambos índices para estas localidades se presentó durante el bimestre julio-agosto (2009). El Pulguero presentó de manera general los valores más bajos de riqueza y diversidad con excepción del bimestre mayo-Junio (2009). Su equidad fue más variable, presentó un valor máximo durante el bimestre julio-agosto (2009) que coincidió con el valor más alto de su diversidad. Los valores mínimos en los índices ecológicos evaluados se presentaron durante el bimestre noviembre-diciembre (2009).

Tabla 7. Variación temporal de los índices ecológicos en los sitios de muestreo.

Bimestres	El Portugués			El Corralito			El Pulguero		
	S	H'(log <sub>2</sub> )	J'	S	H'(log <sub>2</sub> )	J'	S	H'(log <sub>2</sub> )	J'
May-Jun	14	2.59	0.68	14	2.36	0.62	18	2.64	0.63
Jul-Ago	14	1.89	0.50	9	1.98	0.62	7	2.75	0.98
Sept-Oct	19	2.34	0.55	18	3.28	0.79	5	1.17	0.50
Nov-Dic	14	2.32	0.61	16	2.98	0.75	5	0.81	0.35
Ene-Feb	19	2.50	0.59	15	3.18	0.81	7	2.55	0.91
Marz-Abr	22	2.73	0.61	16	2.01	0.50	9	2.01	0.63

La variación temporal de los índices de equidad y diversidad mostraron de manera gráfica un patrón más estable en El Portugués en comparación con los otros sitios de muestreo. El Corralito presentó un incremento en la diversidad y equidad durante septiembre-octubre (temporada cálida) y noviembre-diciembre (temporada templada), en oposición al patrón de El Pulguero que presentó sus valores más bajos durante estos bimestres (Fig. 10).

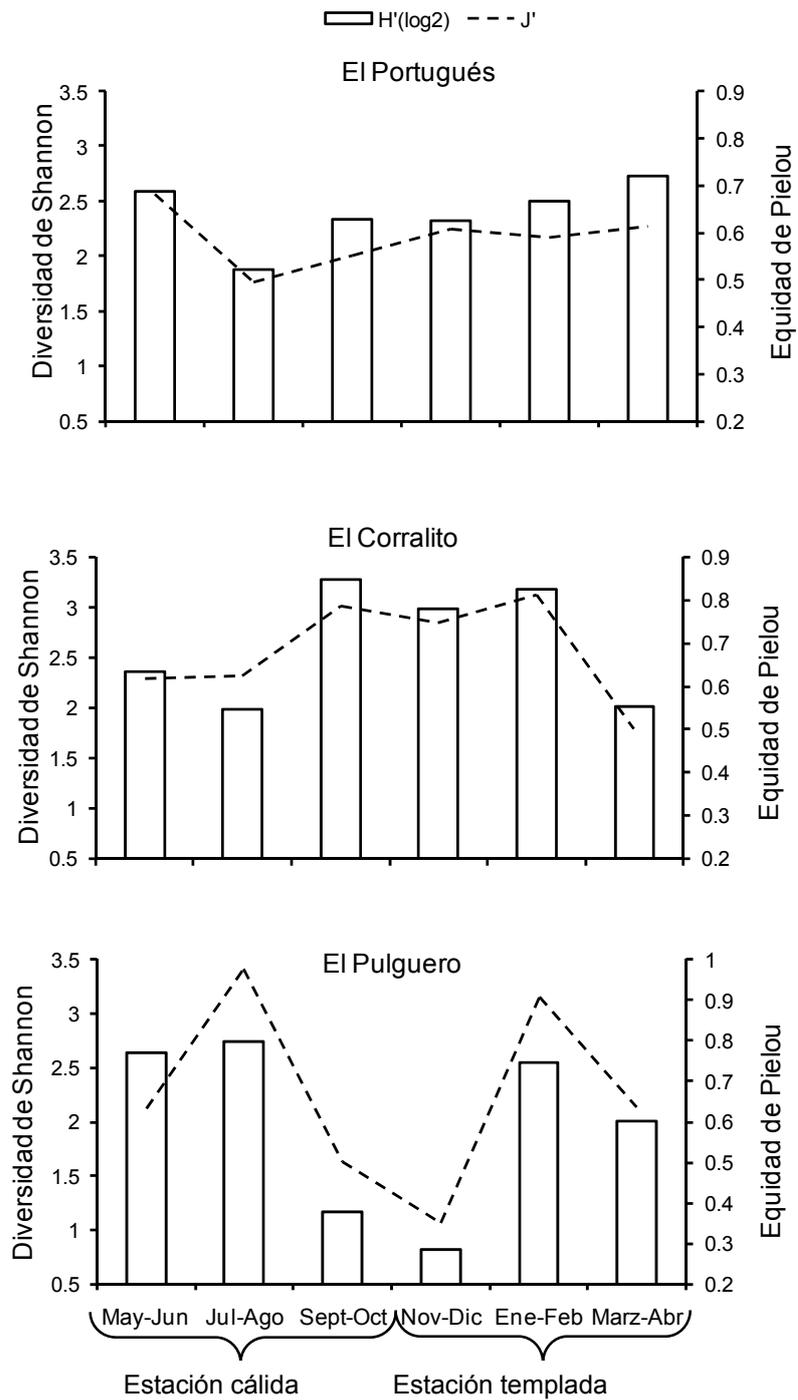


Figura 10. Variación espacial y temporal de los índices de diversidad y equidad en los sitios de muestreo (2009 - 2010).

En los sitios de muestreo la prueba Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas únicamente en la riqueza específica, donde El Portugués presentó un promedio de 16 especies cada bimestre en comparación con El Corralito (S=14) y El Pulguero cuyo valor de riqueza fue el más bajo (S=8). En relación a la diversidad y equidad, a pesar de la ausencia de diferencias significativas entre sitios, El Corralito fue el más diverso y presentó una equidad mayor en comparación a los otros sitios, lo que indicó una distribución más homogénea de la abundancia de sus especies (Tabla 8).

Tabla 8. Variación espacial de los índices ecológicos de riqueza, diversidad y equidad del phylum Mollusca.

Índice Ecológico	El Portugués	El Corralito	El Pulguero	Prueba Kruskal-Wallis
Riqueza	16±1.36	14.60±1.53	8.4±2.72	(H <sub>(2, 18)</sub> = 6.93 p = 0.03)
Diversidad	2.39± 0.14	2.63 ± 0.29	1.98 ± 0.45	(H <sub>(2, 18)</sub> = 1.37; p = 0.50).
Equidad	0.59 ± 0.03	0.68 ± 0.06	0.61 ± 0.13	(H= <sub>(2, N= 18)</sub> = 1.36 p = 0.50 )

## 6.3 RECLUTAMIENTO DEL PHYLUM ECHINODERMATA

### 6.3.1 Patrón espacio-temporal

Se obtuvieron un total de 507 organismos pertenecientes a 10 especies 8 géneros, 7 familias, 6 órdenes y 4 clases del Phylum Echinodermata (Tabla 9). El reclutamiento fue estacional, comprendió los bimestres de septiembre-octubre y noviembre-diciembre de 2009 y enero-febrero de 2010. Mediante la dominancia simple, se identificaron tres especies de importancia *Holothuria (Thymiosycia) impatiens* (76.33%), *Holothuria (Thymiosycia) arenicola* (12.82%) y *Arbacia incisa* (6.11%) con un porcentaje acumulado del 95 % de la abundancia total. Las clases menos representadas fueron: Asteroidea con una especie (*Nidorellia armata*) y Ophiuroidea con dos (*Ophiactis savignyi* y *Ophiotrix* sp.).

Tabla 9. Listado de especies de equinodermos de acuerdo a Blake (1987) y Maluf (1988).

Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
Echinodermata	Asteroidea	Valvatida	Oreasteridae	<i>Nidorellia</i>	<i>Nidorellia armata</i> (Gray, 1840)
	Ophiuroidea	Ophiurida	Ophiactidae	<i>Ophiactis</i>	<i>Ophiactis savignyi</i> (Murell y Troschell, 1842)
			Ophiotrichidae	<i>Ophiothrix</i>	<i>Ophiothrix sp.</i>
	Echinoidea	Cidaroida	Cidariidae	<i>Eucidaris</i>	<i>Eucidaris thouarsii</i> (Valenciennes, 1846)
				<i>Hespedocidaris</i>	<i>Hespedocidaris asteriscus</i> H. L. Clark, 1948
		Diadematoida	Diadematidae	<i>Centrostephanus</i>	<i>Centrostephanus coronatus</i> (Verrill, 1867)
		Arbacioida	Arbaciidae	<i>Arbacia</i>	<i>Arbacia incisa</i> (A. Agassiz, 1863)
	Holothuroidea	Aspidochirotida	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>Holothuria (Thymiosycia) arenicola</i> (Semper, 1868)
					<i>Holothuria (Thymiosycia) impatiens</i> (Forskaal, 1775)
					<i>Holothuria. (Halodeima) inornata</i> Semper, 1868

Debido al reducido número de especies y alta dominancia observada, a nivel espacial se registraron valores bajos en la riqueza y diversidad. El Portugués presentó el valor más alto ( $H'=1.78$  bits/ind;  $S=8$ ) en comparación con El Pulguero ( $H' = 1.12$  bits/ind;  $S=4$ ) y El Corralito ( $H'= 0.31$  bits/ind;  $S= 4$ ). La equidad mediante el índice de Pielou mostró valores de  $J'= 0.59$  y  $0.56$  para El Portugués y El Pulguero, respectivamente, siendo El Corralito el que presentó el valor más bajo  $J'=0.12$ .

La variación temporal del reclutamiento en los sitios de muestreo, mostró que el mayor número de especies de este grupo se presentó durante el bimestre septiembre–octubre de 2009. El Portugués presentó una mayor riqueza y diversidad en comparación con El Corralito y El Pulguero, cuyos valores fueron más bajos. La equidad mostró ser muy variable entre sitios y bimestres, presentó su valor más bajo durante el bimestre noviembre-diciembre de 2009 en la localidad de El Portugués y su valor más alto en la localidad de El Corralito durante ese mismo periodo (Tabla 10).

Tabla 10. Variación temporal de los índices ecológicos del phylum Echinodermata en los sitios de muestreo.

Bimestres	El Portugués			El Corralito			El Pulguero		
	S	H'(log <sub>2</sub> )	J'	S	H'(log <sub>2</sub> )	J'	S	H'(log <sub>2</sub> )	J'
Sept-Oct	7	2.25	0.80	3	0.32	0.20	4	1.13	0.56
Nov-Dic	5	1.61	0.69	1	--	--	--	--	--
Ene-Feb	4	0.42	0.21	2	0.91	0.92	--	--	--

## 6.4 ANÁLISIS MULTIVARIADOS

### 6.4.1 Análisis de similitud

Mediante el análisis de similitud se observó en cada sitio de muestreo, la formación de agrupaciones de bimestres basadas en la composición y abundancia de especies. El Portugués mostró a un nivel de corte de 0.91 la formación de dos grupos, el primero formado por los bimestres septiembre-octubre y noviembre-diciembre de 2009 y enero-febrero de 2010 (referidos como parte de la estación templada) y el segundo por mayo-junio de 2009 (bimestre de principio de la estación cálida) y marzo-abril de 2010 (bimestre final de la estación templada) (Fig. 11A). El Corralito presentó de manera similar dos agrupaciones (nivel de corte 0.64), la primera conformada por los bimestres noviembre-diciembre de 2009 y enero-febrero de 2010 (estación templada) y la segunda por los bimestres mayo-junio, julio-agosto y septiembre-octubre de 2009 (estación cálida) Fig. 11B). Finalmente, El Pulguero a un nivel de corte de 0.48 mostró dos agrupaciones correspondientes a los bimestres

cálidos junio-agosto y septiembre-octubre de 2009 y a los bimestres templados noviembre-diciembre, enero-febrero de 2009 y marzo-abril de 2010 (Fig. 11C).

Dado lo anterior, el índice Morisita indicó el grado de similitud entre las agrupaciones formadas, valores cercanos a uno indican poca variabilidad entre grupos y valores menores o cercanos a cero una mayor variabilidad. En el sitio de El Portugués se observó a un nivel de corte de 0.91 una baja variabilidad entre grupos, lo que indicó una composición y abundancia de especies relativamente similar entre bimestres, indicando de igual forma una menor variación estacional (cálida Vs. templada), en comparación con El Pulguero cuyas agrupaciones se dieron a un nivel de corte de 0.48 y presentaron una mayor variabilidad, posiblemente indicando una diferencia estacional en la composición y abundancia de sus especies. El sitio de El Corralito también presentó una mayor variabilidad en la conformación de sus grupos a un nivel de corte de 0.64 respecto al sitio de El Portugués, aunque menor en comparación a El Pulguero.

