



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESTRUCTURA COMUNITARIA DE BIVALVOS ASOCIADOS A  
ENSAMBLES MACROALGALES EN EL INTERMAREAL ROCOSO  
DE IXTAPA-ZIHUATANEJO, GUERRERO MÉXICO**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGO**

**PRESENTA:**

**FERNANDO ARRIOLA ÁLVAREZ**



**DIRECTOR DE TESIS:**

**M. en C. Luis Gabriel Aguilar Estrada**

**Ciudad Universitaria, Ciudad de México, 2021.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## Hoja de Datos del Jurado

### 1. Datos del Alumno

Apellido paterno	Arriola
Apellido materno	Álvarez
Nombre(s)	Fernando
Teléfono	55 47 66 16 44
Universidad	Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad	Facultad de Ciencias
Carrera	Biología
Número de Cuenta	314003078

### 2. Datos del Tutor

Grado	M. en C.
Nombres(s)	Luis Gabriel
Apellido paterno	Aguilar
Apellido materno	Estrada

### 3. Datos del sinodal 1

Grado	Dra.
Nombre(s)	María Martha
Apellido paterno	Reguero
Apellido materno	Reza

### 4. Datos del sinodal 2

Grado	M. en C.
Nombres(s)	Michele Louise
Apellido paterno	Gold
Apellido Materno	Morgan

### 5. Datos del sinodal 3

Grado	M. en C.
Nombre(s)	Nataly
Apellido paterno	Quiroz
Apellido materno	González

### 6. Datos del sinodal 4

Grado	Dra.
Nombre(s)	Edna
Apellido paterno	Naranjo
Apellido materno	García

### 7. Datos del trabajo escrito

Título	Estructura comunitaria de bivalvos asociados a ensamblajes macroalgales en el intermareal rocoso de Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero, México
Número de páginas	63
Año	2021

*... Ése era un planeta de agua:  
la vida transcurría navegando lentamente,  
al ritmo del río, de las mareas, de las lluvias, de las inundaciones.  
Agua, agua por todas partes...*

Isabel Allende – *Las memorias del Águila y del Jaguar: La Ciudad de las Bestias*

*Caminante, son tus huellas el camino, y nada más; caminante, no hay camino:  
se hace camino al andar. Al andar se hace camino, y al volver la vista atrás se ve la senda  
que nunca se ha de volver a pisar.*

*Caminante, no hay camino, sino estelas en la mar.*

Antonio Machado – *Caminante no hay camino*

## **Agradecimientos**

A la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por permitirme realizar mis estudios desde el bachillerato hasta la licenciatura.

Al M. en C. Luis Gabriel Aguilar Estrada por ser un gran profesor y director de tesis, por apoyarme, guiarme, aconsejarme, corregirme, darme ánimos y su entrañable amistad desde la materia de Biología de Animales I, por ayudarme a identificar uno de sus grupos preferidos: los bivalvos. Y por dejarme iniciar la aventura dentro del laboratorio.

Al Laboratorio de Ficología (Biodiversidad Marina), por abrirme sus puertas desde mi cuarto semestre en la carrera, formando grandes lazos con todos sus integrantes. A la Dra. Dení Claudia Rodríguez Vargas y A la M. en C. Ivette Ruiz Boijseauneau por dejarme acceder al material con el que realicé mi servicio social y mi tesis, por sus correcciones y apoyo durante este camino. A la M. en C. Nataly Quiroz González por su apoyo y amistad, por su conocimiento y amor hacia las algas.

A la M. en F. P. Ana Isabel Bieler Antolín por ayudarme en la toma de las fotografías del presente trabajo.

A la Dra. Martha Reguero, M. en C. Nataly Quiroz, M. en C. Michele Gold y a la Dra. Edna Naranjo por aceptar formar parte de mi grupo de sinodales, por sus comentarios y sugerencias.

A todos los profesores que se cruzaron en mi camino para poder seguir y alcanzar mis sueños, desde la primaria hasta la universidad, por sus conocimientos, amistad y amor a lo que hacen.

A Nicole Coello Contreras por su incondicional amistad y apoyo desde tiempo atrás. A Natalia Abasolo Cortés por compartir conmigo desde tiempos inmemoriales el amor y la pasión por la biología, por tu amor y amistad.

Finalmente, a mi familia, en especial a mis padres, por su tiempo, apoyo y amor. A mi hermano por las risas y la edición de las fotografías. A mis tías por las lágrimas de amor que se derramaron, así como a mi prima por esos momentos de apoyo y risas. A todos mis hermanos perdidos.

A mis padres

Eglantina Álvarez Lozano

José Juan Arriola Arroyo

A mi hermano

Alberto Arriola Álvarez

A mis tíos

Ma. Hilda, Ma. de Lourdes Luvia y Pablo

A mi prima favorita

Ximena

A Sofi

## Índice

<b>Resumen</b> .....	<b>i</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>Antecedentes</b> .....	<b>4</b>
<b>Objetivos</b> .....	<b>9</b>
<b>Área de Estudio</b> .....	<b>10</b>
<b>Materiales y Métodos</b> .....	<b>12</b>
<b>Resultados</b> .....	<b>16</b>
<b>Discusión</b> .....	<b>36</b>
<b>Conclusiones</b> .....	<b>44</b>
<b>Literatura citada</b> .....	<b>46</b>

## Figuras

<b>Figura 1.</b> Anatomía de la clase Bivalvia.....	<b>3</b>
<b>Figura 2.</b> Ubicación de la zona de estudio.....	<b>10</b>
<b>Figura 3.</b> Número de especies por familia para las dos localidades estudiadas .....	<b>17</b>
<b>Figura 4.</b> Riqueza de especies de bivalvos por localidad, mes de muestreo y nivel de la zona intermareal.....	<b>18</b>
<b>Figura 5.</b> Curva de acumulación de las especies de bivalvos en cada localidad.....	<b>19</b>
<b>Figura 6.</b> Análisis de agrupamiento con índice de similitud de Jaccard.....	<b>24</b>
<b>Figura 7.</b> Análisis de escalamiento multidimensional no métrico.....	<b>25</b>
<b>Figura 8.</b> Variación de la riqueza de macroalgas comparada con la riqueza de moluscos bivalvos en las diferentes localidades, mes de muestreo y nivel de la zona intermareal.....	<b>28</b>
<b>Figura 9.</b> Variación del sedimento retenido por las macroalgas por localidad, mes de muestreo y nivel de la zona intermareal.....	<b>32</b>
<b>Figura 10.</b> Variación de la cobertura de macroalgas, densidad de bivalvos y sedimento retenido en las diferentes localidades, mes de muestreo y nivel de la zona intermareal.....	<b>34</b>

## **Cuadros**

<b>Cuadro 1.</b> Grupos morfofuncionales propuestos por Steneck y Dethier (1994).....	<b>15</b>
<b>Cuadro 2.</b> Número de familias, géneros y especies de la clase Bivalvia, recolectados en Ixtapa-Zihuatanejo.....	<b>16</b>
<b>Cuadro 3.</b> Abundancia de las especies de bivalvos recolectados.....	<b>20</b>
<b>Cuadro 4.</b> Densidad de las especies de moluscos (ind/3600 cm <sup>2</sup> ) recolectados en las dos localidades de estudio.....	<b>21</b>
<b>Cuadro 5.</b> Distribución espacial de las especies de bivalvos recolectadas en la playa El Palmar y la playa Las Gatas.....	<b>22</b>
<b>Cuadro 6.</b> Distribución temporal de las especies recolectadas en la playa El Palmar y la playa Las Gatas.....	<b>22</b>
<b>Cuadro 7.</b> Índices comunitarios de la playa El Palmar y la playa Las Gatas.....	<b>23</b>
<b>Cuadro 8.</b> Prueba de <i>T de student</i> por mes de muestreo para el índice de Shannon.....	<b>23</b>
<b>Cuadro 9.</b> Número de géneros y especies de macroalgas encontradas en Ixtapa-Zihuatanejo.....	<b>26</b>
<b>Cuadro 10.</b> Especies de bivalvos asociados a los grupos forma-función de macroalgas.....	<b>30</b>

## **Anexos**

<b>Anexo I.</b> Lista taxonómica de las especies de bivalvos recolectados en la playa El Palmar y la playa Las Gatas, Ixtapa-Zihuatanejo.....	<b>56</b>
<b>Anexo II.</b> Lista taxonómica de las especies de macroalgas recolectadas en la playa El Palmar y la playa Las Gatas, Ixtapa-Zihuatanejo .....	<b>58</b>
<b>Anexo III.</b> Catálogo fotográfico de las especies de bivalvos recolectados en Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero.....	<b>61</b>

## Resumen

Se realizó un estudio para determinar la estructura comunitaria de los moluscos bivalvos asociados a ensamblajes macroalgales de la zona intermareal rocosa, en dos localidades de Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero. Se extrajeron los ensamblajes y moluscos asociados manualmente con espátula y un cuadro de 400 cm<sup>2</sup>, en diferentes niveles de marea y mes del año. Las muestras se separaron bajo el microscopio estereoscópico y se identificaron en el laboratorio con ayuda de literatura especializada. Se obtuvo la composición de especies, riqueza y abundancia (densidad), así como su distribución y cobertura de macroalgas. Se estimó el índice de diversidad de Shannon, índice de equidad de Pielou e índice de dominancia de Simpson, de igual forma se analizó la asociación con la riqueza de macroalgas y los grupos morfofuncionales. Se obtuvo el peso seco y húmedo, y la diferencia entre los valores de sedimento retenido por dichos ensamblajes. Se comparó en conjunto la cobertura de macroalgas, sedimento retenido y densidad de bivalvos para observar su relación, finalmente se realizaron regresiones lineales entre estas variables para ratificar su relación. De la recolección resultaron 873 individuos, de los cuales 769 (88%), se encontraron con ambas valvas y parte blanda (“vivos”) y 113 (12%) solo una valva o únicamente con las valvas articuladas y sin parte blanda (“muertos”), agrupados en 17 especies, 15 géneros, diez familias, ocho órdenes y dos subclases. Las familias con mayor riqueza de especies fueron Mytilidae (5) y Carditidae (3). Las especies más abundantes fueron *Brachidontes adamsianus* (376), *Leiosolenus aristatus* (205) e *Isognomon janus* (124), mismas que se presentaron en todos los meses de muestreo y en los tres niveles de marea en ambas localidades. El valor del índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ) más alto se presentó en la playa El Palmar, con  $H'=2.15$  bits/ind. Se obtuvieron 59 especies de macroalgas de las cuales 11 fueron Chlorophyta (18%), 42 Rhodophyta (70%) y siete Ochrophyta-Phaeophyceae (12%). Se observó una relación inversa entre la riqueza de especies de macroalgas y bivalvos a lo largo del ciclo anual, es decir, cuando la riqueza de especies de macroalgas aumentó, la riqueza de especies de moluscos disminuyó; por nivel de marea se observó que la riqueza de especies de macroalgas y moluscos descendió conforme aumentaba el nivel de marea. Se identificaron tres grupos morfofuncionales dominantes para ambas localidades: algas filamentosas, algas filamentosas corticadas y algas calcáreas articuladas, mismos con los que se presentó una mayor asociación con los bivalvos. La cobertura de macroalgas y densidad de bivalvos presentaron los valores más elevados en la playa Las Gatas; por mes de muestreo la densidad de bivalvos y el peso húmedo del sedimento retenido disminuyeron sus valores hacia la temporada de sequía y, por nivel de marea los valores de cobertura, densidad y sedimento retenido decreció conforme el nivel alto de la zona intermareal. Los ensamblajes macroalgales son utilizados como sitios de crianza por los bivalvos ya que estos les proporcionan protección y alimento por parte de los sedimentos retenidos.

## Introducción

La palabra *ensamble* se ha utilizado en muchos ámbitos como, la construcción y la ecología con un significado parecido al que se les da a las palabras: grupo o conjunto. Sin embargo, esta palabra expresa algo más importante: la interacción de distintos factores. En otras palabras, el término *ensamble* en ecología hace referencia a un grupo filogenéticamente relacionado que aprovecha un recurso dentro de la comunidad. La caracterización de un *ensamble* está dada por varios factores: grupos taxonómicos, recursos y áreas geográficas. Este término se debe utilizar cuando se investiga una parte de la comunidad y cómo es que sus componentes interactúan entre ellos (Ramírez y Gutiérrez-Fonseca, 2016).

La zona intermareal rocosa es un sitio de transición entre el ambiente terrestre y marino; corresponde a áreas expuestas a constantes cambios (Salazar-Vallejo y González, 1990), entre los que se encuentran la oscilación de la marea, intensidad del sol y viento, variaciones en la salinidad y temperatura, entre otros factores (Vassallo *et al.*, 2014). Estas variantes hacen de la zona intermareal rocosa un hábitat diverso en el cual distintos organismos pueden desarrollarse (Flores-Garza *et al.*, 2011; 2014a).

Los organismos autótrofos más frecuentes que habitan la zona intermareal rocosa son las macroalgas, las cuales sirven como hábitat para diferentes invertebrados, ya que moderan las características físicas y proveen de refugio y protección a los organismos marinos ante los factores ambientales (García-Robledo *et al.*, 2008; Jover-Capote y Diez, 2017); además, las algas les sirven de alimento a los animales que ahí habitan (Steneck y Watling, 1982). Algunos de los grupos de animales que se encuentran asociados a las macroalgas son los crustáceos, poliquetos y moluscos, siendo estos últimos parte importante en este ambiente debido a su abundancia (Aguilera, 2011).