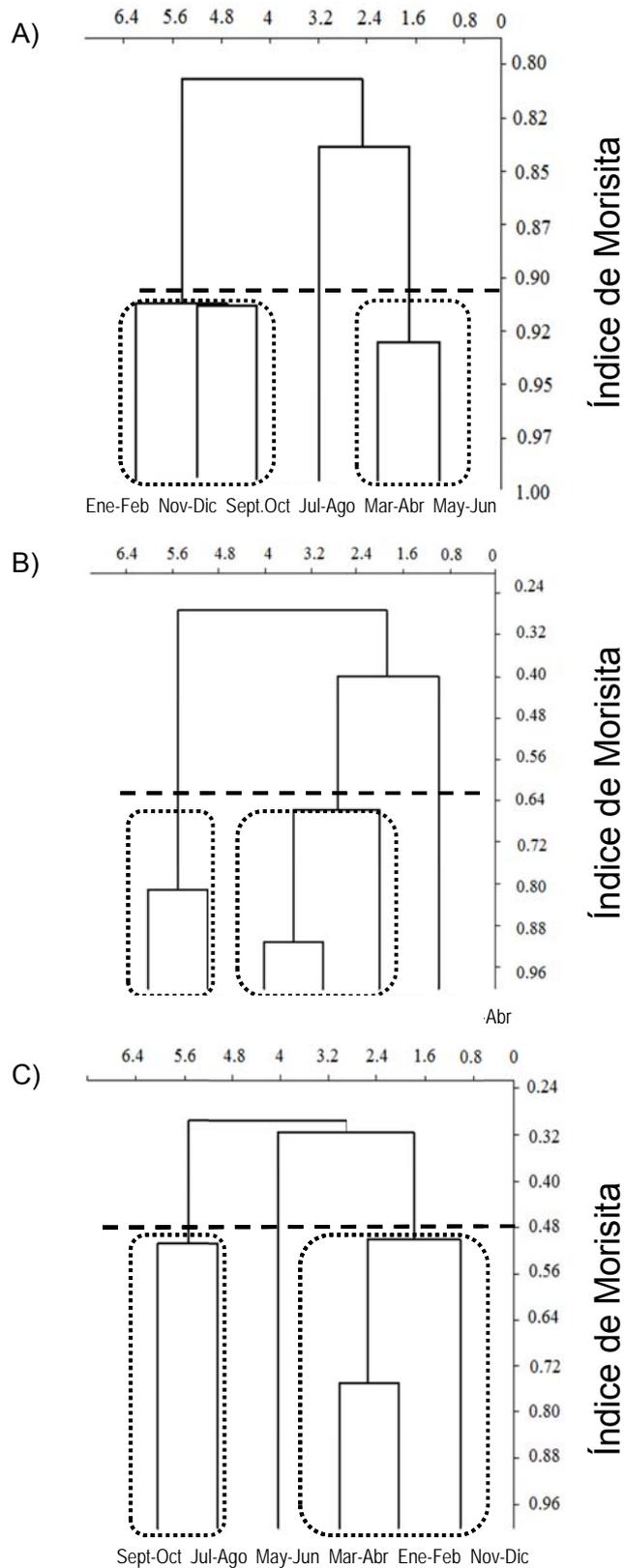


Figura 11. Dendrogramas de similitud cronológica por sitio de muestreo, mediante el índice Morisita y la unión media no ponderada: A) El Portugués, B) El Corralito y C) El Pulguero.

## 6.4.2 Análisis de correspondencia canónica

Se realizó un análisis de correspondencias canónicas con la finalidad de observar la relación de las especies más abundantes respecto a las variables ambientales (Fig. 12). La correlación mediante esta prueba mostró una  $r^2=0.85$ .

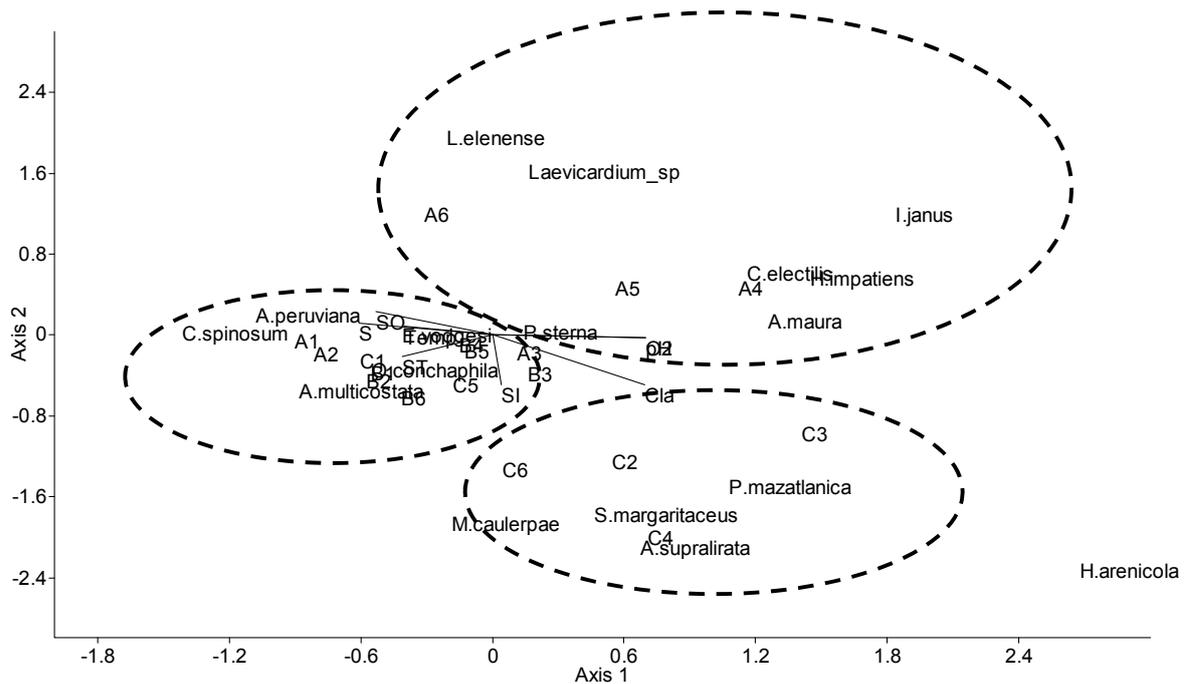


Figura 12. Diagrama del análisis de Correspondencia Canónica, agrupación de las variables Vs. las 17 especies más abundantes en los sitios y bimestres de muestreo. En letras las localidades: A) El Corralito, B) El Portugués y C) El Pulguero. En números los bimestres de muestreo; 1) mayo-junio, 2) julio-agosto, 3) septiembre-octubre, 4) noviembre-diciembre, 5)

Se observó mediante este análisis la conformación de tres grupos, el primero formado por las especies *Laevicardium elenense*, *Laevicardium sp*, *Isognomon janus*, *Cymatioa electilis*, *Atrina maura*, *Pteria sterna* y *Holothuria (Thymiosyca) impatiens* asociadas con el sitio de El Corralito en los bimestres noviembre-diciembre, enero-febrero y marzo-abril (estación templada), el segundo formado por las especies *Mitrella caulerpae*, *Serpulorbis margaritaceus*, *Pinctada mazatlanica* y *Alaba supralirata* asociadas a el sitio de El Pulguero en los bimestres julio-agosto y

septiembre octubre (estación cálida) y marzo-abril (final de la estación templada), y finalmente un tercero conformado por las especies *Ostrea conchaphila*, *Anomia peruviana*, *Crucibulum spinosum*, *Anadara multcostata* y *Euvola vogdesi* principalmente al sitio de El Portugués, aunque se incluyen también los otros dos sitios de muestreo, los bimestres en este grupo pertenecen a ambas estaciones (cálida y templada). La relación respecto a las variables ambientales mostró que el primer grupo se asoció al pH y oxígeno disuelto, mientras que el segundo grupo se asoció a la clorofila *a* y el tercero al seston total, seston orgánico y temperatura principalmente.

## 6.5 ESTRUCTURA DE TALLAS ESPECIES DOMINANTES

A continuación se presenta la estructura de tallas de las especies más abundantes de los phyla Mollusca y Echinodermata.

### 6.5.1 *Ostrea conchaphila* (Carpenter, 1857)

Fue la especie más abundante en el presente estudio, es un bivalvo perteneciente a la Familia Ostreidae cuya dominancia fue tanto espacial como temporal en el ciclo anual de muestreo. De un total de 647 organismos medidos se obtuvo una talla promedio de  $1.12 \pm 0.015$  cm, con una talla mínima de 0.5 cm y una máxima de 2.9 cm. Las tallas más frecuentes en todos los bimestres correspondieron a organismos entre 0.5 a 1.0 cm y 1.0 cm a 1.5 cm, sin embargo durante el bimestre de noviembre-diciembre de 2009 se observó una mayor frecuencia de organismos de más grandes entre 1.5 a 2.0 cm y de 2.0 a 2.5 cm (Fig. 13).

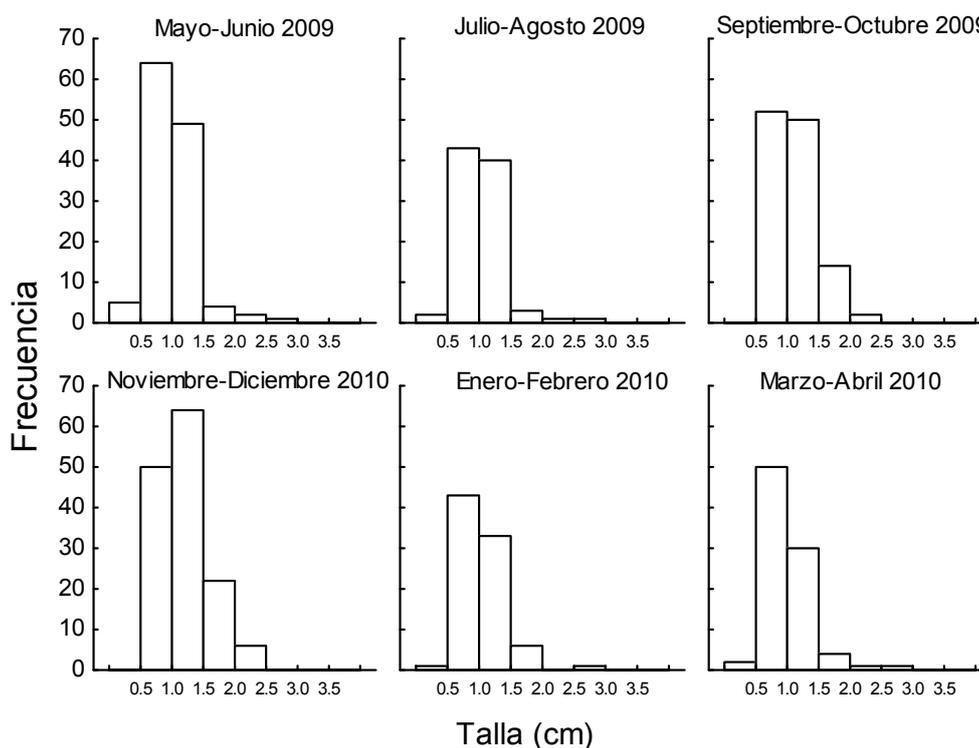


Figura 13. Variación temporal de la frecuencia de tallas de *Ostrea conchaphila* en la Bahía de la Paz, B.C.S.

### 6.5.2 *Crucibulum spinosum* (Sowerby, 1824)

Fue el gasterópodo más abundante, perteneciente a la familia Calyptraeidae. Con un total de 240 individuos examinados presentó una talla promedio de  $1.14 \pm .04$  cm, con un talla mínima de 0.3 cm y una máxima de 3.8 cm. La frecuencia de tallas a nivel temporal fue variable, sin embargo se observó un mayor número de individuos con tallas entre 0.5 a 1.0 cm y de 1.0 a 1.5 cm durante los bimestres de mayo-junio, noviembre-diciembre de 2009 y enero-febrero de 2010, las tallas más grandes se presentaron principalmente durante marzo-abril de 2010 (Fig. 14).

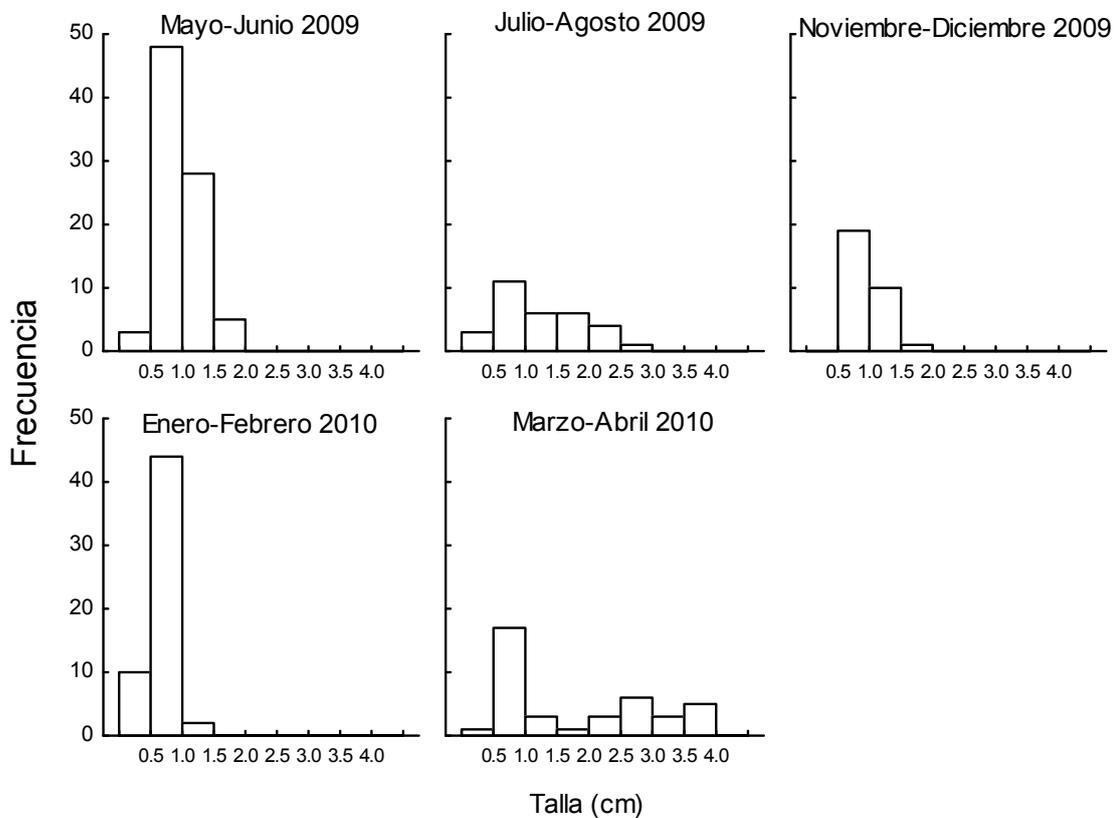


Figura 14. Variación temporal de la frecuencia de tallas de *Crucibulum spinosum* en la Bahía de la Paz, B.C.S.

### 6.5.3 *Atrina maura* (Sowerby, 1835)

Fue una de las especies de moluscos dominantes en este estudio, es un bivalvo de importancia comercial perteneciente a la familia Pinnidae. Se examinaron un total de 187 organismos y presentó una talla promedio de  $2.86 \pm .08$  cm, con una talla mínima de 0.5 cm y una máxima de 6.3 cm. La variación temporal en la frecuencia de tallas mostró con la excepción de noviembre-diciembre de 2009 una baja abundancia de reclutas, donde predominaron organismos de tallas entre 1.5 a 2.5 cm y de 2.5 a 3.5 cm. Las tallas más pequeñas de 0.5 a 1.5 cm tuvieron una baja frecuencia en todos los bimestres, tallas más grandes se registraron durante los bimestres de julio-agosto y septiembre-octubre de 2009. Durante marzo-abril se presentó el menor número de organismos con una talla entre 2.5 y 3.5 cm. (Fig. 15).

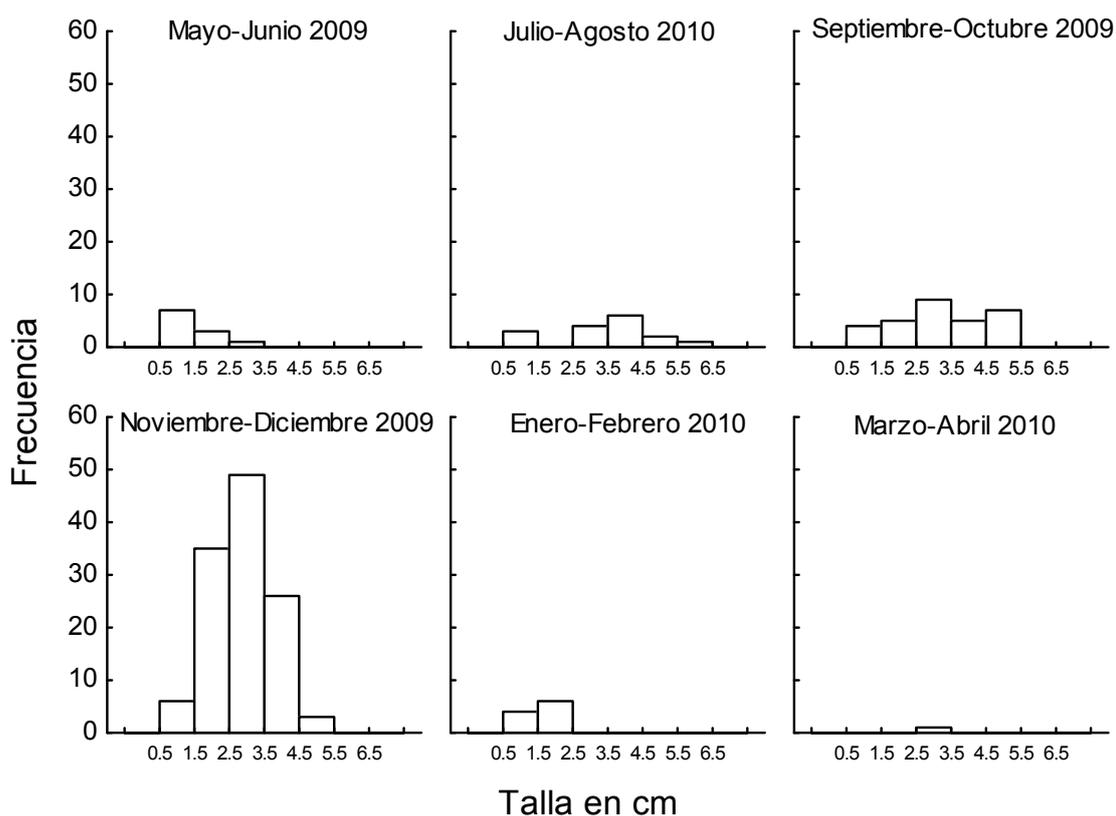


Figura 15. Variación temporal de la frecuencia de tallas de *Atrina maura* en la Bahía de la Paz, B.C.S.

#### 6.5.4 *Anomia peruviana* Orbigny, 1846

Perteneiente al Phylum Mollusca, fue una de las especies de bivalvos dominantes en este estudio. Se examinaron un total de 127 individuos y presentó una talla promedio de  $1.54 \pm 0.07$  cm, con una talla mínima de 0.4 cm y una máxima de 4.3 cm. Durante el bimestre de mayo-junio de 2009 se presentó el mayor número de organismos donde la talla más frecuente fue de 0.5 a 1.5 cm, similar en los bimestres de julio-agosto y septiembre-octubre de 2009. Las tallas más grandes de en estos organismos se observaron durante noviembre-diciembre de 2009 (Fig. 16). No se incluyó el bimestre de enero-febrero de 2010 porque no se obtuvieron organismos de esta especie en esos meses.

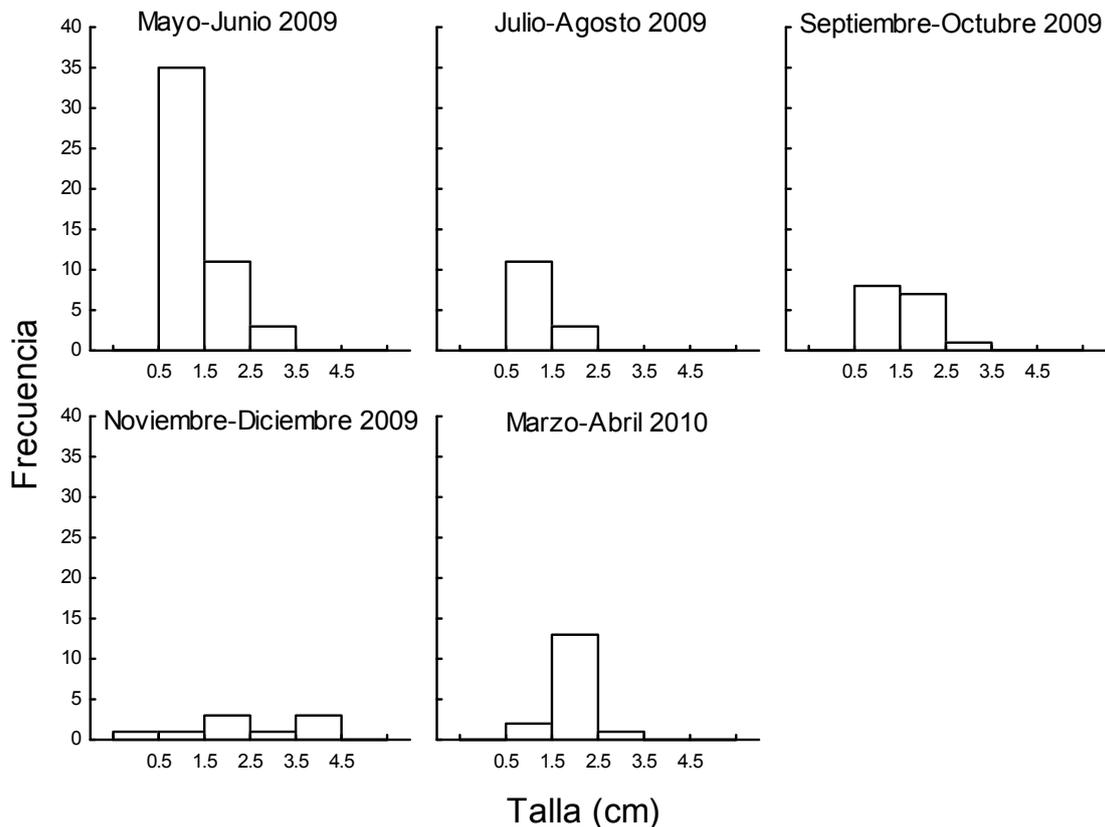


Figura 16. Variación temporal de la frecuencia de tallas de *Anomia peruviana* en la Bahía de la Paz, B.C.S.

#### 6.5.4 *Holothuria (Thymiosycia) impatiens* (Forskaal, 1775)

Perteneciente al phylum Echinodermata, fue la segunda especie dominante del patrón general de reclutamiento, es un pepino de mar perteneciente a la familia Holothuridae. El reclutamiento de esta especie fue estacional, se recolectaron organismos durante los bimestres de septiembre-octubre y noviembre-diciembre de 2009 y enero-febrero de 2010. Se examinaron un total de 290 individuos, presentaron una talla promedio de  $0.94 \pm .02$  cm con una mínima de 0.2 cm y una máxima de 4.8 cm. De manera general se presentó el mismo patrón en la distribución de la frecuencia de tallas en los bimestres, una baja frecuencia de organismos menores a 0.5 cm y mayores a 2.0 cm de longitud y alta frecuencia en organismos entre 0.5 a 1.0 cm y de 1.0 a 1.5 cm; sin embargo los bimestres de noviembre-diciembre de 2009 y enero-febrero de 2010 presentaron una mayor abundancia de reclutas en comparación a septiembre-octubre de 2009 (Fig.17).

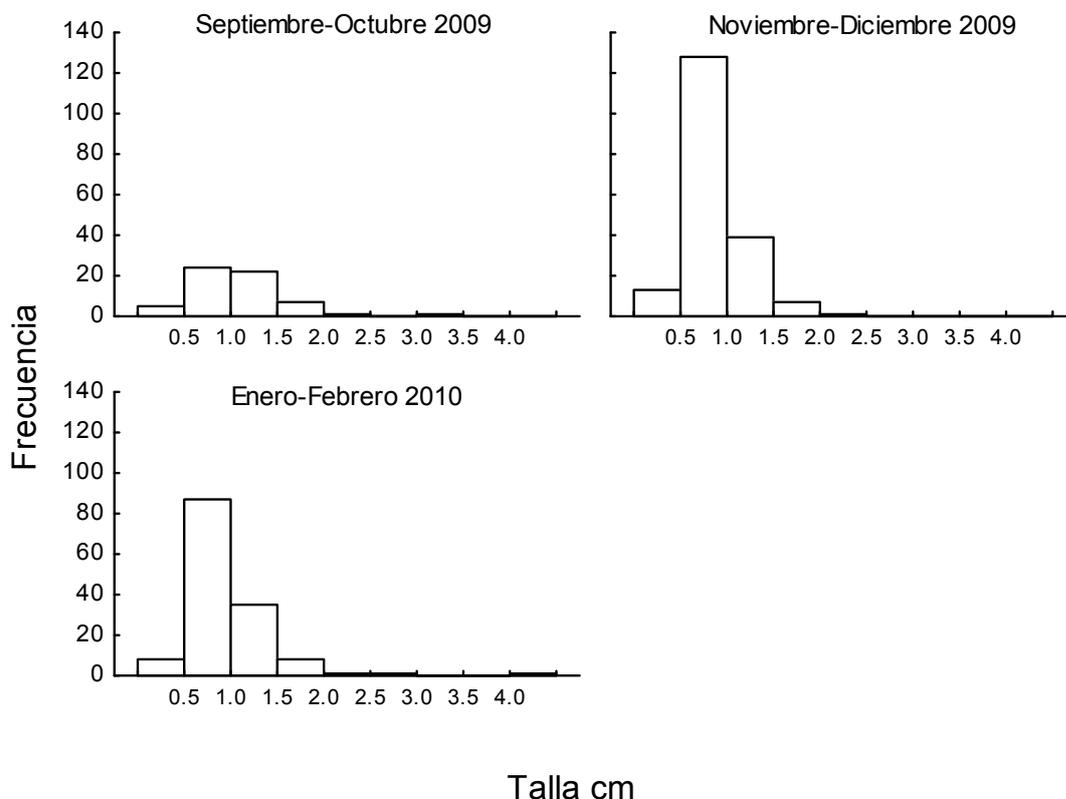


Figura 17. Variación temporal de la frecuencia de tallas de *Holothuria (Thymiosycia) impatiens* en la Bahía de la Paz, B.C.S.

## 7. DISCUSIÓN

En este estudio el reclutamiento de los moluscos y equinodermos exhibió temporalmente un comportamiento diferente, continuo en el primero y estacional (septiembre 2009 a febrero 2010) en el segundo, con diferencias significativas en la abundancia y riqueza específica entre grupos.