El filo Mollusca es el segundo grupo más diversos después de los artrópodos (Castillo-Rodríguez, 2014). Dentro de este filo se reconocen ocho clases (Ponder y Lindberg, 2008) de estas, la clase Gastropoda es la más abundante y diversa. Por su parte la clase Bivalvia es la segunda más representativa, la cual se compone de organismos con una concha dividida en dos valvas, articuladas mediante la charnela, dentro de la concha se ubica el cuerpo del animal o parte blanda (Gosling, 2015). Sus hábitos son bentónicos, exclusivamente acuáticos, habitan zonas marinas, epicontinentales y aguas salobres (Hickman *et al.*, 2001). Dentro de los ambientes acuáticos, los bivalvos pueden vivir adheridos a diversos sustratos como rocas, arena o macroalgas (García-Cubas y Reguero, 2007; Brusca *et al.*, 2016).

La concha de los bivalvos está constituida de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), las dos valvas se encuentran unidas en la parte dorsal por el ligamento o por los dientes de la charnela (Castillo-Rodríguez, 2014). Las conchas de los bivalvos suelen ser simétricas, llegan a ser desiguales y pueden ser de formas muy variadas: convexas, ovoides, elípticas (Gosling, 2015). Una de las partes más visibles de la concha son los ápices los cuales se denominan umbones (García-Cubas y Reguero, 2007). Las superficies de las conchas pueden ser lisas o estar ornamentadas con líneas, estrías, costillas, o espinas que, en general están recubiertas por una capa fibrosa llamada periostraco, la cual sirve como amortiguador para los ácidos del ambiente acuático (Gosling, 2015). La sección interna de la concha también es relevante ya que muestra las marcas de los músculos aductores, la línea y seno palial según sea el caso (García-Cubas y Reguero, 2007).

La anatomía de los bivalvos consta de una baja cefalización, que se reduce a una boca y palpos labiales, así mismo, tienen una o dos branquias con las que no solo respiran sino, también les sirven para filtrar su alimento (Brusca *et al.*, 2016) ya que carecen de rádula, estructura típica de otras clases de moluscos (Ponder y Lindberg, 2008). Presentan un tejido llamado manto, el cual rodea y secreta la concha del animal; tienen una estructura muscular llamada pie que puede ser de tamaño variable mismo que es utilizado para poder moverse o introducirse en el sustrato (Coan y Valentich-Scott, 2006). A través de la glándula del pie, secretan una sustancia proteica llamada biso; la cual se endurece al entrar en contacto con el agua, por esta razón la utilizan para adherirse al sustrato (García-Cubas y Reguero, 2007).

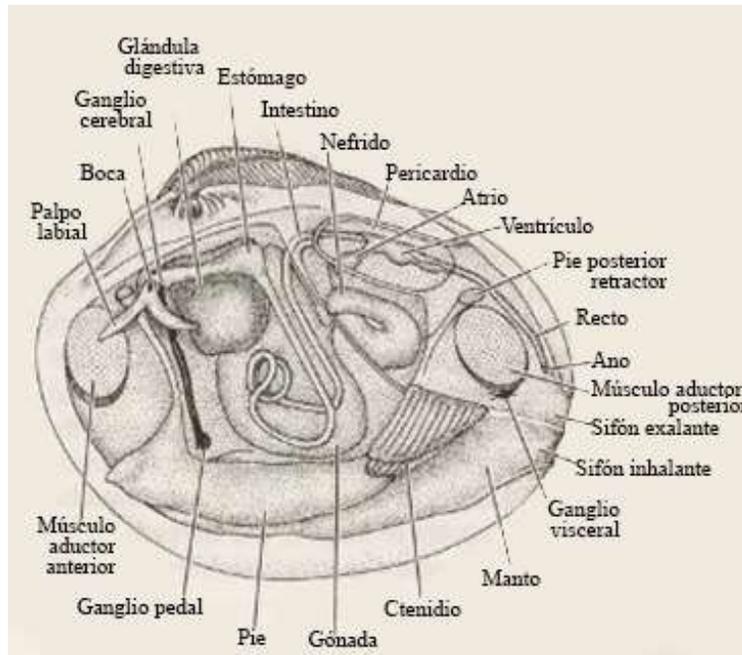


Figura 1. Anatomía de la clase Bivalvia (Modificado de Brusca *et al.*, 2016).

Los bivalvos generalmente son individuos sésiles, pero pueden moverse con ayuda del pie o nadar expulsando agua mediante el manto a través de los sifones (Gosling, 2015). En cuanto al tipo de alimentación, predomina el hábito suspensívoro o detritívoro (García-Cubas y Reguero, 2007) los bivalvos eligen las partículas mediante los palpos labiales, aquellas que son seleccionadas son capturadas con ayuda de las branquias o ctenidios (Coan y Valentich-Scott, 2006) o bien, generan redes de mucus para atrapar las partículas (Jorgensen, 1996; Ward *et al.*, 1998). Dentro de las especies de bivalvos, existen algunas que son depredadoras, utilizan el sifón para crear corrientes de agua y de esta forma succionar pequeños animales al interior de la cavidad palial (Gosling, 2015; Brusca *et al.*, 2016).

En México, son pocos los estudios enfocados en las comunidades marinas que habitan en el intermareal rocoso, así como las diferentes asociaciones que dichas comunidades pueden generar. En particular, el conocimiento sobre los moluscos marinos litorales se ha limitado a los gasterópodos, dejando de lado a otras clases de moluscos como los bivalvos. En años recientes se ha incrementado el interés sobre las asociaciones dentro de las comunidades marinas. Sin embargo, es poco lo que se conoce respecto a los ensambles de macroalgas que habitan el litoral, así como las diferentes asociaciones que estas pueden tener con otros invertebrados como los bivalvos que habitan al interior del ensamble. De esta forma, la finalidad del presente trabajo es determinar la estructura comunitaria de los bivalvos asociados a los ensambles de macroalgas de Ixtapa-Zihuatanejo en el estado de Guerrero.

## **Antecedentes**

### *Bivalvos de México*

México posee una amplia biodiversidad marina, sin embargo, los estudios sobre invertebrados se han limitado a grupos abundantes como los gasterópodos y son pocos los estudios sobre bivalvos en los litorales mexicanos (Salazar-Vallejo y González, 1990). Existen algunos estudios que abarcan ambas costas de México, dentro de los cuales se puede mencionar aquellos que tratan sobre colecciones malacológicas. Lozada (2010) hizo una revisión de la sistemática de los bivalvos de la Colección Malacológica “Dr. Antonio García-Cubas” del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en el cual se encontraron para el estado de Guerrero 120 especies de bivalvos, de estas 100 fueron para la localidad de Acapulco. Sánchez (2014) llevó a cabo la revisión sistemática de la Colección Malacológica de la Secretaría de Marina (SEMAR), con los datos que obtuvo elaboró una base de datos; encontró 97 especies de bivalvos para el Pacífico mexicano. Recientemente Castillo-Rodríguez (2014) abordó el estado de conocimiento de la biodiversidad de moluscos marinos en México, estimó que existen 670 especies de bivalvos en el Pacífico mexicano.

### *Bivalvos de Guerrero*

Para el estado de Guerrero se han realizado numerosos trabajos malacológicos, la mayoría de estos estudios se han enfocado en aspectos de sistemática, ecología y especies de importancia comercial. Encabezando los trabajos, Lesser (1984) estudió los moluscos en la plataforma continental de Guerrero, obteniendo una lista sistemática con 152 especies, entre ellos 54 de Bivalvia; las investigaciones en el grupo han continuado hasta fechas recientes con el trabajo de Cerros-Cornelio *et al.* (2021) quienes trabajaron especies comerciales de moluscos, identificando 13 especies de bivalvos.

Del reconocimiento de la comunidad de moluscos de Guerrero hecho por Flores (2004) se encontraron nueve especies de bivalvos de los cuales *Brachidontes semilaevis* (Menke, 1848) e *Isognomon janus* Carpenter, 1857 tienen una amplia distribución.

Flores-Rodríguez *et al.* (2012) trabajaron a lo largo de la costa de Guerrero, obtuvieron 62 especies de moluscos, de las cuales nueve fueron bivalvos, con dichos datos se observaron la forma en que variaba la riqueza de especies y distribución durante la temporada de lluvias y sequía; registraron que la riqueza de especies de bivalvos no varió en función de la temporada del año.

López-Rojas *et al.* (2017) trabajaron a lo largo de la costa de Guerrero, encontraron un total de 34 especies de moluscos y estimaron sus valores comunitarios (riqueza, abundancia y distribución), observaron que las familias Mytilidae y Arcidae fueron las de mayor riqueza de especies.

El estado de Guerrero se puede clasificar en siete regiones, tres de ellas se encuentran en el litoral del estado: Costa Grande, donde se ubica Ixtapa-Zihuatanejo, Centro donde está el municipio de Acapulco y la Costa Chica, que incluye a los municipios de Copala y San Marcos entre otros (Gutiérrez y Cabrera, 2012).

#### *Bivalvos de la Costa Chica*

Respecto a las investigaciones realizadas en Costa Chica se puede mencionar el trabajo de Flores-Garza *et al.* (2007) en la playa Ventura, quienes analizaron la densidad del molusco *Plicopurpura columellaris* (Lamarck, 1816) y la malacofauna asociada a este gasterópodo, se encontraron 34 especies de ellas, siete fueron bivalvos: *B. semilaevis* e *I. janus* presentaron mayor dominancia y densidad.

#### *Bivalvos de Acapulco*

En la costa de Acapulco se encuentran agrupados casi todos los estudios sobre moluscos en el estado, donde existe una mayoría de trabajos sobre la clase Gastropoda (Villalpando-Canchola, 1986; Flores-Rodríguez *et al.*, 2003; Villegas-Maldonado *et al.*, 2007; Torreblanca, 2010) y en menor número los que se han elaborado sobre la clase Bivalvia, dentro de estos estudios se puede mencionar el de Valdés-González *et al.* (2004) quienes evaluaron las comunidades de moluscos en la zona intermareal rocosa de la isla La Roqueta y su relación con el oleaje, encontraron 41 especies, de estas seis fueron bivalvos; para la clase Bivalvia registraron que hay una preferencia por los sitios de mayor oleaje que por sitios con un oleaje de baja intensidad.

Barba-Marino *et al.* (2010) realizaron un trabajo similar al anterior en la isla La Roqueta, encontrando ocho especies de bivalvos, pero, por el contrario, observaron una preferencia de los bivalvos por un oleaje de baja intensidad. Flores-Garza *et al.* (2010) quienes trabajaron los moluscos de la zona intermareal rocosa de la playa Tlacopanocha, estimaron sus valores comunitarios y encontraron 80 especies de moluscos, de estas 11 fueron bivalvos, cabe destacar que las familias mejor representadas fueron Chamidae y Mytilidae.

Garcés (2011) quien estudió los micromoluscos bivalvos de distintas localidades al interior de la bahía de Acapulco, encontró 143 especies y observó que existe una mayor riqueza en playas arenosas que en la zona intermareal rocosa, siendo la familia Mytilidae la mejor representada. Flores-Garza *et al.* (2011) trabajaron en la playa Majahua, donde analizaron la comunidad de moluscos presente en la zona intermareal rocosa. Con respecto a los bivalvos la familia Chamidae fue la de mayor riqueza.

Galeana-Rebolledo *et al.* (2012) evaluaron la estructura comunitaria de bivalvos y de poliplacóforos encontraron un total de 35 especies, que correspondieron 21 a la clase Bivalvia, las familias mejor representadas para esta clase fueron: Mytilidae y Arcidae. Torreblanca-Ramírez *et al.* (2012) identificaron en el intermareal rocoso de la playa Parque La Reina, 58 especies, ocho de estas pertenecientes a la clase Bivalvia, Mytilidae fue la familia mejor representada, y encontraron a *Brachidontes puntarensis* (Pilsbry y Lowe, 1932) como un nuevo registro para Acapulco.

Flores-Garza *et al.* (2014a) realizaron un trabajo sobre la composición, diversidad y distribución de bivalvos en siete localidades de Acapulco, registraron 32 especies de bivalvos, la familia Mytilidae fue la mejor representada. Kuk-Dzul *et al.* (2019) estudiaron las comunidades de moluscos en Acapulco encontraron 89 especies de moluscos, donde nueve fueron bivalvos, de ellas la familia Carditidae fue la mejor representada.

Entre los estudios con especies de bivalvos de importancia comercial para Acapulco, se pueden mencionar el de Flores-Garza *et al.* (2012) quienes reconocieron 42 especies, de las cuales 23 fueron bivalvos, para la clase Bivalvia las familias mejor representadas fueron Veneridae y Arcidae.

Castro-Mondragón *et al.* (2016) presentaron una lista actualizada de los moluscos de mayor importancia económica en Acapulco e identificaron 48 especies, de las cuales 21 fueron de la clase Bivalvia, con la familia Chamidae como la mejor representada. Por su parte, Galeana-Rebolledo *et al.* (2018) generaron una lista de las especies de moluscos que tienen importancia social y económica; encontraron 25 especies de las cuales 14 pertenecen a la clase Bivalvia.

### *Moluscos de la Costa Grande*

Baqueiro (1979) hizo un análisis de tres especies de la clase Bivalvia [*Megapitaria aurantiaca* (G. B. Sowerby I, 1831), *Megapitaria squalida* (G. B. Sowerby I, 1835) y *Dosinia ponderosa* (Gray, 1838)], en relación con la granulometría de los sedimentos en la zona de Ixtapa-Zihuatanejo. El autor encontró que la distribución espacial de estas especies estaba dada por la energía relacionada con el fondo y el tamaño del grano de la arena.

Flores-Rodríguez *et al.* (2007) evaluaron la variación de las comunidades de moluscos a lo largo de un ciclo anual en la playa Troncones; encontraron 42 especies, (ocho fueron bivalvos); las especies de bivalvos *B. semilaevis* e *I. janus* presentaron la mayor riqueza acumulada y se caracterizaron como representativas de la comunidad malacológica.

Los estudios que comprenden la asociación alga-molusco, entre ellos figura Hansen (2014) quien trabajó las especies de gasterópodos asociados a macroalgas de los estados de Michoacán, Oaxaca y Guerrero; de dichas especies obtuvo su riqueza específica, abundancia y distribución.

El estudio de Salcedo-Martínez *et al.* (1988) fue el primero en la región de Ixtapa-Zihuatanejo que conjuntó a las especies de macroalgas con las diferentes especies de invertebrados. Proporcionaron una lista con las macroalgas y los macroinvertebrados submareales, integrada por 160 especies de moluscos de las clases Cephalopoda, Gastropoda y Polyplacophora, de las cuales 31 fueron de la clase Bivalvia.

Los trabajos de Cisneros (2016), Aguilar (2017), Gama (2019) y Gama-Kwick *et al.* (2021) son los únicos para la Costa Grande en Ixtapa-Zihuatanejo que han relacionado las comunidades de moluscos gasterópodos con las macroalgas de las localidades muelle municipal, la playa Las Gatas y la playa El Palmar. Guzmán (en prep.) en comunicación personal me ha informado acerca de la estructura comunitaria de bivalvos asociados a macroalgas en el intermareal rocoso del muelle municipal al interior de la bahía de Zihuatanejo.

En cuanto a macroalgas, en el Pacífico mexicano se encuentran trabajos como el de Hollenberg (1942; 1948), Taylor (1945), Dawson (1949; 1953; 1954; 1960; 1961) y Dawson y Beaudette (1959), Hollenberg y Dawson (1961).

Los trabajos de Nájera (1967) y Pérez (1967) comprenden estudios sobre las familias Dictyotaceae y Corallinaceae respectivamente, así como el trabajo de Chávez (1972) que contiene una lista florística de las algas marinas de la bahía de Zihuatanejo y zonas adyacentes.

López (1993; 1996) hizo la descripción y caracterización de la ficoflora sublitoral y submareal, respectivamente de Acapulco y Zihuatanejo; en estos estudios obtuvo la riqueza específica, abundancia y distribución de las especies. López (2001) evaluó el efecto de la herbivoría por peces y erizos sobre las macroalgas de Zihuatanejo, en este trabajo encontró cambios significativos en la composición, riqueza y abundancia según la presencia o ausencia de estos herbívoros.

Para Ixtapa-Zihuatanejo se encuentran trabajos como el de Vázquez (2008) quien realizó con ayuda de documentos científicos y muestras registradas en dicha región, una revisión y un diagnóstico de la biodiversidad presente. Vázquez (2009) hizo un estudio en el cual observó el efecto de la sedimentación sobre la estructura de los ensamblajes macroalgales submareales. Así mismo, Vázquez (2011) analizó las variaciones morfológicas de *Hypnea pannosa* J. Agardh, en la playa El Palmar e Ixtapa. Corado (2015) trabajó con asociaciones de algas y corales en la localidad de la playa Las Gatas.

Reyes (2015) caracterizó morfológica y molecularmente a las algas pardas costrosas del Pacífico tropical mexicano, encontró dos morfologías para estas algas agrupadas en un clado. De igual forma Quiroz (2016) caracterizó morfológica y molecularmente al morfotipo “Stragularia” un alga parda costrosa del Pacífico tropical mexicano, en donde obtuvo tres morfologías agrupadas en tres clados.

Sandoval (2016) hizo la caracterización de las algas del arrecife coralino de la isla Ixtapa, en este sitio se encontró una alta diversidad de algas, que crecen sobre sustrato coralino dentro del arrecife. Luna (2018) hizo una comparación de la relación alga-coral ante el fenómeno de El Niño en Ixtapa-Zihuatanejo, encontró un cambio significativo de riqueza, cobertura y composición de algas y corales ante este fenómeno.

## **Objetivos**

### *General*

- Determinar la estructura comunitaria de los bivalvos asociados a macroalgas a lo largo de un ciclo anual en diferentes localidades en la zona intermareal rocosa de Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero, México.

### *Particulares*

- Determinar la composición, riqueza de especies, abundancia, densidad y distribución espacio-temporal de los bivalvos asociados a las macroalgas a lo largo de un ciclo anual.
- Conocer la composición, riqueza de especies, cobertura, distribución espacio-temporal de los ensambles de macroalgas en relación con la estructura de la comunidad de los bivalvos asociados.
- Conocer la relación de la cobertura de macroalgas con la cantidad de sedimento retenido por los ensambles macroalgales a lo largo de un ciclo anual.
- Determinar las diferencias al comparar la densidad de bivalvos con la cobertura y el sedimento retenido por las macroalgas entre localidades y por nivel de marea, a lo largo de un ciclo anual.

## Área de Estudio

### *Estado de Guerrero*

El estado de Guerrero se localiza al sur de la República Mexicana (Fig. 2), pertenece a la zona costera denominada Pacífico tropical mexicano que es influenciada por la Corriente Costanera de Costa Rica, la cual fluye de forma ascendente desde el norte de Panamá hasta Jalisco, México (Wyrski, 1965). Ixtapa-Zihuatanejo se localiza al noroeste del estado de Guerrero, corresponde al municipio de Zihuatanejo de Azueta ( $17^{\circ}39'06.56''$  latitud N y  $101^{\circ}33'27.58''$  longitud O). Esta zona abarca desde el río Chutla, la isla Ixtapa, el complejo turístico Ixtapa-Zihuatanejo, la bahía de Zihuatanejo, los Morros y la bahía de Potosí (Lankford, 1974).



Figura 2. Ubicación de la zona de estudio.

El clima de la región es Aw''o(w)i, es decir, que es un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano (junio a septiembre), con un periodo de sequía (octubre a mayo), la precipitación media anual es de 1102 mm. La temperatura media anual es de 27 °C (García, 1973).

El presente trabajo se hizo en dos localidades de Ixtapa-Zihuatanejo, la playa El Palmar en la zona de Ixtapa y la playa Las Gatas, dentro de la bahía de Zihuatanejo.

### *Playa El Palmar*

La playa El Palmar se encuentra frente al complejo turístico Ixtapa, está formada por litoral rocoso y arenoso, con una longitud de 2.7 km. Consta de un relieve heterogéneo compuesto por riscos y morros de diferente tamaño y forma irregular (Aguilar, 2017). En esta playa se han descrito patrones con una circulación del agua dominante hacia el norte a lo largo de esta zona, por lo que el oleaje es intenso en la parte norte de la playa (Cisneros, 2016; Aguilar, 2017). El material biológico se obtuvo sobre la punta rocosa junto al complejo turístico.

### *Playa Las Gatas*

La playa Las Gatas está localizada al interior de la bahía de Zihuatanejo tiene una extensión de 350 m (López, 1993) y se compone principalmente de arena, fragmentos de coral y rocas (López, 1993; Urbano, 2004; Cisneros, 2016). Paralelo a la línea de costa se encuentra una estructura denominada como “pretil”, el cual es un conglomerado de rocas apiladas, irregulares y de tamaños variables (Urbano, 2004; Cisneros, 2016; Aguilar, 2017). La presencia de este conglomerado hace que el oleaje sea menor al interior de la playa (Aguilar, 2017). Fue sobre el pretil de esta playa de donde se obtuvo el material biológico.

## **Materiales y Métodos**

### *Trabajo de campo*

El equipo del Laboratorio de Ficología (Biodiversidad Marina), de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), hizo cuatro expediciones a las localidades en las cuales se recolectaron muestras de macroalgas en enero, mayo, julio y noviembre de 2014. En cada una de las dos localidades se establecieron tres puntos de muestreo por nivel de marea: intermareal bajo, medio y alto. Se recolectó, con una espátula manualmente, dentro de cuadros de 400 cm<sup>2</sup> el conjunto completo de macroalgas, con su fauna asociada; las muestras fueron colocadas dentro de bolsas de plástico con agua de mar y se etiquetaron debidamente (fecha, localidad, nivel de marea, número de muestra y recolector) para su posterior traslado dentro de bolsas herméticas a la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación Zihuatanejo (UMDI-Z) de la UNAM.

### *Trabajo de laboratorio para moluscos*

Las muestras de macroalgas se procesaron en el Laboratorio de Ficología (Biodiversidad Marina) de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Los grupos de invertebrados presentes se extrajeron manualmente, bajo microscopio estereoscópico (Zeiss, SteREO Discovery), con el uso de pinzas de disección. Los individuos pertenecientes al filo Mollusca, específicamente los bivalvos, fueron colocados en frascos de vidrio separados por muestra, y preservados con alcohol etílico al 70% con su etiqueta.

La identificación taxonómica de los bivalvos se hizo con literatura malacológica especializada para la zona del océano Pacífico como: Keen (1971) y Coan *et al.* (2000) con la cual se llegó al nivel taxonómico más bajo posible: género o especie. Se elaboró una lista sistemática y la actualización nomenclatural con base en la propuesta de Bouchet *et al.* (2010) para los niveles suprafamiliares y la base de datos de World Register of Marine Species (Horton *et al.* 2021) para los niveles de género y especie.

En este estudio se incluyen fotografías de los ejemplares de bivalvos recolectados, mismas que fueron tomadas por la M. en F. P. Ana Isabel Bieler Antolín, las fotografías se obtuvieron mediante una cámara digital (Canon EOS Rebel T6i) en el Laboratorio de Microcine de la Facultad de Ciencias, UNAM. Estas fotografías incluyen vista dorsal y ventral de las conchas de bivalvos; con dichas fotografías se elaboraron láminas de cada especie identificada (Anexo III).

Los ejemplares de bivalvos fueron depositados en la colección “Invertebrados asociados a macroalgas” del Laboratorio de Ficología (Biodiversidad Marina) de la Facultad de Ciencias, UNAM; misma que se encuentra en proceso de registro ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

#### *Trabajo de laboratorio para macroalgas*

Las muestras de macroalgas fueron preservadas colocándolas dentro de frascos con su etiqueta, donde el agua de mar fue reemplazada por una mezcla de formaldehído al 4% y agua de mar neutralizada con borato de sodio y glicerina. Se calculó la cobertura de macroalgas por cm<sup>2</sup> al colocar cada muestra sobre un cuadro de papel milimétrico de 20 x 20 cm; no se tomaron en cuenta algas que presentaron coberturas menores a 1 cm<sup>2</sup> ni algas epífitas o algas costrosas, debido a su poca abundancia al interior de los ensambles macroalgales.

Posteriormente, se separó una porción de cada morfotipo algal para su identificación taxonómica, la cual fue realizada por la Dra. Dení Claudia Rodríguez Vargas con base en literatura especializada para macroalgas del océano Pacífico: Taylor (1945), Dawson (1949; 1953; 1954; 1959; 1960; 1961), Abbott y Hollenberg (1976), Abbott (1999), Rodríguez *et al.* (2008), con la que se llegó al nivel taxonómico más bajo posible: género o especie. Finalmente se elaboró una lista sistemática y la actualización nomenclatural para las especies de macroalgas a partir de la base de datos de Algaebase (Guiry y Guiry, 2021).

#### *Trabajo de laboratorio para sedimento*

Cada ensamble macroalgal contenía una cantidad variable de sedimento procedente de la recolección en el campo. Para conocer la cantidad de sedimento retenido por las macroalgas, se aisló el sedimento separándolo de ellas por decantación; posteriormente se colocó en un fragmento de papel aluminio para tomar el peso húmedo y después se obtuvo el peso seco, mediante el secado de las muestras de sedimento en una estufa por un lapso de ocho días a 60 °C, para posteriormente medir el peso seco con una báscula digital (modelo OBI).

#### *Trabajo de gabinete*

Se elaboraron bases de datos utilizando hojas de cálculo con el software Microsoft Excel (2016), en donde se acomodaron las especies identificadas de bivalvos, así como las especies de macroalgas, en filas y columnas para realizar los análisis correspondientes.

Se estimó la estructura comunitaria de los bivalvos (composición, riqueza, densidad y distribución espacio-temporal) considerando las dos localidades (la playa El Palmar y la playa Las Gatas), meses de muestreo (enero, mayo, julio y noviembre) y el nivel de la zona intermareal (bajo, medio y alto). La densidad de las especies de bivalvos se obtuvo del número de individuos por mes de muestreo sobre la multiplicación del número de muestras recolectadas en cada mes (9) por la cobertura de cada muestra (400 cm<sup>2</sup>) dando como resultado ind/3600 cm<sup>2</sup>. Con los datos de riqueza de especies (*s*) y de abundancia (*n*) de los bivalvos; se estimaron los índices de diversidad de Shannon (*H'*), índice de equidad de Pielou (*J'*) e índice de dominancia de Simpson ( $\lambda$ ) y el índice de similitud de Jaccard (*I<sub>j</sub>*), los cuales se calcularon de la siguiente forma (Moreno, 2001):

Índice de Shannon (*H'*):

$$H' = - \sum_{i=1}^n pi * \log_2 pi$$

Donde *pi*= abundancia relativa de la especie *i*, es decir, el número de individuos de la especie *i* dividido entre el número total de individuos de la muestra,  $\log_2 pi$  = logaritmo base dos de la abundancia proporcional de especies y *n*= número total de especies.

Índice de Pielou (*J'*):

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

Donde *H'*= índice de diversidad de Shannon, *H<sub>max</sub>* = logaritmo natural del número de especies.

Índice de Simpson ( $\lambda$ ):

$$\lambda = \sum_{i=1}^n pi^2$$

Donde *pi*= abundancia proporcional de la especie *i*, es decir, el número de individuos de la especie *i* dividido entre el número total de individuos de la muestra, *n*= número total de especies.