Las diferencias temporales en el reclutamiento han sido atribuidas entre otros factores a los cambios en la composición y abundancia del suministro larvario (Chesson, 1998;). La presencia estacional de distintos grupos de larvas de invertebrados bentónicos ha sido observada en varias investigaciones (Standwell-Smith *et al.*, 1999; Greenwood *et al.*, 2000). Este cambio temporal responde biológicamente a la periodicidad e intensidad con la que se produce el desove de las poblaciones, por el efecto que tiene en la producción de larvas (Marshall *et al.*, 2009). Estudios sobre la reproducción de equinodermos de interés ecológico y comercial indican la predominancia de ciclos anuales en su reproducción, donde el desove se produce en una sola estación asociada a temperaturas cálidas (Bakus, 1973; Babcock & Mundy, 1992; Sewel, 1992; Zamora, 1992; Conand, 1993; Bos *et al.*, 2008). Observada en algunas especies de pepinos de mar como *Isostichopus fuscus*, *Holothuria (Selenkothuria) lubrica* y *H. kefersteini* en la Bahía de La Paz (Fajardo-León *et al.*, 1995; Vázquez *et al.*, 1996; Herrero-Pérezrul *et al.*, 1999; Skarbnik-López, 2006, Montuy-Gómez., 2008). Se puede sugerir que la presencia de las especies de equinodermos en este estudio deriva de la presencia estacional de sus larvas. El pepino de mar *Holothuria (Thymiosycia) impatiens* fue la especie más abundante de este grupo y dio la pauta general de este tipo de reclutamiento, los juveniles de esta especie se presentaron principalmente durante los bimestres de noviembre-diciembre y enero-febrero en el sitio El Corralito.

En los moluscos la reproducción suele ser más variable, existen especies que presentan ciclos anuales (e.g. *Argopecten circularis*) y continuos en su reproducción (e.g. *Crassostrea virginica*, *Mytilus edulis*) (García-Domínguez, 2002). Su contribución al suministro larvario, aunque diferente entre especies, puede ser más constante en comparación a los equinodermos favoreciendo su presencia continua. De acuerdo a la periodicidad y duración del reclutamiento, Baqueiro & Aldana (2003) señalan en moluscos de importancia comercial la existencia de especies con un solo período de reclutamiento limitado a una época del año como *Strombus gracilior*, especies con dos o más periodos de reclutamiento como *Anadara tuberculosa* y especies con un reclutamiento constante con uno o más picos bien definidos

como *Chione undatella* y *Dosinia ponderosa*. En este estudio, los moluscos más abundantes presentaron especies con un reclutamiento continuo constante como *Ostrea conchaphila*, continuo con un pico máximo de abundancia como *Isognomon janus* y con dos picos como *Anadara multicosata* (Fig. 9).

La relación que existe entre el ciclo reproductivo (en función al desove) y patrón del reclutamiento de las especies ha sido reportado por varios autores; se considera variable espacialmente debido a su dependencia de las condiciones ambientales particulares en las localidades y la respuesta biológica que genera en las poblaciones (Baqueiro *et al.* 1982; Baqueiro, 1998). De acuerdo a la información disponible, en este estudio se observó una posible correspondencia entre el ciclo reproductivo y el reclutamiento de *Atrina maura*, los juveniles se presentaron durante todo el año con un periodo máximo de abundancia durante el bimestre noviembre-diciembre 2009. La reproducción de esta especie dentro de la Bahía de La Paz de acuerdo a Camacho-Mondragón (2009) es continua con un pico estacional de desove correspondiente a los meses cálidos (septiembre y octubre). Considerando el tiempo del desarrollo larvario es posible que exista una correspondencia entre estos procesos en la localidad.

El reclutamiento de los moluscos y equinodermos se observó de manera global a través de la variación temporal de la abundancia de los juveniles recolectados (Fig. 7), a pesar de la ausencia de diferencias significativas entre bimestres de muestreo se observó de manera general un mayor número de reclutas durante los bimestres correspondientes a la estación templada (noviembre 2009 - abril 2010) (anexo1). Esto posiblemente se relaciona con lo sugerido por autores como Villalejo-Fuerte *et al.* (1996) y Calderon *et al.* (2010), que mencionan que los periodos con una elevada producción larvaria coinciden con una mayor productividad lo que puede favorecer un mayor reclutamiento. En la Bahía de la Paz, aunque no es propiamente una zona templada sino sub-tropical, si presenta un marcado cambio estacional en sus características climáticas y oceanográficas, donde se presentan concentraciones mayores de *clorofila a* durante el invierno y principios de primavera y concentraciones menores en verano (Martínez-López *et al.* 2001; Reyes-Salinas *et al.* 2003; Cervantes-Duarte *et al.*, 2005).

Por otra parte, la dispersión larvaria a nivel espacial, ha sido identificada como un factor modulador del reclutamiento, debido a su implicación en los mecanismos a través de los cuales las larvas llegan a los sitios de fijación (Kessing *et al.*, 1993; Miller 1997; Pineda *et al.*,

2010). La distribución de los organismos reclutados ha sido considerada un reflejo de los patrones de circulación imperantes en el ambiente y pueden ser indicativos de zonas de mayor reclutamiento y zonas que no favorecen el mismo. Mediante la evaluación temporal de los índices ecológicos se observó que entre sitios, el Corralito y El Portugués presentaron valores relativamente altos durante todo el ciclo anual de muestreo en comparación con El Pulguero (Tabla 7) que presentó un comportamiento variable marcado por la disminución estacional de estos índices (correspondientes a los bimestres de septiembre-octubre y noviembre-diciembre 2009 (Fig.10). Esto puede sugerir que El Pulguero es un sitio relativamente inestable donde el reclutamiento de las especies suele ser bajo tanto en riqueza como en abundancia.

En la Bahía de La Paz los principales mecanismos que inducen la circulación se encuentran estrechamente relacionados a los patrones de vientos y mareas (Obeso et al., 1993; Jiménez-Illescas, 1996). La circulación puede favorecer el transporte larvario en la zona costera de la bahía, reflejada en el reclutamiento de moluscos y equinodermos en los sitios de muestreo; sin embargo, en El Pulguero dicho reclutamiento puede verse afectado estacionalmente, en principio debido a su ubicación en la zona de influencia del Canal San Lorenzo (Fig. 3) caracterizada por sus altas velocidades de corrientes y turbulencia ( $0.3-0.6 \text{ m s}^{-1}$ ) (Jiménez-Illescas, 1996; 1997) y además por el efecto que tienen los vientos del norte y noroeste (invierno y primavera) en la hidrodinámica de la bahía. Algunos autores han reportado la influencia de procesos de microescala en la fijación larvaria (Denny & Shibata, 1989; Eckman, 1990). Entre ellos la turbulencia ha sido considerada de gran relevancia. Crimaldi *et al.* 2002 observaron el efecto de este factor en la fijación del bivalvo *Potamocorbula amurensis*, mediante el diseño experimental de diferentes velocidades de turbulencia ( $8 \text{ cm s}^{-1}$  y  $40 \text{ cm s}^{-1}$ ) reportaron el efecto negativo de la resuspensión causada por altas velocidades en la fijación de las larvas al sustrato. Dado lo anterior es posible que estacionalmente la baja abundancia de reclutas en El Pulguero se deba al efecto negativo de la hidrodinámica que ocasiona una menor fijación larvaria en este sitio.

Adicionalmente, la morfología y geología costera tienen un efecto importante en el reclutamiento, presentando contrastes entre zonas protegidas que permiten una mayor retención larvaria y reclutamiento en comparación a zonas expuestas que tienen un efecto opuesto (Connell, 1985; Alexander & Roughgarden, 1996). Es posible que las diferencias espaciales en la abundancia de los juveniles reclutados se haya relacionado con las

características topográficas de cada sitio al presentarse el contraste entre una zona protegida como lo es El Corralito y expuesta como lo es El Pulguero.

En lo referente a la dominancia, ocho especies (siete moluscos y un equinodermo) presentaron un porcentaje acumulado del 75% de la abundancia total. El bivalvo *Ostrea conchaphila* se diferenció del resto, por presentar una abundancia considerablemente más alta y una presencia relativamente constante entre localidades (anexo 1) y bimestres de muestreo (Fig. 7A). Biológicamente un alto nivel de reclutamiento en las especies, implica ya sea una alta tasa de fijación o una alta sobrevivencia de sus organismos. En moluscos formadores de colonias como los mitílidos (e.g *Mytilus edulis*) y ostras (e.g *Cassotrea virginica*; *Ostrea edulis* y *O. lurida*) el reclutamiento se presenta usualmente en altas abundancias (Bayne 1969; Veitch & Hidu, 1971; Seale & Zacherl; 2009; White *et al.*, 2009) lo cual sugiere el comportamiento gregario de sus larvas. Estudios sobre la ecología de los invertebrados bentónicos han descrito este comportamiento en otras especies, descubierto inicialmente en poblaciones de balanos de la especie *Elmnius modestus*, se ha observado de igual forma en briozoarios, poliquetos y ascidias (Bayne 1969; Seale & Zacherl; 2009; White *et al.*, 2009; Pineda *et al.*, 2010). El resto de las especies dominantes presentaron un componente estacional marcado por la variación temporal de su abundancia (Fig. 7) y espacial por las diferencias presentadas entre las localidades (Tabla 4). Al considerar la distinción de dos temporadas climáticas, en los resultados se observó la afinidad de algunas especies como *Pinctada mazatlánica* (estación cálida) y *Pteria sterna* (estación templada).

Los indicadores de la estructura comunitaria, en relación a la diversidad, en general presentaron valores altos y la equidad indicó la distribución heterogénea de la abundancia espacial y temporalmente. Las diferencias significativas se presentaron solo en los valores de la riqueza específica, atribuidas a las especies no compartidas entre sitios. Solo 21 de las 70 especies reclutadas fueron comunes a todas ellas (anexo 2). El Portugués presentó un mayor número de especies únicas (18) en comparación con El Corralito (14) y El Pulguero (5). Esto sugiere que el reclutamiento entre sitios tiene una composición específica diferente, con una riqueza más alta en la zona norte de la bahía en comparación con la zona sur.

Dado lo anterior, la selectividad larvaria juega un papel importante en los patrones de distribución de las especies, donde indicadores físicos, químicos o biológicos en el sustrato pueden favorecer la fijación de los organismos (Kasyanov, 2001; Jenkins *et al.*, 2009). Es posible que la mayoría de estas especies no compartidas hayan mostrado cierta selectividad

hacia un sitio en particular, aunque se presentaron en bajas abundancias, 44 especies presentaron menos de 10 individuos (anexo 2)

De acuerdo a algunos autores, estas bajas abundancias podrían responder a la especificidad del hábitat del estadio juvenil de los organismos reclutados, debido a las estrategias que adoptan sus larvas durante la fijación (Bishop *et al.*, 2006). Mientras más específico sea su hábitat, en la ausencia de indicadores del sustrato adecuado mayor será su capacidad para mantener el estado competente. Larvas competentes son aquellas que retrasan la metamorfosis a pesar de estar totalmente capacitadas para hacerlo (Pineda *et al.* 2010). Entre las estrategias adoptadas por las larvas de algunos invertebrados bentónicos, se encuentra la hipótesis de "Death before dishonor" (muerte antes que el deshonor) (Hadfield, 2001). Puesta a prueba por Ritson-Williams *et al.*, (2003) en *Phestillia sibogae*, un opistobranquio ramoneador especialista de corales escleractinios del género *Porites*. Observaron que su metamorfosis ocurrió en muy bajas densidades, incluso en condiciones de inanición en la ausencia de su indicador. Entre las especies reclutadas en este estudio se encontraron algunos opistobranquios herbívoros como *Aplysia californica* y *Dolablifera dolablifera* y carnívoros como *Pleurobranchius areolatus*. En general, los opistobranquios se caracterizan por ser carnívoros o herbívoros altamente especializados, por presentar una dieta restringida hacia un género o especie en particular (Behrens & Hermosillo, 2005).

Aunado a lo anterior es inevitable señalar que las bajas abundancias de los organismos reclutados se pueden atribuir al tipo al tipo de colectores empleados durante este trabajo. Dado que estos constituyen un ambiente artificial, que si bien facilita la fijación de numerosos organismos, en especies que son muy selectivas no constituyen un dispositivo tan efectivo.

En el caso particular de los equinodermos, que suelen ser elementos conspicuos y abundantes en los arrecifes de la Bahía (Holguín-Quiñones *et al.*, 2008; Guzmán-Méndez, 2009; Herrero-Pérezrul, 2008), se esperaría que la comunidad de los reclutas se comportara de manera similar. Sin embargo, fue notoria la baja abundancia en los reclutas dentro del grupo, con excepción de *H. impatiens* que fue la más abundante y frecuente (anexo 2).

En general, los componentes principales en el suministro larvario de los equinodermos están conformados por ofiuroideos y equinoideos, y en menor proporción por asteroideos y holoturoideos (Pedrotti & Fenaux, 1992; Greenwood, 2000). Este patrón ha sido observado previamente en la Bahía de La Paz en un estudio sobre el zooplancton (Medina, 1979), lo

cual sugiere que las larvas están presentes en la zona pero no se reclutaron en este estudio. Esto pudiera indicar que algunas larvas de equinodermos son muy selectivas y respondieron de manera negativa al tipo de colector.