Índice de Jaccard (*I<sub>j</sub>*):

$$I_j = \frac{2c}{a + b - c}$$

Donde  $a$ =número de especies presentes en sitio A,  $b$ = número de especies presentes en el sitio B,  $c$ = número de especies compartidas entre los dos sitios A y B.

Adicionalmente, se determinó el grupo morfofuncional (GMF) para cada especie macroalgal con base en la propuesta de Steneck y Dethier (1994), sobre los grupos forma-función de macroalgas (Cuadro 1). Los grupos morfofuncionales de macroalgas son grupos formados por diversos organismos de las distintas divisiones de algas, mismos que han convergido evolutivamente, esto los ha llevado a tener morfologías similares, lo cual representa un papel importante dentro de la comunidad ecológica (Littler y Littler, 1980; Steneck y Dethier 1994).

Cuadro 1. Grupos morfofuncionales propuestos por Steneck y Dethier (1994).

Grupos morfofuncionales	Nombre	e.g. Taxón
1	Microalgas	<i>Cyanobacterias, Diatomeas</i>
2	Algas filamentosas	<i>Chaetomorpha, Cladophora</i>
3	Algas foliosas	<i>Porphyra, Ulva</i>
3.5	Algas foliosas corticadas	<i>Dictyota, Padina</i>
4	Algas filamentosas corticadas	<i>Chondria, Gelidium</i>
5	Algas coriáceas	<i>Sargassum</i>
6	Algas calcáreas articuladas	<i>Amphiroa, Halimeda</i>
7	Algas costrosas	<i>Lithothamnion, Peyssonnelia</i>

Se realizó una curva de acumulación de especies con hojas de cálculo del software Microsoft Excel (2016), de los moluscos bivalvos recolectados en las localidades de estudio con la finalidad de conocer la cantidad de especies que haría falta encontrar y recolectar en ambas localidades de estudio. Adicionalmente, se llevaron a cabo análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) con el software Primer V6 (2006), para observar las posibles asociaciones entre los bivalvos, las macroalgas y sedimentos retenidos.

Se realizaron pruebas de Ji cuadrada ( $\chi^2$ ) con la finalidad de observar si existían diferencias entre los valores de sedimento retenido, en términos de sedimento seco y húmedo. Además, se elaboraron regresiones lineales múltiples con hojas de cálculo del software Microsoft Excel (2016), para estimar la relación entre la densidad de bivalvos, la cobertura macroalgal y los sedimentos retenidos. En este mismo software se realizaron pruebas de *T de student* para el índice de diversidad de Shannon y así observar diferencias entre los meses de muestreo para cada índice.

## Resultados

### *Riqueza y composición de moluscos*

De las 72 muestras recolectadas se encontraron organismos en 60 de ellas, de las cuales 35 pertenecieron a la playa El Palmar y 25 a la playa Las Gatas, con esto se obtuvo un total de 873 individuos.

Los 873 individuos de la clase Bivalvia se agruparon en dos subclases: Protobranchia y Autobranchia, que correspondieron a ocho órdenes, diez familias, 15 géneros y 17 especies (Cuadro 2); de las cuales 15 especies estuvieron presentes en la playa El Palmar y 11 en la playa Las Gatas.

Cuadro 2. Número de familias, géneros y especies de la clase Bivalvia, recolectados en Ixtapa-Zihuatanejo.

Subclase Protobranchia		
Familias	Géneros	Especies
Nuculidae	<i>Linucula</i>	1
Subclase Autobranchia		
Mytilidae	<i>Brachidontes</i>	2
	<i>Leiosolenus</i>	1
	<i>Modiolus</i>	1
	<i>Mytilus</i>	1
Arcidae	<i>Acar</i>	1
Pteriidae	<i>Isognomon</i>	1
Pinnidae	<i>Pinna</i>	1
Lucinidae	<i>Liralucina</i>	1
Carditidae	<i>Carditamera</i>	2
	<i>Cardites</i>	1
Crassatellidae	<i>Crassinella</i>	1
Chamidae	<i>Chama</i>	1
Myidae	<i>Mya</i>	1
	<i>Sphenia</i>	1
<b>10</b>	<b>15</b>	<b>17</b>

Las familias Carditidae y Mytilidae fueron las mejor representadas con tres y cinco especies, respectivamente; en tanto que las familias Arcidae, Chamidae, Crassatellidae, Lucinidae, Myidae, Nuculidae, Pinnidae y Pteriidae se encontraron representadas por una sola especie (Fig. 3).

El gremio alimentario de la mayoría de las familias de bivalvos (80%) fue suspensívoro; solamente las familias Carditidae y Nuculidae fueron consideradas detritívoras (captadoras de depósitos orgánicos).

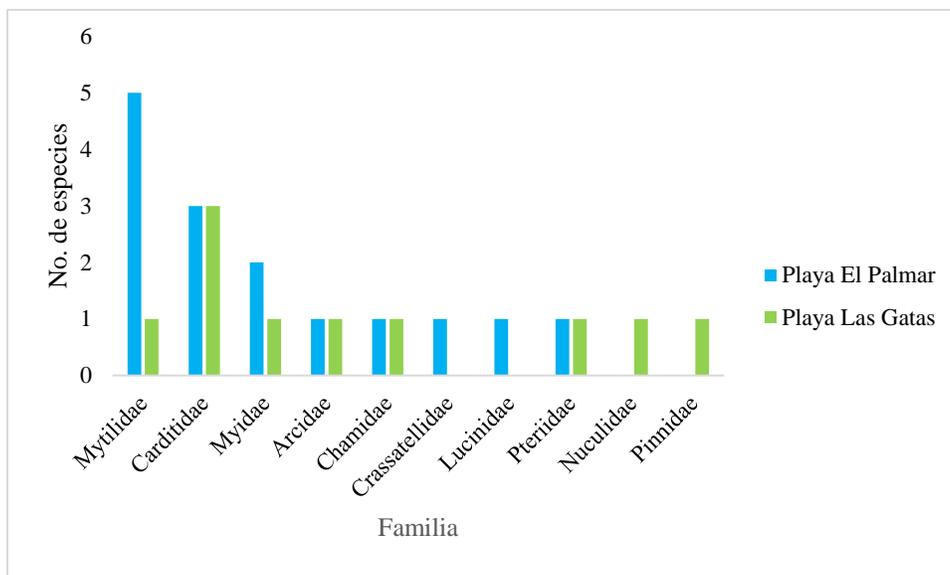


Figura 3. Número de especies de bivalvos por familia para las dos localidades estudiadas.

La riqueza de especies varió según la localidad (Fig. 4A), siendo la playa El Palmar el sitio con el valor más elevado con 15 especies, y la playa Las Gatas con el menor número (11). La riqueza de especies con relación a la temporalidad varió en la playa El Palmar, en enero se presentó la mayor riqueza (diez especies) y en noviembre la menor riqueza (cinco especies); en la playa Las Gatas fue noviembre donde se encontró la mayor riqueza con nueve especies y el valor más bajo se obtuvo en julio con solo dos especies (Fig. 4B).

En cuanto a la riqueza de especies por nivel de marea (Fig. 4C), en la playa El Palmar en el nivel bajo se recolectó el mayor número, 13 especies, y el menor número se encontró tanto en el nivel medio como en el alto, con siete especies en cada uno; la playa Las Gatas presentó el mayor número en el nivel medio (10), y el nivel alto con el menor número (5).

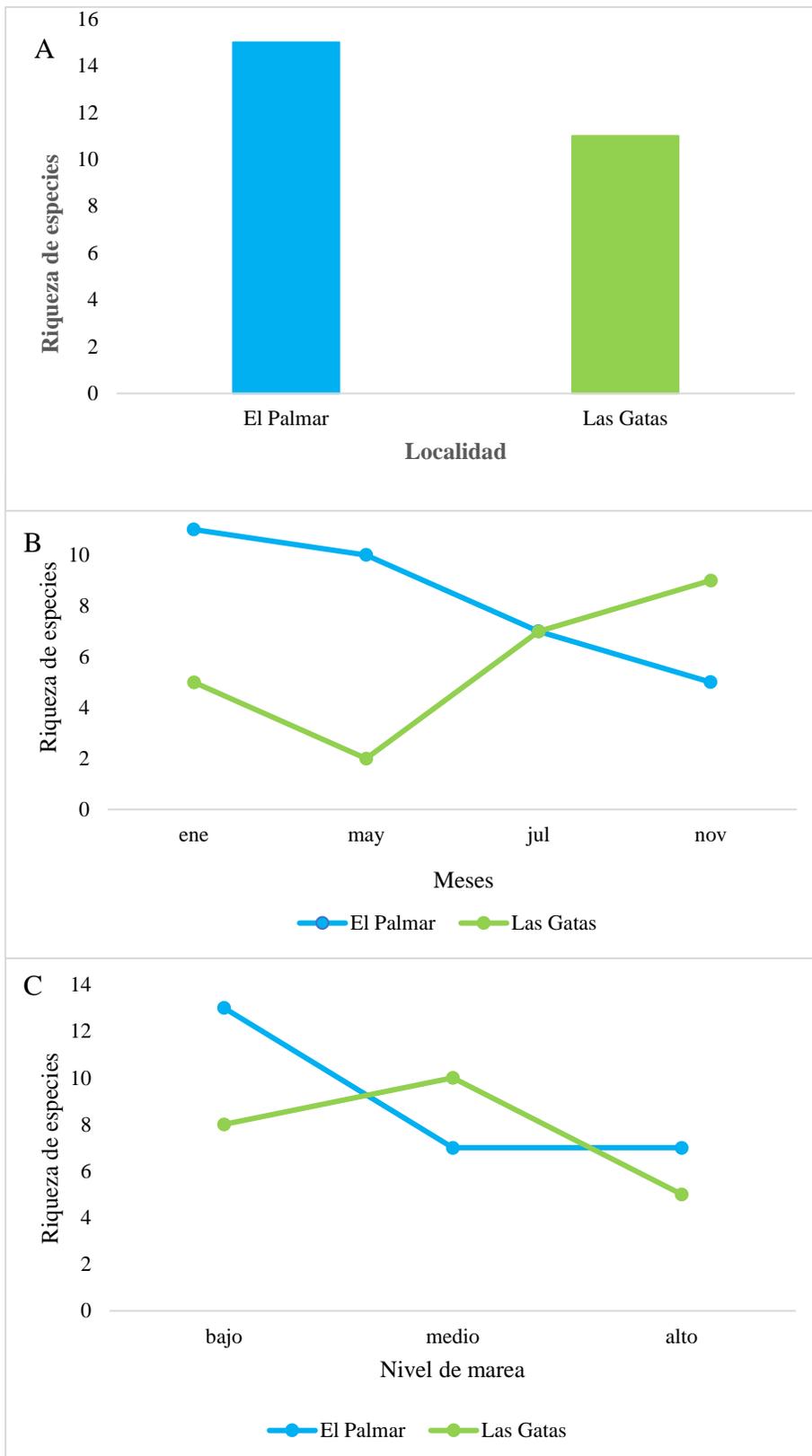


Figura 4. Riqueza de especies de bivalvos por A: localidad; B: mes de muestreo y C: nivel de la zona intermareal.

La curva de acumulación de especies mostró un comportamiento asintótico en la playa El Palmar, mientras que en la playa Las Gatas no mostró esta tendencia (Fig. 5), se observa que la riqueza de especies es diferente en cada localidad.

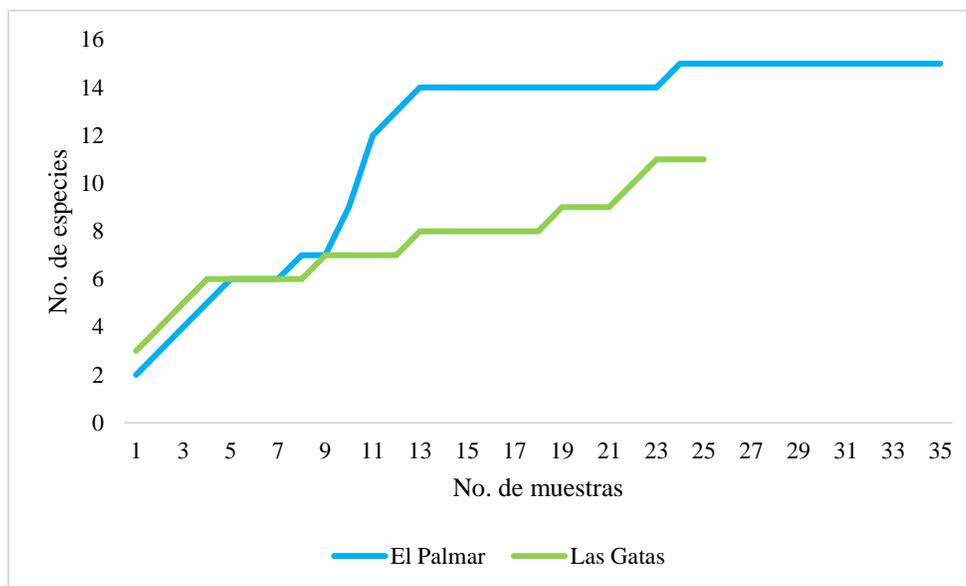


Figura 5. Curvas de acumulación de las especies de bivalvos en cada localidad.

#### *Abundancia de moluscos*

La condición de recolección del total de individuos fue diferente. Se obtuvieron 769 individuos (88%), con ambas valvas y parte blanda (“vivos”) y 113 se encontraron con solo una valva (12%) o únicamente con las valvas articuladas y sin parte blanda (“muertos”). Los 769 individuos “vivos” o completos fueron la base para los análisis de la estructura comunitaria de bivalvos.