En otras investigaciones, se ha observado el reclutamiento de los equinodermos mediante el uso de otro tipo de colectores artificiales, donde ofiuros y equinoideos constituyeron el componente principal de los reclutas encontrados, con una proporción menor de asteroideos y holoturoideos (Keesing *et al.*, 1993; Balch, 1999). Es probable que entre las clases de equinodermos, la Asteroidea sea la que presente una mayor selectividad y esto podría explicar porque no se encontraron reclutas pertenecientes a esta clase durante este trabajo, aún cuando existen especies tan abundantes y frecuentes como *Phataria unifascialis*, estrella que se reproduce todo el año (Herrera-Escalante, 2005) y que además es la dominante en la costa rocosa y comunidades arrecifales del Golfo de California y Pacífico mexicano, incluyendo la Bahía de La Paz (Reyes-Bonilla *et al.*, 2005; Guzmán-Méndez, 2009; Herrero-Pérezrul, 2008). A pesar de los problemas y limitaciones asociados al estudio del reclutamiento, el uso de colectores artificiales continúa siendo una herramienta útil para la evaluación de este proceso.

.En relación a las variables ambientales, de acuerdo con varios autores, la estacionalidad en la Bahía de La Paz está marcada por cambios temporales en la temperatura superficial del agua y otras variables como la clorofila a (Martínez-López *et al.* 2001; Salinas-González *et al.* 2003). Obeso-Nieblas *et al.* (2008) registran los valores más altos de temperatura y más bajos de clorofila entre el verano y el otoño, en contraste con las temperaturas más bajas y valores más altos de clorofila durante invierno y primavera. En el presente estudio detectamos que estas variables se comportaron de manera similar (anexo 4).

Finalmente, se puede indicar que la variación en el reclutamiento de moluscos y equinodermos, tiene un componente biológico y ambiental expresado por cambios temporales en la presencia y abundancia de los organismos reclutados en conjunción con los cambios en las variables ambientales. Mediante el análisis de similitud se observó espacialmente diferencias estacionales en el reclutamiento de las especies, de manera más pronunciada en El Pulguero en comparación con El Corralito y El Portugués. El análisis de correspondencias canónicas presentó una correlación significativa entre las variables biológicas y ambientales; al observarse agrupaciones de especies afines a una estación y

sitio de muestreo, se sugiere que en adición al componente estacional del reclutamiento, el componente espacial se puede reflejar incluso entre especies compartidas por su predominancia en un sitio específico.

### **CONCLUSIONES**

- 1) El Phylum Mollusca se reclutó continuamente en contraste con el Phylum Echinodermata cuyo reclutamiento fue estacional (septiembre 2009-febrero 2010)
- 2) Se presentaron diferencias significativas entre grupos, los moluscos se reclutaron en mayor abundancia y riqueza específica en comparación a los equinodermos.
- 3) La variación temporal del reclutamiento indicó una mayor abundancia de reclutas durante la estación templada.
- 4) Las especies dominantes mostraron una afinidad temporal presentando picos de máxima abundancia en el ciclo anual evaluado.
- 5) Se presentaron diferencias espaciales significativas en la riqueza específica, relacionada con las especies no compartidas entre localidades.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, R. T. 1974. *The Marine Mollusca of Atlantic and Pacific Coasts of North America*. American Seashell. Van Nostrand Reinhold Co. New York, 663 p.
- Alexander, S. E. & J. Roughgarden. 1996. Larval transport and population dynamics of intertidal barnacles: a coupled benthic/oceanic model. *Ecol. Monogr.*, 66: 259–275.
- Aliani S. & R. Meloni. 1999. Dispersal strategies of benthic species and water current variability in the Corsica Channel (Western Mediterranean). *Sci. Mar.*, 63 (2): 137–145.
- Álvarez-Arellano A. D., H. Rojas-Soriano & J. J. Prieto-Mendoza. 1997. Geología de la Bahía de La Paz y áreas adyacentes. *En: Urbán-Ramírez J & M. Ramírez-Rodríguez (eds). La Bahía de La Paz, investigación y desarrollo, UABCS-CICIMAR-SCRIPS*. 13–29.
- Arango, L., L. M. Manruque & J. C. Jaimes. 2001. Reclutamiento de juveniles de la langosta *Panilurus argus* con refugios artificiales en el Caribe Colombiano. *Rev. Invest. Mar.*, 22(3): 221–228.
- Arellano-Martínez, M., B. P. Ceballos-Vázquez, C. Ruiz-Verdugo, E. Pérez de León, R. Cervantes-Duarte & P. M. Domínguez-Valdéz. 2011. Growth and reproduction of the lion's paw scallop *Nodipecten subnodosus* in a suspended culture system at Guerrero Negro Lagoon, Baja California Sur, Mexico. *Aquac. Res.*, 42:571–582.
- Arnold W. S., D. C. Marelli, C. P. Bray & M. M. Harrison. 1998. Recruitment of bay scallops *Argopecten irradians* in Florida Gulf of Mexico waters: scales of coherence. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 170: 143–157.
- Balch, T. 1999. *Settlement and recruitment of echinoderms in kelp beds and barrens*. Tesis doctoral. Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia. 187 p.

- Baqueiro C. E., Muciño D. M & R. Menino M. 1982. Análisis de una población de pata de mula *Anadara tuberculosa* en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Cienc. Pesqu. Inst. Nac. Pesc. Secr. Pesc.*, 3: 75-82.
- Baqueiro, E. 1998. *Patrones en la dinámica poblacional y ciclo reproductor de moluscos bivalvos y gasterópodos de importancia comercial en México*. Tesis doctoral, CINVESTAV-IPN, México. 276 p.
- Baqueiro, C. E. & D. Aldana. 2003. Patrones en la biología poblacional de moluscos de importancia comercial en México. *Rev. Biol. Trop.*, 51 (4): 97-107.
- Bakus, J. G. 1973. The biology and ecology of tropical holothurians, 325-367. *En: Jones, O.A. y R. Endean (Edits.).\_Biology and Geology of coral reefs\_*. Academic Press, New York, 410p.
- Babcock, R. C & Mundy, C. N. 1992. Reproductive biology, spawning and field fertilization rates of *Acanthaster planci*. *Austral. J. Mar. Fresh. Reser.*, 43: 525–533
- Bayne B. L. 1969. The gregarious behaviour of the larvae of *Ostrea edulis* at settlement. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 49: 327-356
- Behrens D. W. y A. Hermosillo. 2005. *Eastern Pacific Nudibranchs A Guide to the Opisthobranchs from Alaska to Central America*. Sea Challengers Natural History Books. Estados Unidos. 137 p.
- Bervera, L. H. 2002. *Distribución y abundancia espacio-temporal de semilla de Pinctada mazatlanica (Bivalvia: Pteriidae) en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México*. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN, México. 122 p.
- Bishop C. D., M. J. Hugget, A. Heyland, J. Hodin & B. Brandhorst .2006. Interspecific variation in metamorphic competence in marine invertebrates: the significance for comparative investigations into the timing of metamorphosis. *Integr. Comp. Biol.*, 46 (6): 662-682.
- Black K. P & P. J. Moran .1991. Influence of hydrodynamics on the passive dispersal and initial recruitment of larvae of *Acanthaster planci* (Echinodermata: Asteroidea) on the Great Barrier Reef. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 69:55-65.
- Blanchette C. A. & S. D. Gaines. 2006. Distribution, abundance, size and recruitment

- of mussel, *Mytilus californianus*, across a major oceanographic and biogeographic boundary at Point Conception, California, USA. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 340: 268-279.
- Bos, A.R., S. Girley, J. Gumanao, C. E. Alipoyo & L. T. Cardona. 2008. Population dynamics, reproduction and growth of the Indo-Pacific horned sea star, *Protoreaster nodosus* (Echinodermata; Asteroidea). *Mar. Biol.*, 156:55–63.
- Boxshall, J. A. 2000. The importance of flow and settlement cues to larvae of the abalone, *Haliotis rufescens* Swainson. . *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 254:143-167.
- Broitman, B. R., B.A. Blanchette, B. A. Menge, J. Lubchenco, C. Krenz, M. Foley, P.T. Raimondi, D. Lohse & S. D. Gaines. 2008. Spatial and temporal patterns of invertebrate recruitment along the west coast of the United States. *Ecol. Monogr.* 78(3): 403-421.
- Brown, K. M. & D. C. Swearingen. 1998. Effects of seasonality, length of immersion, locality and predation on an intertidal fouling assemblage in the Northern Gulf of Mexico. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 225: 107-121
- Brusca, R. C. 1980. *Common intertidal invertebrates of the Gulf of California*. Second edition. The University of Arizona press. 427 p.
- Burt, J., A. Bartholomew, A. Bauman, A. Saif & P.F. Sale. 2009. Coral recruitment and early benthic community development on several materials used in the construction of artificial reefs and breakwaters. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 373: 72-78.
- Caddy, J. F & O. Defeo. 2003. *Enhancing or restoring the productivity of natural populations of shellfish and other marine invertebrate resources*. FAO Fisheries Technical paper, N° 448. 135 p.
- Calderon-Aguilera L. E., E. A. Aragón-Noriega, H. Reyes-Bonilla, C. G. Paniagua-Chávez, A. E. Romo-Curiel & V.M. Moreno Rivera. 2010. Reproduction of the Cortes Geoduck *Panopea globosa* (Bivalvia:Hiatellidae) and its relationship with temperatura and ocean productivity. *J. Shell. Res.* 19(1):135-141.

- Camacho-Mondragón M.A. 2009. *Efecto de los fenómenos de "El Niño" y "La Niña" en la reproducción del hacha china Atrina maura (Sowerby, 1835) (Bivalvia: Pinnidae) en la Ensenada de La Paz, B.C.S., México*. CICIMAR-IPN, México, 74 p.
- Caso, M.E 1986. Los equinodermos del Golfo de California colectados en las campañas SIPCO I-II-III, a bordo del B/O El Puma. *An. Centro. Cienc. Mar. Limnol.*, UNAM.12:91-184.
- Caso, M. E. 1994. Estudio morfológico, taxonómico, ecológico y distribución geográfica de los asteroideos recolectados durante las campañas oceanográficas Cortés 1, 2, 3. *An. Inst. Cienc. Mar y Limnol. UNAM. México*, 22: 1-111.
- Cervantes-Duarte, R., G. Verdugo-Díaz., & J. E. Valdez-Holguín. 2005. Modelo estacional de producción primaria estimada mediante fluorescencia natural en una región costera del Golfo de California, México. *Hidrobiol.*, 15(1): 79-87.
- Chaloner, D.T., A.E. Hershey & G.A Lamberti. 2009. Benthic invertebrate fauna. 157-172. *En: Likens G. (Eds.) Encyclopedia of inland waters*. Vol. 2 Elsevier Press, Oxford New York, p.
- Chesson, P. 1998. Recruitment limitation: A theoretical perspective. *Aus. J. Ecol.*, 23: 234-240.
- Cifuentes M., C. Kamlah, M. Thiel, M. Lenz & M. Wahl. 2007. Effects of temporal variability of disturbance on the succession in marine fouling communities in northern-central Chile. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 352: 280-294.
- Cintra-Buenrostro, C. E., H. Reyes-Bonilla & O. Arizpe-Covarrubias. 1999. Los equinodermos (Echinodermata) del Arrecife de Cabo Pulmo, Pacífico de México. *Rev. Biol. Trop.*, 46(2): 341-344.
- Conand, C. 1993. Reproductive biology of the holothurians from the major communities of the New Caledonian Lagoon. *Mar. Biol.*, 116: 439-450.
- Connell, J.H. 1985. The consequences of variation in initial settlement vs. post-settlement mortality in rocky intertidal communities. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 93:11-45.
- Crimaldi J. P., Thompson, J. H. Rosman, R.J. Lowe & J. R. Koseff. 2002.

- Hydrodynamics of larval settlement: The influence of turbulent stress events at potencial recruitment sites. *Limnol. Oceanogr.*, 47(4): 1137-1151.
- Cutress M. B. 1996. Changes in dermal ossicles during somatic growth in Caribbean litoral sea cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea: Aspidochirota). *Bull. Mar. Sci.*, 58 (1): 44-116.
- Daume S., S. Brand-Gardner, & W. J. Woelkerling. 1999. Settlement of abalone larvae (*Haliotis laevis* Donovan) in response to non-geniculate coralline red algae (Corallinales, Rhodophyta). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 234: 125-143.
- De la Cruz-Agüero, G. 1994. *Sistema para el Análisis de Comunidades. Manual del usuario*. Departamento de Pesquerías y Biología Marina. CICIMAR-IPN, México,. 99p.
- Denny W.M & M. F. Shibata.1989. Consequences of surf-zone turbulence for settlement and external fertilization. *Am. Nat.*, 134 (6): 859-889.
- Domínguez O. A. L. 1996. *Aspectos ecológicos de los macromoluscos bentónicos en la Caleta de Balandra, Baja California Sur, México*. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN, México. 56 p.
- Dunstan P.K & C.R Johnson. 1998. Spatio-temporal variation in coral recruitment at different scales on Heron Reef, southern Great Barrier Reef. *Coral Reefs*, 17:71-81.
- Durham, J. W., C. D. Wargner & D. P. Abbott. 1980. Echinoidea: The Sea Urchins, 160-176. *En: Morris H. R., D. P. Abbott & E. C. Hardelie (Eds.), Intertidal invertebrates of California*. Stanford University, Press, Stanford, California, 690 p.
- Ebert T.A, S.C. Schroeter, J. D. Dixon & P. Kalvass. 1994. Settlement patterns of the red and purple sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus* and *S. purpuratus*) in California, USA. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 111:41-52.
- Eckman E.J. 1990. A model of passive settlement by planktonic larvae onto bottoms of differing roughness. *Limnol. Oceanogr.*, 35(4): 887-901.
- Ellien C., E. Thiebaut, A. S. Barnay, J. C. Dauvin, F. Gentil & J.C. Salomon. 2000. The influence of variability in larval dispersal on the dynamics of a marine metapopulation in the eastern Channel. *Acta Oceanológica*, 23(4):423-442.