En ambas playas, las especies más abundantes fueron: *Brachidontes adamsianus* (Dunker, 1857), *Isognomon janus* Carpenter, 1857 y *Leiosolenus aristatus* (Dillwyn, 1817). Las especies menos abundantes en la playa El Palmar fueron: *Carditamera radiata* (G. B. Sowerby I, 1833), *Liralucina approximata* (Dall, 1901), *Modiolus capax* (Conrad, 1817) y *Sphenia fragilis* (H. Adams & A. Adams, 1854); las especies menos abundantes en la playa Las Gatas fueron: *Carditamera affinis* (G. B. Sowerby I, 1833), *Cardites grayi* (Dall, 1903), *Linucula declivis* (Hinds, 1843) y *S. fragilis*, (Cuadro 3).

Cuadro 3. Abundancia de las especies de bivalvos recolectados. N= Número de individuos.

<b>Especie</b>	<b>N</b>
<i>Brachidontes adamsianus</i> (Dunker, 1857)	376
<i>Leiosolenus aristatus</i> (Dillwyn, 1817)	205
<i>Isognomon janus</i> Carpenter, 1857	124
<i>Carditamera radiata</i> (G. B. Sowerby I, 1833)	15
<i>Chama coralloides</i> Reeve, 1846	13
<i>Carditamera affinis</i> (G. B. Sowerby I, 1833)	9
<i>Modiolus capax</i> (Conrad, 1837)	5
<i>Brachidontes semilaevis</i> (Menke, 1848)	5
<i>Acar rostrae</i> (Berry, 1954)	4
<i>Cardites grayi</i> (Dall, 1903)	4
<i>Sphenia fragilis</i> (H. Adams & A. Adams, 1854)	3
<i>Linucula declivis</i> (Hinds, 1843)	2
<i>Crassinella ecuadoriana</i> Olsson, 1961	2
<i>Mytilus edulis</i> Linnaeus, 1758	1
<i>Mya</i> sp.	1
<b>Total de individuos:</b>	<b>769</b>

#### *Densidad de bivalvos*

La especie *Brachidontes adamsianus*, presentó la mayor densidad de individuos en la playa El Palmar con 161 ind/3600 cm<sup>2</sup> en enero, esta misma especie fue la de mayor densidad en todos los meses de muestreo en esta playa, la densidad de las especies *Isognomon janus* y *Leiosolenus aristatus* fluctuaron entre 1 y 51 ind/3600 cm<sup>2</sup>, y entre 1 y 30 ind/3600 cm<sup>2</sup> respectivamente. Las especies restantes tuvieron densidades menores a 10 ind/3600 cm<sup>2</sup> (Cuadro 4).

En la playa Las Gatas la especie con mayor densidad fue *L. aristatus* con 140 ind/3600 cm<sup>2</sup> en enero, las especies *B. adamsianus* e *I. janus* presentaron densidades entre 9 y 56 ind/3600 cm<sup>2</sup> y entre 2 y 16 ind/3600 cm<sup>2</sup> respectivamente. Todas las demás especies tuvieron densidades menores a 10 ind/3600 cm<sup>2</sup> (Cuadro 4).

Cuadro 4. Densidad de las especies de moluscos (ind/3600cm<sup>2</sup>) recolectadas en las dos localidades de estudio.

Especie	Playa El Palmar				Playa Las Gatas				Total
	ene	may	jul	nov	ene	may	jul	nov	
<i>Linucula declivis</i>	-	-	-	-	-	-	1	1	2
<i>Brachidontes adamsianus</i>	161	43	18	14	41	9	34	56	376
<i>Brachidontes semilaevis</i>	4	-	-	1	-	-	-	-	5
<i>Leiosolenus aristatus</i>	2	30	1	6	140	7	5	14	205
<i>Modiolus capax</i>	1	2	1	1	-	-	-	-	5
<i>Mytilus edulis</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Acar rostrae</i>	-	-	-	-	-	-	1	3	4
<i>Isognomon janus</i>	51	32	8	5	2	-	10	16	124
<i>Carditamera affinis</i>	5	2	-	-	1	-	-	1	9
<i>Carditamera radiata</i>	-	3	1	-	3	-	3	5	15
<i>Cardites grayi</i>	-	1	3	-	-	-	-	-	4
<i>Crassinella ecuadoriana</i>	-	1	1	-	-	-	-	-	2
<i>Chama coralloides</i>	3	2	1	-	-	-	-	7	13
<i>Mya</i> sp.	1	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Sphenia fragilis</i>	1	1	-	-	-	-	-	1	3
<b>Total</b>	<b>230</b>	<b>117</b>	<b>34</b>	<b>27</b>	<b>187</b>	<b>16</b>	<b>54</b>	<b>104</b>	<b>769</b>

#### *Distribución espacial y temporal de moluscos*

Ambos sitios compartieron siete especies: *Brachidontes adamsianus*, *Leiosolenus aristatus*, *Acar rostrae*, *Isognomon janus*, *Carditamera affinis*, *Carditamera radiata* y *Chama coralloides*; seis especies fueron exclusivas de la playa El Palmar: *Brachidontes semilaevis*, *Cardites grayi*, *Crassinella ecuadoriana*, *Modiolus capax*, *Mytilus edulis* y *Mya* sp.; y una especie se registró únicamente en la playa Las Gatas: *Linucula declivis* (Cuadro 5).

La especie *B. adamsianus* se presentó en los tres niveles de marea y en ambas localidades al igual que las especies *L. aristatus* e *I. janus*. Por nivel de marea, el nivel bajo tuvo el mayor número de especies en la playa El Palmar mientras que, en la playa Las Gatas el nivel con mayor número de especies fue el medio (Cuadro 5).

Cuadro 5. Distribución espacial de las especies de bivalvos recolectados en la playa El Palmar y la playa Las Gatas. X=presencia de la especie.

Especie	Playa El Palmar			Playa Las Gatas		
	bajo	medio	alto	bajo	medio	alto
<i>Linucula declivis</i>	-	-	-	X	-	-
<i>Brachidontes adamsianus</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Brachidontes semilaevis</i>	-	X	X	-	-	-
<i>Leiosolenus aristatus</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Modiolus capax</i>	X	X	X	-	-	-
<i>Mytilus edulis</i>	-	X	-	-	-	-
<i>Acar rostae</i>	X	-	-	X	X	-
<i>Isognomon janus</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Carditamera affinis</i>	X	-	X	X	X	X
<i>Carditamera radiata</i>	X	-	-	X	X	-
<i>Cardites grayi</i>	X	-	-	-	X	-
<i>Crassinella ecuadoriana</i>	X	X	X	-	-	-
<i>Chama coralloides</i>	X	X	X	X	X	-
<i>Mya sp.</i>	X	-	-	-	-	-
<i>Sphenia fragilis</i>	X	-	-	-	X	-
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>4</b>

Las especies *Brachidontes adamsianus* y *Leiosolenus aristatus* se presentaron en los cuatro meses de muestreo y en las dos localidades de estudio. Las especies *M. capax* y *S. fragilis* solo se observaron en enero. Los meses que presentaron una mayor riqueza de especies en la playa El Palmar fueron enero y mayo, contrario a la playa Las Gatas, la cual presentó una mayor riqueza en julio y noviembre (Cuadro 6).

Cuadro 6. Distribución temporal de las especies recolectadas en la playa El Palmar y la playa Las Gatas.

X= presencia de la especie.

Especie	Playa El Palmar				Playa Las Gatas			
	ene	may	jul	nov	ene	may	jul	nov
<i>Linucula declivis</i>	-	-	-	-	-	-	X	X
<i>Brachidontes adamsianus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Brachidontes semilaevis</i>	X	-	-	X	-	-	-	-
<i>Leiosolenus aristatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Modiolus capax</i>	X	X	X	X	-	-	-	-
<i>Mytilus edulis</i>	X	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acar rostae</i>	-	-	-	-	-	-	X	X
<i>Isognomon janus</i>	X	X	X	X	X	-	X	X
<i>Carditamera affinis</i>	X	X	-	-	X	-	-	X
<i>Carditamera radiata</i>	-	X	X	-	X	-	X	X
<i>Cardites grayi</i>	-	X	X	-	-	-	-	-
<i>Crassinella ecuadoriana</i>	-	X	X	-	-	-	-	-
<i>Chama coralloides</i>	X	X	X	-	-	-	-	X
<i>Mya sp.</i>	X	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sphenia fragilis</i>	X	X	-	-	-	-	-	X
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

### Índices comunitarios

Los índices comunitarios para la playa El Palmar indicaron valores del índice de diversidad de Shannon entre 1.33 y 2.15 bits/ind, para la playa Las Gatas este índice varió entre 0.98 y 2.09 bits/ind, siendo este sitio el que presentó los valores más bajos. En la playa El Palmar, el índice de Pielou alcanzó valores mayores a 0.60, por lo que la equidad de esta localidad fue moderada; en lo que corresponde a la playa Las Gatas, hubo dominancia en enero y mayo con valores de 0.60 y 0.50, sin embargo, para julio y noviembre se registró una equidad alta de especies, con un índice de Pielou mayor a 0.60 (Cuadro 7).

Cuadro 7. Índices comunitarios de la playa El Palmar y la playa Las Gatas. Donde N= número de individuos,  $H'$ = Índice de Shannon,  $J'$ =equidad de Pielou y  $\lambda$ = dominancia de Simpson

meses	Playa El Palmar				Playa Las Gatas			
	N	$H'$	$J'$	$\lambda$	N	$H'$	$J'$	$\lambda$
enero	230	<b>1.30</b>	0.39	0.54	187	0.99	0.43	0.60
mayo	117	<b>2.15</b>	0.61	0.27	16	<b>0.98</b>	0.41	0.50
julio	34	2.03	0.67	0.34	54	1.63	0.63	0.44
noviembre	27	1.77	0.76	0.35	104	<b>2.09</b>	0.66	0.33

Se marca en **negrita** los valores máximos y mínimos para el índice de Shannon ( $H'$ )

Se realizaron pruebas de *T de student* para observar las posibles diferencias entre los meses de muestreo para cada índice de diversidad de Shannon. En todos los casos, el resultado indicó que había diferencias significativas entre cada mes de muestreo ( $p \leq 0.05$ ).

Cuadro 8. Prueba de *T de student* por mes de muestreo para el índice de Shannon. Donde  $H'$ =Índice de Shannon, t= T de student

Meses	Playa El Palmar			Playa Las Gatas			
	$H'$	t	p	$H'$	t	p	gl
ene-may	1.30	-0.009	324	0.99	0.009	169	1
	2.15			0.98			
may-jul	2.15	0.00004	142	0.98	-19.84	4	
	2.03			1.63			
jul-nov	2.03	0.023	60	1.63	-3.18	94	
	1.17			2.09			

### Análisis multivariados para bivalvos

Al analizar los datos con respecto al índice de Jaccard para las especies de bivalvos por cada localidad se presentaron tres grupos de entre 55% y 60% de similitud (Fig. 6). Este índice no mostró una asociación clara entre nivel de marea o mes del año.

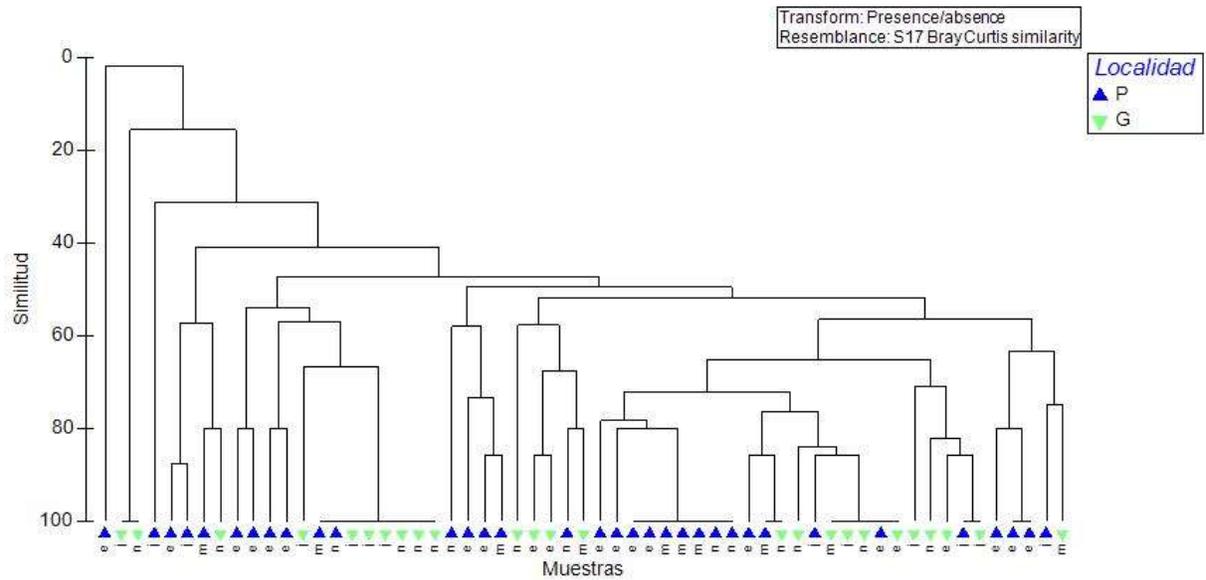


Figura 6. Análisis de agrupamiento con índice de similitud de Jaccard. Las letras corresponden: enero (e), mayo (m), julio (j), noviembre (n). Las localidades: playa El Palmar (P=azul), playa Las Gatas (G=verde).

El análisis de escalamiento multidimensional no métrico mediante el índice de similitud de Bray-Curtis formó tres grupos; el azul que correspondió a muestras de la playa El Palmar, el verde con muestras de la playa Las Gatas y el rojo agrupó a las muestras que solo tienen a la especie *Brachidontes adamsianus*, de ambas localidades (Fig. 7).

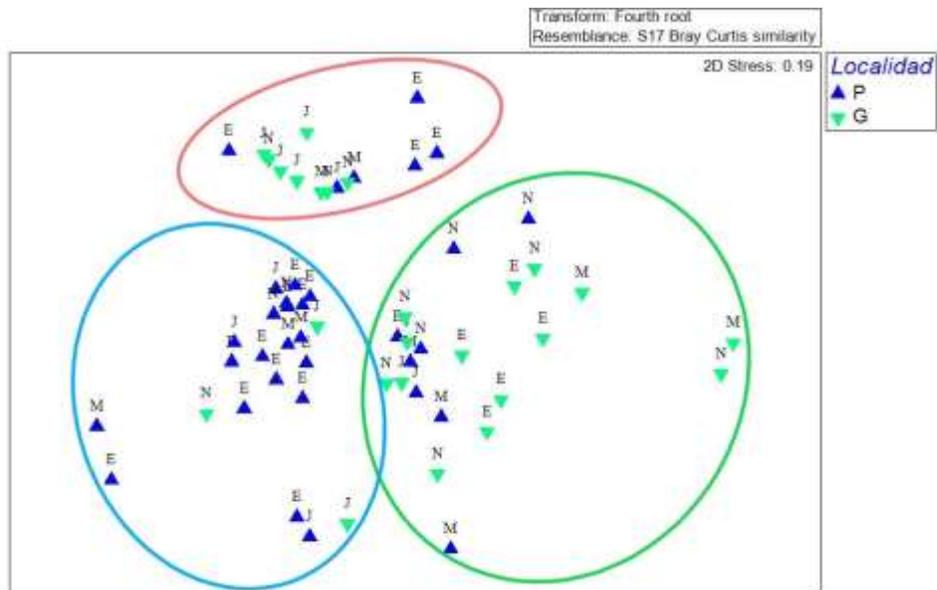


Figura 7. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico. Localidad: playa El Palmar (P), playa Las Gatas (G). Meses: enero (E), mayo (M), julio (J), noviembre (N).

*Composición y riqueza de macroalgas*

De las 60 muestras revisadas se encontró un total de tres filos, tres clases, cinco subclases, 13 órdenes, 19 familias, 33 géneros y 59 especies (Cuadro 9); de las cuales, a cada localidad le pertenecen 37 especies. De las 59 especies totales, 11 fueron Chlorophyta (18%), 41 Rhodophyta (70%) y siete Ochrophyta-Phaeophyceae (12%). Entre ambas localidades se compartieron 16 especies. Las familias con mayor número de especies fueron Rhodomelaceae con 12 especies, Corallinaceae con nueve y Ceramiaceae y Dictyotaceae con cinco especies cada una.

Cuadro 9. Número de géneros y especies de macroalgas encontradas en Ixtapa-Zihuatanejo

Chlorophyta			
Orden	Familias	Géneros	Especies
Ulvales	Ulvaceae	1	3
Bryopsidales	Bryopsidaceae	1	1
	Caulerpaceae	1	2
	Halimedaceae	1	1
Cladophorales	Cladophoraceae	2	4
<b>Total</b>		<b>6</b>	<b>11</b>
Rhodophyta			
Gigartinales	Cystocloniaceae	1	3
	Phylloporaceae	2	2
Ceramiales	Ceramiaceae	3	5
	Delesseriaceae	1	1
	Rhodomelaceae	6	12
Rhodymeniales	Rhodymeniaceae	2	2
Corallinales	Corallinaceae	2	9
Gelidaiales	Gelidiaceae	2	3
	Pterocladaceae	1	1
Gracilariales	Gracilariaceae	1	1
Halymeniales	Halymeniaceae	1	2
<b>Total</b>		<b>22</b>	<b>41</b>
Ochrophyta-Phaeophyceae			
Ectocarpales	Scytosiphonaceae	1	1
Fucales	Sargassaceae	1	1
Dictyotales	Dictyotaceae	3	5
<b>Total</b>		<b>5</b>	<b>7</b>

### *Riqueza de moluscos y macroalgas*

La riqueza de moluscos y macroalgas varió según el sitio, mes de muestreo y nivel de marea; se presentó la misma riqueza de especies de macroalgas en ambos lugares (37 especies) y en el caso de los moluscos, la mayor riqueza se observó en la playa El Palmar con 15 especies y en la playa Las Gatas una riqueza de 11 especies (Fig. 8A).

La riqueza de especies de macroalgas por mes de muestreo en ambas localidades, tuvo valores elevados; su comportamiento fue inverso respecto a los moluscos, es decir, cuando la riqueza de especies de macroalgas aumentó, la riqueza de especies de moluscos disminuyó; esto se observó en mayo y julio donde la riqueza de macroalgas aumentó de 25 especies a 31 y la riqueza de especies de moluscos disminuyó de 12 a 10 (Fig. 8B).

En lo que respecta a la riqueza de especies por nivel de la zona intermareal en ambas localidades, se observó que hay una relación directa entre ambos grupos, es decir, los valores para la riqueza de especies de macroalgas y moluscos disminuyeron de igual forma; esto se vio reflejado en el nivel medio y alto, en los cuales los valores de riqueza de ambos grupos descendieron de 31 a 17 especies de macroalgas y en moluscos de 13 a ocho especies. La mayor riqueza de ambos grupos se encontró en los niveles bajo y medio con 32 especies de macroalgas y 14 especies de moluscos (Fig. 8C).

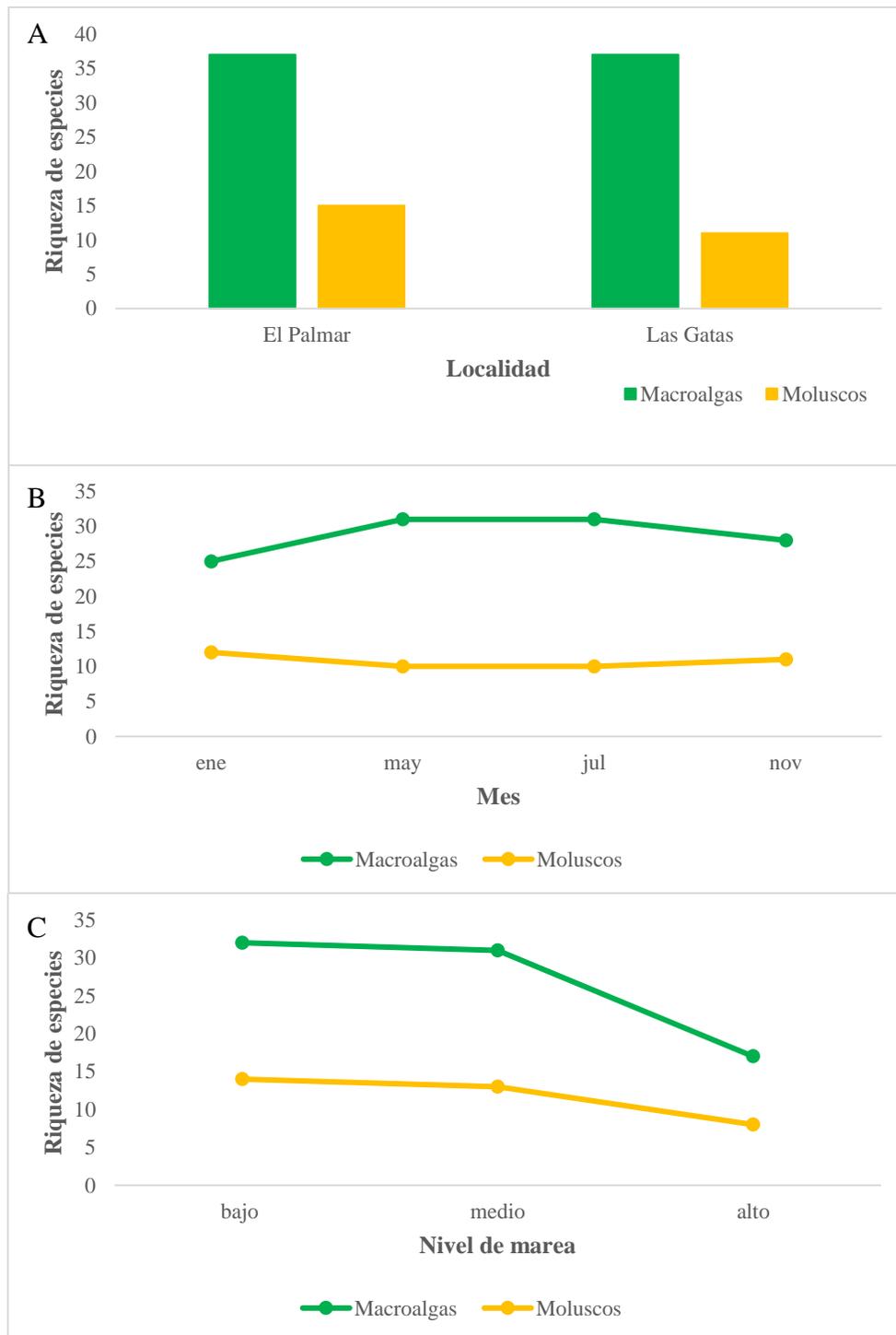


Figura 8. Variación de la riqueza de especies de macroalgas comparada con la riqueza de bivalvos. A: diferentes localidades; B: mes de muestreo; C: nivel de la zona intermareal.

### *Grupos morfofuncionales de macroalgas*

Se relacionaron los grupos morfofuncionales de algas propuestos por Steneck y Dethier (1994) con los ensambles macroalgales recolectados, se observó que los grupos dominantes en las dos localidades fueron los grupos (2) algas filamentosas, (4) algas filamentosas corticadas y (6) algas calcáreas articuladas. En la playa El Palmar el grupo (2) estuvo representado por los géneros *Caulerpa*, *Centroceras*, *Chaetomorpha* y *Cladophora* entre otros; de igual forma, el grupo (3.5) algas foliosas corticadas estuvo representado por los géneros *Dictyota* y *Padina*, este grupo solo se presentó en esta localidad al igual que el grupo (5) de las algas coriáceas, representado por el género *Sargassum*.

En la playa Las Gatas, el grupo (2) fue representado por los géneros, *Caulerpa*, *Ceramium*, *Ceratodictyon* y *Taenioma* entre otros; en esta localidad se presentó únicamente el grupo (3) algas foliosas, representado por el género *Ulva*. Los grupos (4) y (6), en ambas localidades fueron representados por los géneros *Gelidium*, *Gracilaria* e *Hypnea* entre otros, y los géneros *Amphiroa* y *Jania*, respectivamente.

### *Asociación entre grupos morfofuncionales y moluscos*

En la playa El Palmar se encontraron cinco de los siete grupos morfofuncionales. Los grupos fueron: (2), (3.5), (4), (5) y (6), en otras palabras, en ella se observaron el mayor número de estos grupos; en esta misma localidad se presentó la mayor asociación con el grupo de algas calcáreas articuladas (6), con 14 especies. En la playa Las Gatas, el número de grupos morfofuncionales que se hallaron fue menor, con cuatro de los siete grupos: (2), (3), (4) y (6). Los grupos que presentaron mayor asociación, con diez especies cada uno fueron las algas filamentosas (2), filamentosas corticadas (4) y calcáreas articuladas (6) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Especies de bivalvos asociados a los grupos forma-función de macroalgas. X=presencia de la especie.

spp.	Playa El Palmar							Playa Las Gatas						
	2	3	3.5	4	5	6	Macroalgas	2	3	3.5	4	5	6	Macroalgas
LD	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	X	<i>Amp, Cau, Cer, Hyp</i>
BA	X	-	X	X	X	X	<i>Amp, Cau, Cen, Cha, Cla, Dic, Gel, Gra, Grt, Gym, Hal, Hyp, Jan, Lau, Neo, Pad, Sar, Tay</i>	X	X	-	X	-	X	<i>Amp, Bry, Cau, Cen, Cer, Cet, Gay, Ged, Gel, Her, Hyp, Jan, Lau, Neo, Pol, Pte, Ulv</i>
BS	X	-	-	X	-	X	<i>Amp, Cen, Cha, Hyp</i>	-	-	-	-	-	-	-
LA	X	-	X	X	X	X	<i>Amp, Cau, Cen, Cla, Dic, Gel, Grt, Hyp, Jan, Pad, Sar</i>	X	X	-	X	-	X	<i>Amp, Bry, Cau, Cen, Cer, Cet, Cha, Gay, Gel, Grt, Her, Hyp, Jan, Neo, Pol, Pte, Tae, Ulv</i>
MC	X	-	X	X	X	X	<i>Amp, Cen, Cla, Dic, Gel, Hyp, Jan, Pad, Sar</i>	-	-	-	-	-	-	-
ME	-	-	-	X	-	X	<i>Amp, Hyp</i>	-	-	-	-	-	-	-
AR	X	-	-	-	X	X	<i>Amp, Cha, Her, Sar</i>	X	-	-	X	-	X	<i>Amp, Cau, Cer, Cha, Gay, Ged, Gel, Hyp, Jan, Lau, Pte</i>
IJ	X	-	X	X	X	X	<i>Amp, Anf, Cau, Cen, Cha, Cla, Dic, Gel, Gra, Grt, Gym Hyp, Jan, Lau, Lob, Neo, Pad, Sar, Tay</i>	X	-	-	X	-	X	<i>Amp, Bey, Cau, Cer, Cet, Cha, Gay, Ged, Gel, Grt, Her, Hyp, Jan, Lau, Neo, Pol, Pte</i>
CA	X	-	X	X	-	X	<i>Amp, Cha, Cla, Hyp, Jan, Pad</i>	X	-	-	X	-	X	<i>Amp, Cau, Gel, Hyp, Jan</i>
CR	X	-	-	X	X	X	<i>Amp, Cau, Cha, Hal, Hyp, Sar</i>	X	-	-	X	-	X	<i>Amp, Cau, Cen, Cer, Gel, Her, Hyp, Jan</i>
CG	X	-	-	X	X	X	<i>Amp, Cha, Hyp, Sar</i>	X	-	-	X	-	X	<i>Amp, Cha, Gay, Gel</i>
CE	X	-	-	X	X	X	<i>Amp, Cha, Gel, Gra, Hyp, Jan, Sar</i>	-	-	-	-	-	-	-
CC	X	-	-	X	X	X	<i>Amp, Cha, Hyp, Lob, Sar</i>	X	X	-	X	-	X	<i>Amp, Cer, Lau, Pte, Ulv</i>
MS	-	-	-	X	-	X	<i>Amp, Gel, Gra, Hyp, Jan</i>	-	-	-	-	-	-	-
SF	-	-	-	X	X	X	<i>Amp, Hyp, Sar</i>	X	-	-	X	-	X	<i>Cau, Cen, Cer, Jan, Pol, Pte</i>