- Ellien, C., E. Thiébaud, F. Dumas, J.C. Salomon & P. Nival. 2004. A modelling study of the respective role of hydrodynamic processes and larval mortality on larval dispersal and recruitment of benthic invertebrates: example of *Pectinaria koreni* (Annelida: Polychaeta) in the Bay of Seine (English Channel). *J Plankton Res.*, 26(2): 117-132.
- Fajardo-León, M.C, E. Michel-Guerrero, J. Singh-Cabanillas, J.A. Vélez-Barajas, & A. Massó-Rojas. 1995. Estructura poblacional y ciclo reproductor del pepino de mar *Isostichopus fuscus* en Santa Rosalía, B.C.S., México. *Cienc. Pesqu.* 11: 45-53.
- Fuchs, H. L., M. G. Neubert, & L. S. Mullinaeux. 2007. Effects of turbulence mediated larval behavior on larval supply and settlement in tidal currents. *Limnol. Oceanogr.*, 52(3): 1156-1165.
- García-Cuellar J.A., F. García-Domínguez, D. Lluch-Belda & S. Hernández-Vázquez. 2004. El Niño and La Niña effects on the reproductive cycle of the Pearl oyster *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856) (Pteriidae) at Isla Espiritu Santo in the Gulf of California. *J. Shellfish Res.* 23:113-120.
- García-Domínguez, F. A. 1991. *Distribución, abundancia, reproducción y fauna asociada de la almeja roñosa Chione californiensis en la Ensenada de La Paz, BCS, México.* Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN, México, 87 p.
- García-Domínguez F.A. 2002. *Estrategias reproductivas de bivalvos marinos en el noroeste mexicano.* Tesis Doctorado. Universidad de Colima, México 119 p.
- García-Domínguez F, B.P. Ceballos-Vázquez & A. Tripp-Quezada. 1996. Spawning cycle of pearl oyster, *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856) (Pteriidae) at Isla Espiritu Santo, B.C.S, México. *J. Shellfish Res.* 15:297-303.
- González-Medina F.J., Holguín-Quiñones O.E & G. de la Cruz-Agüero 2006. Variación espacio-temporal de algunos invertebrados (Gastropoda, Bivalvia y Echinodermata) de Fondos Someros del Archipiélago Espiritu Santo, B.C.S, México *Ciencias Marinas*, 32(1 A):33-44.
- Gosling, E. M. 2004. *Bivalve Mollusc Biology, Ecology and Culture.* Fishing News Books. Blackwell Science. Gran Bretaña. 439 p.

- Gotshall, D. W. 1987. *Marine Animals of Baja California. A guide to the common fishes and invertebrates*. Sea Challengers. Monterey, California. 112 p.
- Greenwood A., A. K. D. Barns, & R.M. O'Riordan. 2000. Seasonality of Echinoderm Plankton in Lough Hyne Marine Nature Reserve. *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy*, 100B (3): 171-180.
- Guzmán-Méndez I.A.(2009). *Estructura de las asociaciones de algunos invertebrados del archipiélago Espíritu Santo, Baja California Sur, México*. CICIMAR-IPN, México, 84 p.
- Hadfield M.G. E. J. Carpizo-Ituarte, K. Del Carmen & B. T. Nedved. 2001. Methamorphic competence, a major adaptive convergence in marine invertebrate larvae. *Am. Zool.*, 41: 1123-1131.
- Hamel, J.F., R.Y. Hidalgo & A. Mercier. 2003. Larval development and juvenile growth of the Galápagos sea cucumber *Isostichopus fuscus*. *S.P.C. Bêche de mer Inf. Bull.*,18: 3-8.
- Hammer, O., D.A.T. Harper & P.D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and dtata analysis. *Paleantologica Electronica* 4(1):9p.
- Herrera-Escalante, T. 2005. *Dinámica poblacional y reproducción de la estrella de mar Phataria unifascialis (Gray 1843) en Bahía de La Paz, Baja California Sur, México*. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN, México, 80 p.
- Herrera, E. T. 2005. *Dinámica poblacional y reproducción de la estrella de mar Phataria unifascialis (Gray, 1840) (Echinodermata:Asteroidea) en Pichilingue, Bahía de la Paz, Baja California Sur, México*. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN, México, 80p.
- Herrero-Pérezrul, M. D., H. Reyes-Bonilla, F. García-Domínguez & C.E. Cintra-Buenrostro. 1999. Reproduction and growth of *Isostichopus fuscus* (Echinodermata: Holothuroidea) in the southern Gulf of California, México. *Mar. Biol.*135: 521-532.

- Herrero Perezrul M.D. & H. Reyes Bonilla. 2008. Weight-Length relationship and relative condition of the holothurian *Isostichopus fuscus* at Espíritu Santo Island, Gulf of California, México. *Rev. Biol. Trop.* 56: 273-280.
- Highfield, J. M., D. Eloire, D. V. P. Conway, P. K. Lindeque, M. J. Attrill & P. J. Somerfield. 2010. Seasonal dynamics of meroplankton assemblages at station L4. *J. Plankton Res.*, 32 (5): 1-12.
- Hinojosa, M. A. 2004. *Bahía de la Paz: hábitat de desove de peces de la familia Clupeidae*. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN, México. 107p.
- Holguín-Quiñones, O. E., F. García-Domínguez. 1997. Lista anotada de las especies de moluscos recolectadas en la Bahía de la Paz, B.C.S. pp. 93-117. *En: Urban R.J. y M Ramírez (eds.). La Bahía de la Paz, Investigación y Conservación*, UABCS, CICIMAR, SCRIPPS INST. OCEAN. 345 p.
- Holguín-Quiñones, O. E., F. González-Medina, F. Solís-Marín & E. F. Félix-Pico. 2008. Variación espacio temporal de algunos macroinvertebrados (Gastropoda, Bivalvia, Echinodermata y Cnidaria) de fondos someros rocosos de la Isla San José, Golfo de California. *Rev. Biol. Trop.*, 56 (3):1189-1199.
- Houston, R. S. 1980. Mollusca, 130-204. *En: Brusca, R. C (Ed.) Common Intertidal invertebrates of the Gulf of California*. University of Arizona Press, Tucson, Arizona. 513 p.
- Hutchison, N. & G. A. Williams. 2001. Spatio-temporal variation in recruitment on a seasonal, tropical rocky shore: the importance of local versus non-local processes. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 215: 57-68.
- Jenkins, S. R., D. Marshall & S. Franschetti. 2009. Settlement and Recruitment. *En Wahl M. (ed). Mar. Hard Bott. Comm. Ecol. Stud.*, 206(12) : 177-190.
- Jeffrey, S.W. & G.F. Humphrey. 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, C1 and C2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanz.*, 167:191-194.
- Jiménez-Illescas, A. R. 1996. *Análisis de procesos barotrópicos y baroclínicos en la Bahía de La Paz, B.C.S.* Tesis de Doctorado. UNAM, México. 212p.

- Jimenez-Illescas A. R., M. Obeso-Nieblas & D. A. Salas-de León. 1997. Oceanografía física de La Bahía de La Paz, B.C.S., 31-41. *En*: Urbán Ramírez, J.M. & M. Ramírez Rodríguez (Eds.), La Bahía de La Paz, Investigación y Conservación. UABCS-CICIMAR-SCRIPPS, México, 345 p.
- Kasyanov, V. I. 2001. *Reproductive strategy of Marine Bivalves and Echinoderms*. Sciences Publishers, Inc. New Hampshire, E.U.A. 229p.
- Keen, A. M. 1971. *Sea shells of tropical West America. Marine mollusks from Baja California to Peru*. 2ª ed. Stanford University. Press, 1065 p.
- Keesing, J.K., C. M. Cartwright & K.C. Hall. 1993. Measuring settlement intensity of echinoderms on coral reef. *Mar. Biol.*, 117: 399-407
- Kerstitch, A. 1989. *Sea of Cortez Marine Invertebrates. A guide for the Pacific coast Mexico to Ecuador*. Sea Challengers. Monterey, California. 115 p.
- Koch, V., S. J. M. Mazón, F. Sinsel, M. M. Robles & D. Dunn. 2005. Lion's paw scallop (*Nodipecten subnodosus*, Sowerby, 1835) aquaculture in Bahía Magdalena, Mexico: effects of population density and season on juvenile growth and mortality. *Aquaculture Research*, 36:505-512.
- Koehl R.A.M., A. J. Strother, A. M. Reidenbach, R. J. Koseff, & M.G. Hadfield. 2007. Individual-based model of larval transport to coral reefs in turbulent, wave-driven flow: Behavioral responses to dissolved settlement inducer. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 35: 1-18.
- Krebs, C. 1985. *Ecología: estudio de la distribución y la abundancia*. 2ª edición. Harla, México, 753 p.
- Lawrence J. M. 2007. Edible Sea Urchins: Biology and Ecology. 2ª edición. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science. Vol. 37*. Elsevier B.V. Gran Bretaña. 486p.
- Lawrie S.M. & C.D. McQuaid. 2001. Scales of mussel bed complexity: structure, associated biota and recruitment. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 257:135-161.
- Lovatelli A. 2004. *Advances in sea cucumber aquaculture and management*. FAO Fisheries Technical Papers 453. FAO, Roma, 421p.

- Maeda-Martínez, A. N. 2008. Estado actual del cultivo de bivalvos en México. 91-100  
En A. Lovatelli, A. Farías & I. Uriarte (eds). *Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina*. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura, N° 12, Roma, FAO 359 p.
- Marshall J.D. & M. J. Keough. 2003. Variation in the dispersal potencial of non-feeding invertebrate larvae: the desperate larva hypothesis and larval size. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 255: 145-153
- Marshall J.D., C. Styan & C. D. McQuaid. 2009. Larval supply and dispersal. 165-176  
En: M. Wahl (Eds.) *Marine Hard Bottom Communities*. Ecological Studies 206. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 445 p.
- Martínez-Flores G., R. Cervantes-Duarte & E. González-Rodríguez. 2006. Caracterización de la temperatura superficial del mar y climatología de la Bahía de La Paz, B.C.S. México. *Oceánides*, 21(1):81-91.
- Martínez-López, A., R. Cervantes-Duarte, A. Reyes-Salinas & J. E. Valdez-Holguín. 2001. Cambio estacional de clorofila *a* en la Bahía de La Paz. *Hidrobiológica*, 11(1):45-52
- Medina, R.M.D (1979). Análisis sobre la distribución horizontal de organismos planctónicos en el sur del Golfo de California, con referencia especial al phylum Chaetognatha. CICIMAR-IPN, B.C.S., México, 76p.
- Menge B. A., M. M. Foley, J. Pamplin, G. Murphy & G. Pennington. 2010. Macrobenthos recruitment success in a tidal flat: Feeding trait dependent effects of disturbance history. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 2: 160-175.
- Mercier, A., C. S. Battaglene & J. F. Hamel. 2009. Periodic movement, recruitment and size-related distribution of the sea cucumber *Holothuria scabra* in Solomon Islands. *Hidrobiologia*, 440: 81-100.
- Miller B.A. 1995. *Larval abundance and early juveniles recruitment of echinoids, asterioids and holothuroids on the Oregon coast*. Tesis Maestría. Universidad de Oregon. E.U.A, 122p.

- Miller, L. J. 2007. *Edible sea urchins. Developments in aquaculture and fisheries science*. 2ª edición. Elsevier Science, E.U.A, 520 p.
- Monreal-Gómez, M. A., A. Molina-Cruz & D.A Salas-de-León. 2001. Water masses and cyclonic circulation in Bay of La Paz, Gulf of California, during June 1998. *J. Mar. Systems*, 30: 305-315.
- Monteforte, M. & A. García-Gasca. 1994. Spat collection studies on pearl oysters *Pinctada mazatlanica* and *Pteria sterna* (Bivalvia: Pteriidae) in bahía de La Paz, South Baja California, México. *Hydrobiologia* 291: 21-34.
- Monteforte, M., E. Kappelman-Piña & B. López-Espinosa. 1995. Spatfall of pearl oyster, *Pteria sterna* (Gould), on experimental collectors at bahía de La Paz, South Baja California, Mexico. *Aqua. Res.* 26: 497-511.
- Montuy-Gómez, D. 2008. Dinámica poblacional de *Holothuria kefersteini* (Echinodermata: Holothuroidea) en Punta Galeras, B.C.S. México. Tesis de Licenciatura. UABS, México. 58 p.
- Morris, P.A. 1966. *A field guide to the Pacific coast shells*. 2ª edición. Houghton Mifflin Co. Boston, E.U.A, 297p.
- Noda T., K. Fukushima & T. Mori. 1998. Daily settlement variability of barnacle *Semibalanus cariosus*: importance of physical factors and density-dependent processes. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 169: 289-293.
- Obeso-Nieblas, M., A. R. Jiménez-illescas & S. Troyo-Diéguéz. 1993. Modelación de la marea en la Bahía de La Paz, B. C. S. *Investigaciones Marinas CICIMAR*, 18 (1): 13-22.
- Obeso-Nieblas, M. 2003. *Variabilidad espacio-temporal de las condiciones Oceanográficas de La Bahía de La Paz, B.C.S. México*. Tesis de doctorado. CICIMAR-IPN, México, 337 p.
- Obeso-Nieblas M., B. Shirasago-Germán, J. Gaviño-Rodríguez, E. Pérez-Lezama, H. Obeso-Huerta & A. Jiménez-Illescas. 2008. Variabilidad hidrográfica en la Bahía de La Paz, Golfo de California, México (1995-2005). *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 43(3): 559-567.