Grupo morfofuncional de macroalgas: Filamentosas (2), foliosas (3), foliosas corticadas (3.5), filamentosas corticadas (4), coriáceas (5), calcáreas articuladas (6). Especies de bivalvos (Spp.), *L. declivis* (LD), *B. adamsianus* (BA), *B. semilaevis* (BS), *L. aristatus* (LA), *M. capax* (MC), *M. edulis* (ME), *A. rostrae* (AR), *I. janus* (IJ), *C. affinis* (CA), *C. radiata* (CR), *C. grayi* (CG), *C. ecuadoriana* (CE), *C. coralloides* (CC), *Mya* sp. (MS), *S. fragilis* (SF). Macroalgas, *Amphiroa* (Amp), *Ahnfeltia* (Anf), *Bryopsis* (Bry), *Caulerpa* (Cau), *Centroceras* (Cen), *Ceramium* (Cer), *Ceratoduction* (Cet), *Chaetomorpha* (Cha), *Cladophora* (Cla), *Dictyota* (Dic), *Gayliella* (Gay), *Gelidiella* (Ged), *Gelidium* (Gel), *Gracilaria* (Gra), *Grateloupia* (Grt), *Gymnogongrus* (Gym), *Halimeda* (Hal), *Herposiphonia* (Her), *Hypnea* (Hyp), *Jania* (Jan), *Laurencia* (Lau), *Lobophora* (Lob), *Neosiphonia* (Neo), *Padina* (Pad), *Polysiphonia* (Pol), *Pterocliadiella* (Pte), *Sargassum* (Sar), *Taenioma* (Tae), *Tayloriella* (Tay), *Ulva* (Ulv).

### *Sedimentos retenidos*

Los sedimentos retenidos por las macroalgas variaron según el sitio, mes de muestreo y nivel de marea; por localidades se obtuvo un menor peso húmedo en la playa El Palmar con 502.6 g, y el mayor peso en la playa Las Gatas con 987.7 g. El peso seco varió muy poco en ambas localidades con 412.8 y 464.5 g en la playa El Palmar y la playa Las Gatas, respectivamente. El valor de la diferencia entre peso húmedo y peso seco fue mayor en la playa Las Gatas, incluso mayor que el peso seco, con 523.2 g (Fig. 9A).

El valor más elevado del peso húmedo y seco del sedimento por mes de muestreo en el conjunto de ambas localidades se observó en enero, con 567.6 y 460.8 g respectivamente; el valor más bajo para el peso de ambos tipos de sedimento, húmedo y seco, fue en el mes de julio con 176.2 y 87.9 g respectivamente. Por su parte, el valor de la diferencia entre peso húmedo y seco de sedimento retenido por las macroalgas, tuvo el valor más elevado en mayo, con 228.4 g y el menor valor en julio, con 88.3 g. En los meses de julio y noviembre el valor de esta diferencia fue mayor que el del peso seco (Fig. 9B).

Por nivel de la zona intermareal en el conjunto de ambas localidades, el peso húmedo y el peso seco tienen un comportamiento similar al presentar el valor más elevado en el nivel bajo, dichas cantidades descienden y alcanzaron su valor mínimo en el nivel alto del intermareal. El valor más elevado en la diferencia entre ambos pesos, se obtuvo en el nivel medio y su valor más bajo en el nivel alto (Fig. 9C).

Las pruebas de Ji cuadrada ( $\chi^2$ ) para el conjunto de ambas localidades, no mostraron que los valores de los sedimentos húmedos y secos, así como del sedimento húmedo y la diferencia, fueran significativamente diferentes entre ellos.

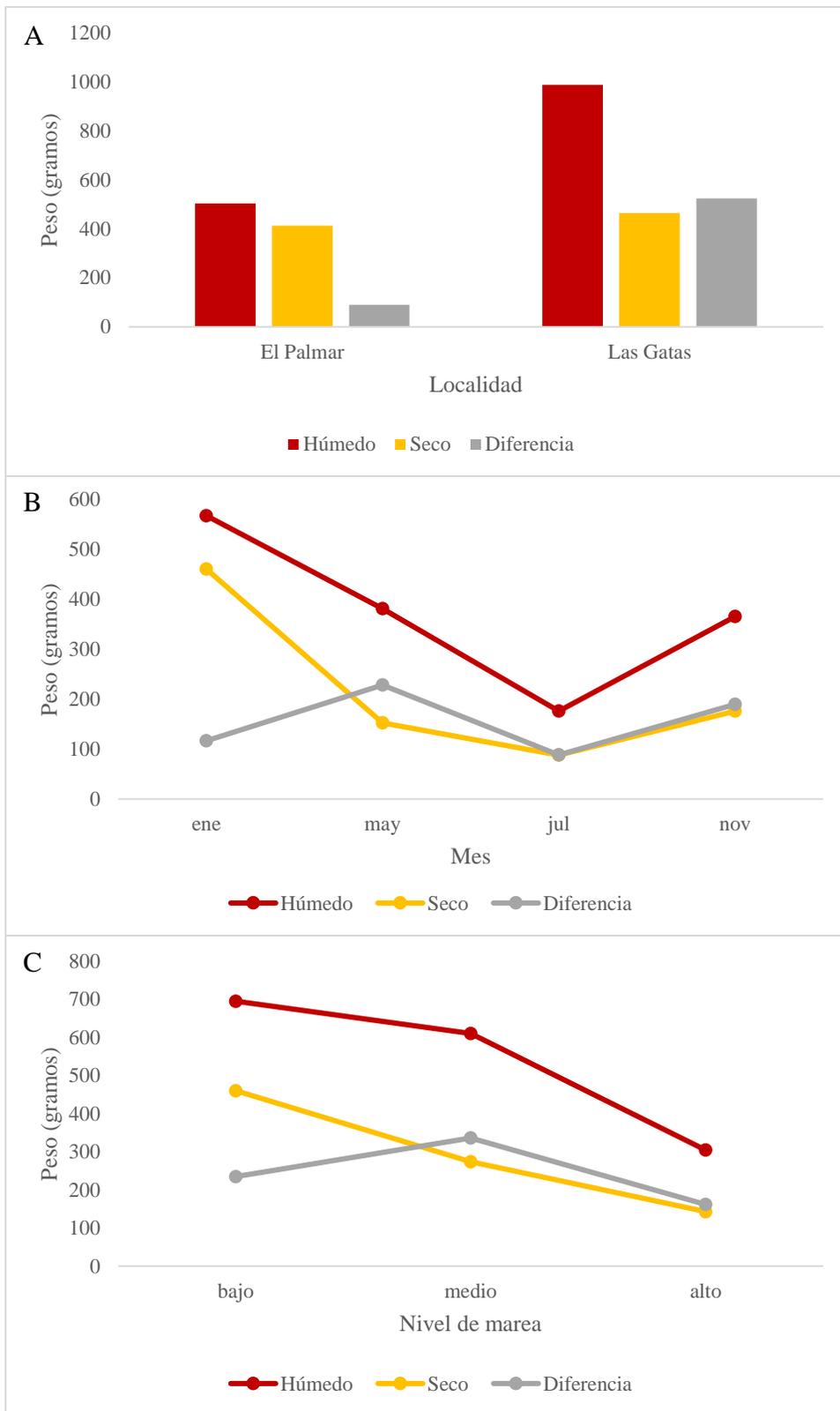


Figura 9. Variación del sedimento retenido por las macroalgas. A: por localidad; B: mes de muestreo; C: nivel de la zona intermareal.

### *Cobertura de macroalgas, densidad de moluscos y sedimentos retenidos*

La cobertura de macroalgas, la densidad de bivalvos y el peso húmedo de los sedimentos variaron según la localidad, mes de muestreo y nivel de marea. Por localidad, la cobertura de macroalgas tuvo el valor más alto en la playa El Palmar con 8,920 cm<sup>2</sup>. La densidad de bivalvos registró también el valor más alto en la playa El Palmar, con esto se obtuvo una relación directa con la cobertura de macroalgas. En la playa Las Gatas, con 987.7 g (Fig. 10A, B y C) el peso húmedo del sedimento registró el valor más alto; respecto a la densidad de bivalvos y cobertura de macroalgas la relación fue inversa.

La variación evaluada por mes de muestreo en el conjunto de las dos localidades mostró que la cobertura de macroalgas fluctuó en todos los meses, siendo el mes de noviembre en el que se observó la mayor cobertura, con 5,212 cm<sup>2</sup>, este suceso no mostró relación con la densidad de bivalvos ni con el sedimento retenido.

La densidad de bivalvos presentó una tendencia a disminuir a lo largo de los meses, presentándose la mayor densidad en enero; el peso húmedo del sedimento retenido se relacionó con la densidad de bivalvos, ya que presentó un comportamiento similar, en el que en el mes de enero obtuvo un peso mayor, con 567.7 g, y disminuyó al paso de los meses, siendo julio el de menor peso de sedimento (Fig. 10D, E y F).

En cuanto a las variables por nivel de la zona intermareal en el conjunto de las dos localidades, tanto la cobertura de macroalgas, como la densidad de bivalvos y el peso húmedo de sedimento retenido presentaron un comportamiento similar, siendo el nivel bajo en el que se presentó la mayor cobertura macroalgal (6,132.8 cm<sup>2</sup>), la mayor densidad de moluscos bivalvos (4.48 ind/3600 cm<sup>2</sup>) y el mayor peso de sedimento húmedo (695.3 g), es decir, conforme se asciende el nivel de la zona intermareal del bajo al alto, estos valores fueron disminuyendo, siendo el nivel intermareal alto en el que se presentaron los valores más bajos de cobertura macroalgal, con 5,210.9 cm<sup>2</sup> y de sedimento retenido, con un peso húmedo de 304.4 g (Fig. 10G, H e I).

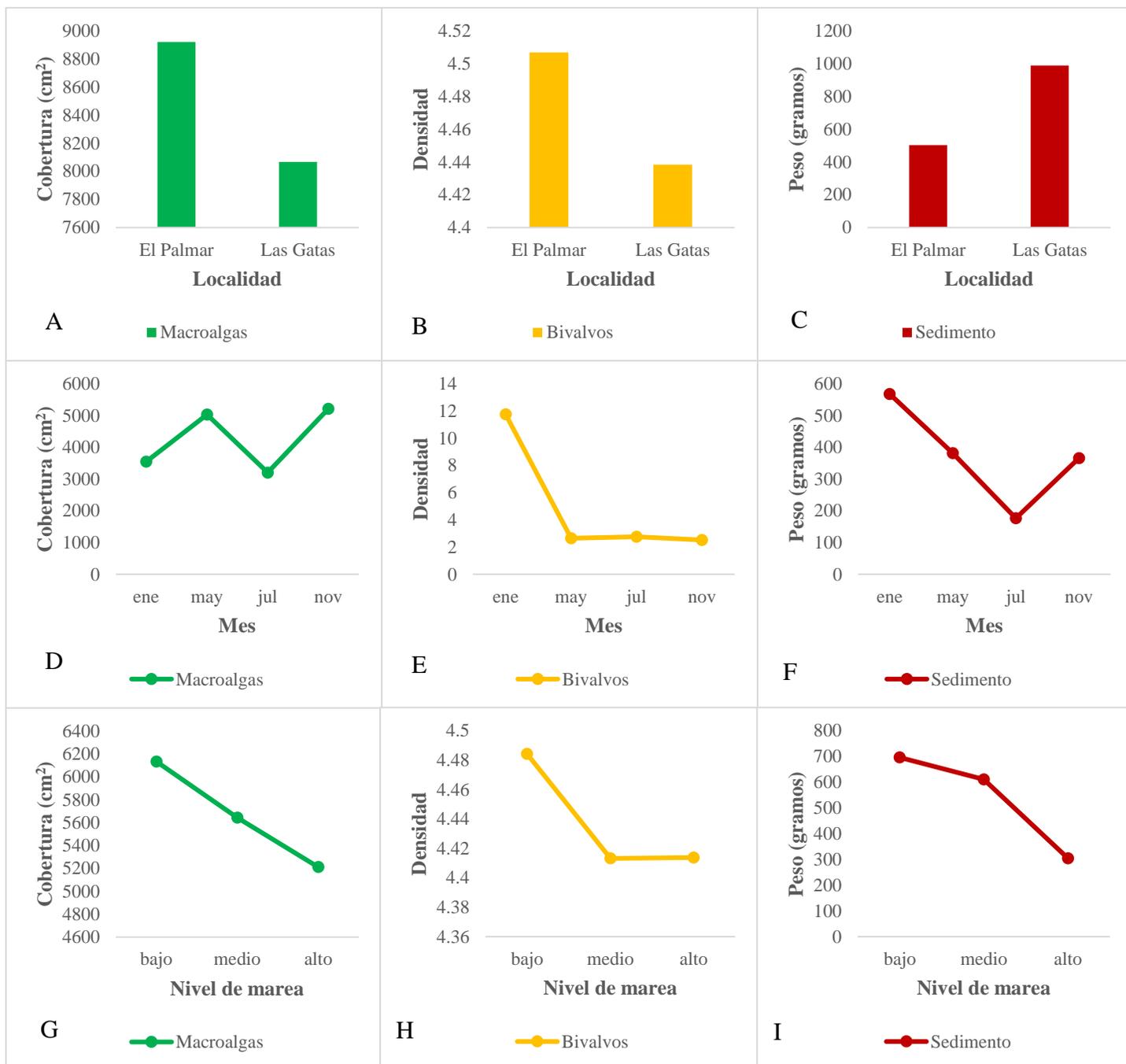


Figura 10. Variación de cobertura de macroalgas, densidad de bivalvos y sedimento húmedo retenido A, B y C: por localidades; D, E y F: meses de muestreo; G, H e I: nivel de la zona intermareal. Verde=Macroalgas, Amarillo=Bivalvos y Rojo=Sedimento.