- Pawlik JR. 1989. Larvae of the sea hare *Aplysia californica* settle and metamorphose on an assortment of macroalgal species. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 15(1-2): 195–199.
- Pedrotti, M. L. & L. Fenaux. 1992. Dispersal of echinoderm larvae in a geographical area marked by upwelling (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 86:217-227
- Peña J. B. 2005. Efecto del tipo de colector sobre el asentamiento de larvas de pectínidos en la costa de Castellon (este de España). *Boletín Instituto Español de Oceanografía*. 21(1-4): 353-350
- Pielou, E. C. 1975. *Ecological Diversity*, Wiley Interscience, Nueva York. 142 p.
- Pineda, J. 1991. Predictable upwelling and the shoreward transport of planktonic larvae by internal tidal bores. *Science*, 253: 548–551.
- Pineda J. & H. Caswell. 1997. Dependence of settlement rate on suitable substrate area. *Mar. Biol.*, 129: 541-548.
- Pineda J. & M. López. 2002. Temperature, stratification and barnacle larval settlement in two Californian sites. *Cont. Shelf Res.*, 22: 1183-1198.
- Pineda, J., N. B. Reyns & V. R. Starczak. 2009. Complexity and simplification in understanding recruitment in benthic populations. *Popul. Ecol.*, 51:17-32.
- Pineda J., F. Porri, V. Starczak & J. Blythe. 2010. Causes of decoupling between larval supply and settlement and consequences for understanding recruitment and population connectivity. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 392: 9-21.
- Pla, L. 2006. Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8): 583-590.
- Poulin, E., V. S. Boletzky & J. P. Féral. 2001. Combined ecological factors permit classification of developmental patterns in benthic marine invertebrates: a discussion note. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 257: 109-115.
- Poulin, E., A. T. Palma, G. Leiva, D. Narváez, R. Pacheco, S. A. Navarrete & J.C. Castilla. 2002. Avoiding offshore transport of competent larvae during upwelling

- events: The case of the gastropod *Concholepas concholepas* in Central Chile. *Limnol. Oceanogr.*, 47: 1248-1255.
- Raffaelli, D. & S. Hawkins. 1996. *Intertidal Ecology*. Ed. Chapman & Hall. Alden Press. Inglaterra. 356p.
- Reyes-Bonilla H., A. González-Azcárraga y A. Rojas Siera. 2005. Estructura de las asociaciones de las estrellas de mar (Asteroidea) en arrecifes rocosos del Golfo de California, México. *Rev. Biol. Trop.* 53(3): 233-244.
- Reyes-Salinas A., R. Cervantes-Duarte, R.A. Morales-Pérez y J. E. Valdez-Holguín 2003. Variabilidad estacional de la productividad primaria y su relación con la estratificación vertical en la Bahía de la Paz, B.C.S. *Hidrobiológica*. 13(2): 103-110.
- Ritson-Williams R, Shjegstad S, Paul V. 2003. Host specificity of four corallivorous Phestilla nudibranchs (Gastropoda: Opisthobranchia). *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 255:207–18.
- Roegner C.G. y R. Mann. 1995. Early recruitment and growth of the American oyster *Crassostrea virginica* (Bivalvia: Ostreidae) with respect to tidal zonation an season. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 117: 91-101.
- Rowe, F. W. E. 1969. A review of the Family Holothuriidae (Holothurioidea: Aspidochirodita). *Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.) Zool.*, 18(4): 9-170.
- Salinas-González F., O. Zaytsev y V. Makarov 2003. Formación de la estructura termohalina del agua en la Bahía de La Paz de verano a otoño. *Ciencias Marinas* 29(1):51-65.
- Santamaría -del Ángel, E. 1994. *El color de las aguas del Golfo de California registrado por CZCS: Relaciones de la biomasa fitoplanctónica y los procesos físicos de mezcla*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Ensenada, México 131p.

- Seale M.E. & D.C. Zacherl. 2009. Seasonal settlement of *Olympia* oyster larvae, *Ostrea lurida* Carpenter 1864 and its relationship to seawater temperature in two southern California estuaries. *J. Shellfish Res.*, 28(1): 113-120.
- Sewell, M.A. 1992. Reproduction of the temperate aspidochirote *Stichopus mollis* (Echinodermata: Holothuroidea) in New Zealand. *Ophelia*, 2: 103-121.
- Shinen L.J. & S. A. Navarrete. 2010. Coexistence and intertidal zonation of chthamalid barnacles along central Chile: Interference competition or lottery for space?. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 392: 176-187.
- Simpson, J. J. 1984. El Niño induced onshore transport in the California Current during 1982-1983. *Geophys. Res. Lett.*, 11:233-266.
- Skarbnik-López J. 2006. *Ciclo reproductivo de Holoturia (Selenkothuria) lubrica Selenka 1867 (Echinodermata: Holothuroidea) en el sur de la Bahía de La Paz, B.C.S., México*. Tesis Licenciatura. UABS, Dept. Biol. Mar., México, 53p.
- Skoglund C. 2001. Panamic Province *Molluscan Literature Additions and Changes from 1971 through 2001*. III Gastropoda. The Festivus, San Diego Shell Club Vol XXXIII, 286 p.
- Skoglund C. 2001. Panamic Province *Molluscan Literature Additions and Changes from 1971 through 2001*. I Bivalvia, II Polyplacophora. The Festivus, San Diego Shell Club Vol XXXIII, 286 p.
- 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., A. Laguarda-Figueras, A. Durán-González, C. G. Ahearn & V. J. Torres. 2005. Equinodermos (Echinodermata) del Golfo de California, México. *Rev. Biol. Trop.*, 53(3): 123-137.
- Spenser B. E. 2002. *Molluscan Shellfish Farming*. Fishing News Books. Blackwell Science. Gran Bretaña. 269 p.

- Stanwell-Smith D., S. L. Peck, A. Clarke, A. W. A. Murray & C. D. Todd. 1999. The distribution, abundance and seasonality of pelagic marine invertebrate larvae in the maritime Antarctic *Philos. Trans. R. Soc. Lond. Ser. B. Sci.* , 354: 471-484.
- StatSoft, Inc. 2007. STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- Strickland J.D.H y T.R. Parsons. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. *J. Fish. Resear. Boar. Canada.*, 310 pp.
- Terlizzi, A. & D. R. Schiel. 2009. Patterns along environmental gradients. *En. M Wahl (ed.). Marine Hard Bottom Communities, Ecological Studies 206*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 101-112 p.
- Torres-Orozco, E. 1993. *Análisis volumétrico de las masas de agua del Golfo de California*. Tesis de Maestría. CICESE, México 80 p.
- Turon, X., M. Codina, I. Tarjuelo, M. J. Uriz, & M. A. Becerro. 2000. Mass recruitment of *Ophiothrix fragilis* (Ophiuroidea) on sponges: settlement patterns and post-settlement dynamics. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 200: 201-212.
- Ulbrick M.L. 1969. Studies on *Crucibulum spinosum* (Sowerby). *Proceedings Malacological Society of London*. 38: 431-438.
- Underwood A.J., & M.J. Anderson (1994). Seasonal and temporal aspects of recruitment and succession in an intertidal estuarines fouling assamblage. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kindom*, 74: 563-584.
- Vargas. C.A., D. A. Narváez, A. Piñones, M. R. Venegas & S.A. Navarrete. 2004. Internal tidal bore warm fronts and settlement of invertebrates in central Chile. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 61: 603-612.
- Veitch F.P & H. Hidu 1971. Gregarious setting in the american oyster *Crassostrea virginica* Gmelin: I. Properties of a partially purified "Setting Factor". *Cesapeake Science*. 12(3):173-178
- Villalejo-Fuerte, M., B. P., Ceballos-Vázquez & F. García-Domínguez. 1996. Reproductive cycle of *Laevicardium elatum* (Sowerby, 1833) (Bivalvia: Cardiidae) in Bahía Concepcion, Baja California Sur, Mexico. *J. Shellfish Res.* 15:741-745.

- White J., J. S. Ruesink & A. C. Trimble 2009. The nearly forgotten oyster: *Ostrea Lurida* Carpenter, 1864(Olympia oyster)History and management in Washington state. *J. Shellfish Res.*, 28(1):43-49.
- Wright Lopez H., F. Arreguín-Sánchez, F.A. García-Domínguez, O.E. Holguín- Quiñones & D. Prado Ancona. 2001. Stock assessment for venus clam *Chione californiensis* (Broderip, 1835) in Ensenada de La Paz, B.C.S. Mexico. *J. Shellfish Res.* 20: 1109-1115.
- Wright-López, H., O. Holguín-Quiñones, F. Aguerri-Sánchez & I. Roque-Villada (2009). Crecimiento y mortalidad de la concha nácar *Pteria sterna* en bancos silvestres de Baja California Sur, México. *Rev.Biol.Trop.* 57(3):659-670.
- Zamora, S. & W. Stotz. 1992. Ciclo reproductivo de *Loxechinus albus* (Molina 1782) (Echinodermata:Echinoidea) en Punta Lagunillas, IV Región, Coquimbo, Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 65:121-133.
- Zar, J. H. 1996. *Biostatistical Analysis*. 3<sup>a</sup> Edición. Prentice Hall. New Jersey. USA. 662p.
- Zimmerman, R. C. & D. L. Robertson. 1985. Effects of El Niño on local hydrography and growth of the giant kelp, *Macrocystis pyrifera*, at Santa Catalina Island, California. *Limn. Oceanog.*, 30:1298–1302.

## ANEXO.

Anexo1. Tabla de abundancia general de moluscos y equinodermos reclutados en los sitios de muestreo durante el ciclo anual evaluado.

Estacionalidad	El Portugués	El Corralito	El Pulguero
May-Oct 2009	537	630	462
Nov- Marz 2010	870	1082	219

Anexo 2. Tabla de la distribución espacial y temporal de las especies de moluscos y equinodermos reclutadas en el litoral rocoso de Bahía de La Paz. En números, las localidades de muestreo: 1) El Portugués, 2) El Corralito, 3) El Pulguero. En letras, las temporadas climáticas: C = cálida (mayo-octubre 2009); T= templada (nov 2009-abril 2010). Se incluye la abundancia de las especies en orden decreciente.

Phyllum	Especies	Localidad	Estacionalidad	Abundancia
Mollusca	<i>Ostrea conchaphila</i>	1,2,3	C,T	1229
	<i>Laevicardium elenense</i>	1,2,3	C,T	329
	<i>Crucibulum spinosum</i>	1,2,3	C,T	308
	<i>Anadara multicosata</i>	1,2,3	C,T	204
	<i>Atrina maura</i>	1,2,3	C,T	202
	<i>Alaba supralirata</i>	1,2,3	C,T	174
	<i>Anomia peruviana</i>	1,2,3	C,T	102
	<i>Mitrella caulerpae</i>	1,2,3	C,T	85
	<i>Isognomon janus</i>	1,2,3	C,T	79
	<i>Cymatinoa electilis</i>	1,2	C,T	75
	<i>Pinctada mazatlanica</i>	1,2,3	C,T	60
	<i>Pteria sterna</i>	1,2,3	C,T	58
	<i>Laevicardium sp.</i>	1,2,3	C,T	44
	<i>Serpulorbis margaritaceus</i>	1,2,3	C,T	41
	<i>Eubola vodgesi</i>	1,2,3	C,T	39
	<i>Crepidula excavata</i>	1,2,3	C,T	32
	<i>Columbella strombiformis</i>	1	C,T	26
	<i>Hespererato sp.</i>	1,2,3	C,T	19
	<i>Stylocheilus striatus</i>	1,2,3	C,T	18
	<i>Cardita affinis</i>	3	C	16

	<i>Engina sp.</i>	1,2,3	C	15
	<i>Haminoea angelensis</i>	1,2,3	C,T	12
	<i>Crucibulum scutellatum</i>	1,3	C	9
	<i>Aplysia sp.</i>	2	T	9
	<i>Argopecten ventricosus</i>	1,2	C,T	7
	<i>Bulla punctulata</i>	1,2	C,T	7
	<i>Ostrea angelica</i>	1,2	C,T	7
	<i>Spondylus sp.</i>	2,3	C,T	7
	<i>Crepidula aculeata</i>	1,2,3	C,T	6
	<i>Nodipecten subnodosus</i>	2,3	C	5
	<i>Octopus sp.</i>	1	C,T	5
	<i>Dolabrifera doblabrifera</i>	2	T	4
	<i>Murexiella lappa</i>	1,3	C,T	4
	<i>Strombina solidula</i>	1	C	4
	<i>Aplysia californica</i>	1,3	C	3
	<i>Brachidontes sp.1</i>	1,2	C	3
	<i>Chama sp.</i>	1,2	C,T	3
	<i>Melampidae morfo 1</i>	1,3	C	3
	<i>Pitar sp.</i>	1	C,T	3
	<i>Polinices sp.</i>	1	C,T	3
	<i>Cerithiopsis halia</i>	2	T	2
	<i>Cerithiopsis sp.</i>	1	T	2
	<i>Lima sp.</i>	2	C	2
	<i>Navanax sp.</i>	3	T	2
	<i>Papyridea aspersa</i>	2	T	2
	<i>Triphora sp.</i>	1,3	C,T	2
	<i>Altiliosa sp.</i>	1	C	1
	<i>Amaea ferminiana</i>	2	C	1
	<i>Anachis sp.</i>	2	T	1
	<i>Anomia sp.</i>	1	T	1
	<i>Arca sp.</i>	1	C	1
	<i>Brachidontes sp.2</i>	2	C	1
	<i>Columbella aureomexicana</i>	1	C	1
	<i>Crepidula striolata</i>	2	C	1
	<i>Odostomia M. exarata</i>	2	C	1
	<i>Pleurobranchus areolatus</i>	2	T	1
	<i>Rissoina sp.</i>	1	C	1
	<i>Spondylus princeps unicolor</i>	2	C	1
	<i>Thala gratiosa</i>	1	C	1
	<i>Tricolia substriata</i>	1	T	1
Echinodermata	<i>Holothuria (Thymiosycia) impatiens</i>	1,2,3	C,T	388
	<i>Holothuria (Thymiosycia) arenicola</i>	1,2,3	C,T	65

<i>Arbacia incisa</i>	1	C,T	31
<i>Eucidaris thouarsii</i>	1	C,T	10
<i>Hespedocidaris asteriscus</i>	1	C,T	7
<i>Centrostephanus coronatus</i>	1	T	1
<i>Holothuria (Thymiosycia) inornata</i>	3	C	1
<i>Nidorellia armata</i>	3	C	1
<i>Ophiactis savignyi</i>	2	T	1
<i>Ophiothrix sp.</i>	1	C	1

Anexo 3. Tabla de la distribución en porcentaje de la abundancia relativa de las especies más abundantes en los sitios de muestreo y temporadas (cálida y templada)

Phylum	Especie	El Portugués %	El Corralito %	El Pulguero %	Cálida %	Templada %
Mollusca	<i>Ostrea conchaphila</i>	52.24	29.54	18.23	50.9	49.15
	<i>Laevicardium elenense</i>	4.26	95.14	0.61	11.9	88.15
	<i>Crucibulum spinosum</i>	63.73	19.61	16.67	53.6	46.43
	<i>Anadara multicostata</i>	33.33	3.45	63.22	50.0	50.00
	<i>Atrina maura</i>	29.70	57.92	12.38	33.2	66.83
	<i>Alaba supralirata</i>	33.33	3.45	63.22	12.6	87.36
	<i>Anomia peruviana</i>	14.71	74.51	10.78	67.6	32.35
	<i>Mitrella caulerpae</i>	67.06	0.00	32.94	22.4	77.65
	<i>Isognomon janus</i>	5.06	92.41	2.53	6.3	93.67
	<i>Cymatinoa electilis</i>	16.00	84.00	0.00	18.7	81.33
	<i>Pinctada mazatlanica</i>	20.00	51.67	28.33	75.0	25.00
	<i>Pteria sterna</i>	46.55	43.10	10.34	17.2	82.76
	<i>Laevicardium sp.</i>	15.91	81.82	2.27	2.3	97.73
	<i>Serpulorbis margaritaceus</i>	21.95	51.22	26.83	95.1	4.88
	<i>Eubola vodgesi</i>	76.92	17.95	5.13	17.9	82.05
	<i>Crepidula excavata</i>	34.38	46.88	18.75	40.6	59.38
	<i>Columbella strombiformis</i>	100.00	0.00	0.00	61.5	38.46
<i>Hespererato sp.</i>	78.95	15.79	5.26	78.9	21.05	
Echinodermata	<i>H. (T.) arenicola</i>	7.69	12.31	80.00	14.7	85.3
	<i>H. (T.) impatiens</i>	20.16	71.06	8.79	86.2	13.8
	<i>Arbacia incisa</i>	100.00	0.00	0.00	51.6	48.4

Anexo 4. Tabla de las variables ambientales registradas bimestralmente en las sitios de muestreo de la Bahía de La Paz: Temperatura (T), salinidad (S), oxígeno disuelto (O<sub>2</sub>), pH, seston total (ST), seston inorgánico (SI), seston orgánico (SO) y clorofila *a* (Cl *a*).

Localidad	Bimestre	T °C	S	O <sub>2</sub> mg/m <sup>-3</sup>	pH	ST	SI	SO	Cl <i>a</i>
El Portugués	May-Jun	27	35.4	3.3	8.0	10.42	8.03	2.39	2.88
	Jul-Ago	29	35	4.5	8.3	8.90	5.7	3.2	2.41
	Sept-Oct	25	35	4.8	8.0	7.11	4.52	2.59	3.30
	Nov-Dic	20	35	4.8	8.2	8.40	5.48	2.91	4.20
	Ene-Feb	21	35	4.2	8.1	10.76	7.85	2.90	2.82
	Mar-Abri	23	35	4.7	8.2	8.35	6.27	2.08	2.97
El Corralito	May-Jun	25	35.4	3.7	8.1	12.44	5.18	7.26	3.15
	Jul-Ago	30	35.5	2.8	8.0	8.19	3.89	4.29	1.86
	Sept-Oct	27	35	5.5	8.0	8.72	5.06	3.66	3.45
	Nov-Dic	23	35	5.2	8.0	5.76	4.22	1.53	3.69
	Ene-Feb	21	35	4.8	7.9	7.29	4.85	2.44	3.50
	Mar-Abri	25	35	4.7	8.1	6.78	4.56	2.22	2.48
El Pulguero	May-Jun	29	35.4	x	8.4	6.34	3.04	3.29	4.12
	Jul-Ago	29	35	x	8.3	7.03	6.64	0.39	4.96
	Sept-Oct	24	35	5.6	8.1	7.70	5.08	2.61	5.09
	Nov-Dic	20	35	4.6	8.1	9.43	7.09	2.34	4.24
	Ene-Feb	22	35	x	8.2	6.64	4.94	1.70	3.26
	Mar-Abri	22	35	4.3	8.0	8.96	7.28	1.68	3.85

Anexo 5. Base de datos de las especies de moluscos y equinodermos recolectadas bimestralmente en el sitio El Portugués.

ESPECIES	May-Jun	Jul-Ago	Sept-Oct	Nov-Dic	Ene-Feb	Marz-Abr
<i>Alaba supralirata</i>	0	0	6	0	3	49
<i>Altiliosa sp.</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Amaea ferminiana</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Anadara multicosata</i>	24	10	0	1	3	92
<i>Anomia sp.</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Aplysia californica</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Anomia peruviana</i>	3	0	0	3	1	8
<i>Arbacia incisa</i>	1	0	15	14	1	0
<i>Arca sp.</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Argopecten ventricosus</i>	1	0	0	0	2	2
<i>Atrina maura</i>	2	0	21	26	10	1
<i>Brachidontes sp.1</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Bulla punctulata</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Centrostephanus coronatus</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Cerithiopsis sp.</i>	0	0	0	0	1	1
<i>Chama sp.</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Columbella aureomexicana</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Columbella strombiformis</i>	0	12	4	2	4	4
<i>Crepidula aculeata</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Crepidula excavata</i>	0	0	0	1	2	8
<i>Crucibulum scutellatum</i>	6	2	0	0	0	0
<i>Crucibulum spinosum</i>	0	6	0	22	37	14
<i>Cymatinoa electilis</i>	0	0	0	1	9	2
<i>Engina sp.</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Erato sp.</i>	13	0	0	1	0	1
<i>Eubola vodgesi</i>	0	0	0	0	2	28
<i>Eucidaris thouarsii</i>	0	0	9	0	1	0
<i>Haminoea angelensis</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Hespedocidaris asteriscus</i>	1	0	3	2	1	0
<i>Holothuria (Thymiosycia) arenicola</i>	0	0	4	1	0	0
<i>Holothuria (Thymiosycia) impatiens</i>	0	0	17	13	48	0
<i>Isognomon janus</i>	0	0	1	2	0	1
<i>Laevicardium elenense</i>	2	0	1	0	5	6
<i>Laevicardium sp.</i>	0	0	0	0	3	4
<i>Melampidae morfo 1</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Mitrella caulerpae</i>	3	7	1	0	22	24
<i>Octopus sp.</i>	2	0	0	1	2	0
<i>Ophiothrix sp.</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Ostrea angelica</i>	0	0	6	0	0	0
<i>Ostrea conchaphila</i>	47	108	94	63	137	193
<i>Pinctada mazatlanica</i>	1	0	7	0	0	4
<i>Pitar sp.</i>	1	0	1	0	0	1

Anexo 6. Base de datos de las especies de moluscos y equinodermos recolectadas bimestralmente en el sitio El Corralito.

ESPECIES	May-Jun	Jul-Ago	Sept-Oct	Nov-Dic	Ene-Feb	Marz-Abr
<i>Alaba supralirata</i>	0	0	4	0	2	0
<i>Anachis sp.</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Anadara multicosata</i>	35	0	0	5	0	0
<i>Anomia peruviana</i>	23	7	25	5	0	16
<i>Aplysia sp.</i>	0	0	0	9	0	0
<i>Argopecten ventricosus</i>	2	0	0	0	0	0
<i>Atrina maura</i>	1	1	17	97	1	0
<i>Brachidontes sp.1</i>	0	2	0	0	0	0
<i>Brachidontes sp.2</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Bulla punctulata</i>	0	0	0	1	5	0
<i>Cerithiopsis halia</i>	0	0	0	2	0	0
<i>Chama sp.</i>	0	0	2	0	0	0
<i>Crepidula aculeata</i>	2	0	0	0	0	1
<i>Crepidula excavata</i>	5	2	0	1	5	2
<i>Crepidula striolata</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Crucibulum spinosum</i>	116	18	1	12	29	26
<i>Cymatioda electilis</i>	0	0	14	36	12	1
<i>Dolabrifera doblabrifera</i>	0	0	0	0	0	4
<i>Engina sp.</i>	0	0	3	0	0	0
<i>Erato sp.</i>	1	0	0	0	1	1
<i>Eubola vodgesi</i>	6	0	0	0	0	1
<i>Haminoea angelensis</i>	0	0	0	0	0	2
<i>Holothuria (Thymiosycia) arenicola</i>	0	0	0	8	0	0
<i>Holothuria (Thymiosycia) impatiens</i>	0	0	6	164	103	2
<i>Isognomon janus</i>	0	0	4	62	5	2
<i>Laevicardium elenense</i>	17	0	17	27	13	239
<i>Laevicardium sp.</i>	1	0	0	2	11	22
<i>Lima sp.</i>	0	0	2	0	0	0
<i>Murexiella lappa</i>	0	0	2	0	2	0
<i>Nodipecten subnodosus</i>	1	0	3	0	0	0
<i>Odostomia M. exarata</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Ophiactis savignyi</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Ostrea angelica</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Ostrea conchaphila</i>	116	36	61	33	31	86
<i>Papyridea aspersa</i>	0	0	0	0	0	2
<i>Pinctada mazatlanica</i>	0	0	20	11	0	0
<i>Pleurobranchus areolatus</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Pteria sterna</i>	4	0	0	0	14	7
<i>Serpulorbis margaritaceus</i>	0	1	18	2	0	0
<i>Spondylus princeps unicolor</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Spondylus sp.</i>	0	0	6	0	0	0
<i>Stylocheilus striatus</i>	0	0	0	5	0	0

Anexo 7. Base de datos de las especies de moluscos y equinodermos recolectadas bimestralmente en el sitio El Pulguero.

ESPECIES	May-Jun	Jul-Ago	Sept-Oct	Nov-Dic	Ene-Feb	Marz-Abr
<i>Alaba supralirata</i>	0	12	0	33	3	62
<i>Anadara multicosata</i>	33	0	0	0	1	0
<i>Aplysia californica</i>	0	0	2	0	0	0
<i>Anomia peruviana</i>	11	0	0	0	0	0
<i>Atrina maura</i>	14	11	0	0	0	0
<i>Cardita affinis</i>	16	0	0	0	0	0
<i>Crepidula aculeata</i>	2	0	0	0	0	0
<i>Crepidula excavata</i>	6	0	0	0	0	0
<i>Crucibulum scutellatum</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Crucibulum spinosum</i>	24	0	0	0	2	1
<i>Engina sp.</i>	7	4	0	0	0	0
<i>Erato sp.</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Eubola vodgesi</i>	1	0	0	0	1	0
<i>Haminoea angelensis</i>	0	0	0	2	0	7
<i>Holothuria (Thymiosycia) arenicola</i>	0	0	52	0	0	0
<i>Holothuria (Thymiosycia) impatiens</i>	0	0	34	0	0	0
<i>Holothuria (Thymiosycia) inornata</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Isognomon janus</i>	0	0	0	1	1	0
<i>Laevicardium elenense</i>	2	0	0	0	0	0
<i>Laevicardium sp.</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Melampidae morfo 1</i>	2	0	0	0	0	0
<i>Mitrella caulerpae</i>	0	8	0	0	0	20
<i>Navanax sp.</i>	0	0	0	0	0	2
<i>Nidorellia armata</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Nodipecten subnodosus</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Ostrea conchaphila</i>	123	8	32	0	5	56
<i>Pinctada mazatlanica</i>	0	11	6	0	0	0
<i>Pteria sterna</i>	1	0	1	0	2	2
<i>Serpulorbis margaritaceus</i>	0	10	1	0	0	0
<i>Spondylus sp.</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Stylocheilus striatus</i>	5	0	0	1	0	3
<i>Triphora sp.</i>	1	0	0	0	0	0