Se utilizó una regresión lineal múltiple para observar la relación entre la densidad de bivalvos, cobertura de macroalgas y sedimento húmedo; la regresión por localidad indicó que para la playa El Palmar hay una correlación baja, con un 24% entre estos componentes; sin embargo, se observó que los sedimentos retenidos por las macroalgas tuvieron una relación moderada ( $R=0.55$  y  $R^2=0.24$ ) con la densidad de bivalvos.

Para la playa Las Gatas la regresión lineal múltiple dio como resultado una correlación baja con, un 10% entre los factores; esto indicó que la cobertura de macroalgas tiene una relación moderada ( $R=0.42$  y  $R^2=0.10$ ) con la densidad de bivalvos.

Por mes de muestreo esta prueba indicó una correlación significativa con un 98% ( $R=0.99$  y  $R^2=0.98$ ); dentro de esta correlación, el sedimento es el elemento que más está relacionado con la densidad de bivalvos.

La regresión lineal por nivel de marea indicó una correlación significativa, con un 100% ( $R=1$  y  $R^2=1$ ), es decir que tanto la cobertura de algas como el sedimento húmedo están relacionados con la densidad de bivalvos.

## Discusión

### *Riqueza y composición de moluscos*

De las 17 especies de bivalvos encontradas en el presente estudio, 16 ya habían sido registradas para la zona del Pacífico tropical mexicano, específicamente para Ixtapa-Zihuatanejo (Lesser, 1984; Flores-Rodríguez *et al.*, 2007; Lozada, 2010; Flores-Rodríguez *et al.*, 2012; Sánchez, 2014; López-Rojas *et al.*, 2017), mientras que *Mytilus edulis* Linnaeus, 1758 resultó ser un nuevo registro para el estado de Guerrero.

*Mytilus edulis* ha sido registrada para el océano Pacífico desde las costas del Ártico, Canadá, Estados Unidos, hasta Cabo San Lucas, México, al interior del golfo de California en San Luquitas y Santa Rosalía y para el Pacífico tropical mexicano en la isla Socorro (Fitch, 1953; Shaw *et al.*, 1988; Cadena-Cárdenas *et al.*, 2009) por lo que su distribución se amplía hacia el sur al estado de Guerrero.

Las familias mejor representadas en los trabajos como los de Garcés (2011), Galeana-Rebolledo *et al.* (2012), Flores-Garza *et al.* (2014a) y López-Rojas *et al.* (2017) fueron Arcidae y Mytilidae; esto coincidió con lo encontrado en el presente estudio para la familia Mytilidae, la cual fue la mejor representada, con cinco especies (Fig. 3). Suchanek (1978) y Terranova *et al.* (2007) mencionaron que los miembros de la familia Mytilidae tienden a colonizar rápidamente los espacios desocupados en la zona intermareal gracias a su rápido crecimiento (talla) y asentamiento de larvas, de igual forma, Stella *et al.* (2010) comentaron que gracias a que los organismos de esta familia producen fibras de biso son capaces de anclarse y permanecer en sitios, como rocas, arena u otros organismos en que las otras familias no son capaces de hacerlo.

En ambas localidades la riqueza de especies fue diferente, en la playa El Palmar se presentó el valor más elevado y el menor en la playa Las Gatas, esto puede deberse a las fluctuaciones ambientales de cada sitio (*e. g.* inclinación del sustrato, intensidad del oleaje, régimen de marea, entre otros). La playa El Palmar donde la riqueza de especies fue mayor (Fig. 4), es un sitio expuesto, con oleaje intenso (CONACyT-SECTUR, 2014). Por su parte, la playa Las Gatas es un sitio protegido ya que se encuentra al interior de la bahía de Zihuatanejo, lo cual le confiere un oleaje suave (Urbano, 2004; López-Rojas *et al.*, 2017).

Valdés-González *et al.* (2004), Flores-Rodríguez *et al.* (2012) y Flores-Garza *et al.* (2014a) mencionaron que la riqueza de especies de bivalvos fue mayor en zonas expuestas, en donde las olas impactan directamente, y que las zonas protegidas o de menor oleaje presentaron menor riqueza; con lo cual relacionaron directamente la riqueza de especies con el oleaje de cada lugar. Posiblemente por esta razón es que en la playa Las Gatas se pudiera tener una menor riqueza de especies con respecto a la playa El Palmar.

La riqueza de especies en el presente estudio varió relativamente poco a lo largo de los meses de muestreo (Fig. 4) de manera similar a lo que señalaron Seed (1969a), Baqueiro y Masso (1988) y Flores-Rodríguez *et al.* (2012) quienes mencionaron que la riqueza de especies de bivalvos en un ciclo anual fue constante, ya que los bivalvos son organismos sésiles, con patrones de reproducción invariable, lo cual se relaciona con el hecho de que las poblaciones se mantienen con respecto a su abundancia y riqueza de especies, esto concordó con lo obtenido en ambas localidades (Fig. 4), ya que los valores de la riqueza de especies no variaron considerablemente a lo largo del año.

La curva de acumulación de especies no fue asintótica en la playa Las Gatas (Fig. 5), esto posiblemente indique que el esfuerzo de muestreo en esta localidad fue bajo, así como mencionaron Jiménez-Valverde y Hortal (2003) la cantidad de especies recolectadas en un sitio está relacionada con el esfuerzo de muestreo. También observaron que una curva de acumulación de especies en muy raras ocasiones llegará a ser asintótica, ya que siempre habrá especies que no se recolecten, lo que está determinado por el sitio de muestreo, temporada del año, entre otras variables.

Lo anterior pudo deberse a que las muestras de bivalvos fueron obtenidas de ensamblajes macroalgales, que son un sustrato específico y distinto a las rocas que componen la zona intermareal, donde se han realizado la mayoría de los estudios en el estado de Guerrero (ver Lesser, 1984; Flores, 2004; López-Rojas *et al.*, 2017; Kuk-Dzul *et al.*, 2019; Cerros-Cornelio *et al.*, 2021) por lo que el inventario no es comparable con los resultados de aquellos trabajos, pero es una buena aproximación acerca de la biodiversidad de las especies de bivalvos de Ixtapa-Zihuatanejo en asociaciones con las algas.

#### *Abundancia de bivalvos*

La abundancia de cada especie fue diferente (Cuadro 3). En el estudio de López-Rojas *et al.* (2017) registraron a la familia Mytilidae como la más abundante, junto con la especie *Isognomon janus*, este comportamiento fue similar a lo encontrado en el presente trabajo. De igual forma Flores-Garza *et al.* (2014a) registraron como las familias más abundantes a Chamidae y Mytilidae, lo que correspondió con la especie más abundante encontrada en el presente trabajo (*B. adamsianus*, Mytilidae).

### *Densidad de bivalvos*

La densidad de bivalvos en el presente trabajo varió por localidad y a lo largo del año (Cuadro 4). Estos cambios se han estudiado en trabajos de reproducción o ciclos gonádicos, con un enfoque socioeconómico con base en especies de importancia comercial, como los de Hernández (2018) y Seed (1969a) quienes describieron ciclos gonádicos de *Megapitaria aurantiaca* (Veneridae) y *Mytilus edulis* (Mytilidae). Hernández (2018) señaló que el ciclo gonádico de *M. aurantiaca* es estacional, con el periodo de desove desde abril hasta octubre y que sucede de esa manera porque la temperatura del agua alcanza los 28 °C. Seed (1969a) también mencionó que los miembros de la familia Mytilidae tienen este mismo comportamiento, añadiendo que las larvas planctotróficas se mantienen en ese estado por al menos dos semanas, para después asentarse en el sustrato y comenzar la metamorfosis.

El conocimiento de los ciclos reproductivos de las especies que componen el presente estudio es escaso, sin embargo, es posible que lo observado en las otras especies de bivalvos, como las de la familia Veneridae, sea similar a lo que ocurre en las especies de la familia Mytilidae recolectadas para el presente trabajo. Por lo tanto, esto podría explicar la disminución en la densidad de bivalvos en los meses cálidos (mayo) y un aumento en la cantidad de individuos en los meses fríos (noviembre). Sería necesario realizar estudios como los antes mencionados en especies de diferentes familias y que no solo se utilice a las especies de importancia comercial para entender mejor los ciclos reproductivos de los bivalvos de Guerrero.

### *Distribución espacial y temporal de moluscos*

La riqueza de especies varió por nivel del intermareal, siendo el nivel bajo de la playa El Palmar, y el nivel medio de la playa Las Gatas los niveles de mayor riqueza (Cuadro 5). Esto fue similar a lo ya registrado por otros autores como Suchanek (1978), Román-Contreras *et al.* (1991) y Sibaja-Cordero y Vargas-Zamora (2006) quienes mencionaron que los bivalvos estuvieron presentes en todos los niveles de la zona intermareal. También mencionaron que algunas especies de esta clase presentan preferencia por algún sitio al interior de la zona intermareal, donde se observa un patrón en el cual el mayor número de individuos se encuentra en el intermareal medio y bajo, con un aumento en la abundancia y riqueza de especies.

Los moluscos de la familia Mytilidae como *Brachidontes adamsianus* y *Leiosolenus aristatus* estuvieron presentes en todos los meses de muestreo (Cuadro 6), esto puede deberse a que estos organismos son especialmente tolerantes a diferentes condiciones ambientales como mencionó Seed, (1969b).

Al comparar la temporada de sequía y lluvias, Flores-Rodríguez *et al.* (2012) no observaron cambios relacionados con el régimen de lluvias que alteraran la riqueza de especies de bivalvos, ya que éstos al adherirse fuertemente al sustrato son difícilmente desplazados por otros organismos como las algas o por condiciones ambientales como la acción de las olas o precipitaciones, esto concuerda con lo obtenido en el presente trabajo, ya que no se observaron grandes variaciones en la riqueza de especies a lo largo del ciclo anual.

#### *Índices comunitarios*

Los índices comunitarios variaron dependiendo de la localidad y la temporalidad (Cuadro 7). Los valores del índice de diversidad de Shannon para ambas localidades fueron menores que los obtenidos en estudios previos (Galeana-Rebolledo *et al.*, 2012; Flores-Garza *et al.*, 2014a). Esto puede deberse al bajo número de especies encontradas y a los valores de abundancia de cada una de estas, lo cual afectó al índice de equidad de Pielou dando como resultado valores más elevados, esto indica que la abundancia estuvo distribuida de forma equitativa entre las pocas especies encontradas. En la mayoría de los estudios de moluscos revisados aplicaron el índice de diversidad de Shannon y el índice de equidad de Pielou con al menos tres clases distintas de moluscos, por lo que es difícil hacer comparaciones de estos índices con los valores del presente trabajo.

#### *Análisis multivariados para bivalvos*

Los grupos formados por el análisis de similitud de Jaccard para las especies de bivalvos (Fig. 6), no mostraron grupos definidos por ninguno de los factores considerados (localidad, mes de muestreo y nivel de marea). Si bien, se formaron grupos con respecto a las localidades de estudio, no se puede explicar la topología del dendrograma con las variables que se tomaron en cuenta para realizar el análisis.

Por lo anterior, es importante que se tomen en cuenta otros factores como: régimen de oleaje, salinidad, inclinación del sustrato, entre otros, utilizando otras especies de moluscos. En el trabajo de Aguilar (2017) tampoco se encontraron grupos definidos utilizando el índice de similitud de Jaccard para gasterópodos y poliplacóforos estudiados en Ixtapa-Zihuatanejo.

El análisis de escalamiento multidimensional no métrico (Fig. 7) separó ambas localidades en tres grupos, posiblemente por la composición de especies y abundancia en cada una de ellas. Además, uno de los tres grupos estuvo conformado por individuos de la especie *Brachidontes adamsianus* independiente de la localidad. Lo anterior puede deberse a la gran cantidad de individuos de esta especie en cada localidad, siendo de 236 individuos en la playa El Palmar y de 140 individuos en la playa Las Gatas. De igual forma, esta especie es comúnmente encontrada en otras localidades a

lo largo de la costa de Guerrero (Galeana-Rebolledo *et al.*, 2012; Torreblanca-Ramírez *et al.*, 2012; Castro-Mondragón *et al.*, 2016; López-Rojas *et al.*, 2017).

#### *Composición de especies de macroalgas*

Las 59 especies de macroalgas encontradas en el presente trabajo (Cuadro 8), ya habían sido descritas y analizadas con anterioridad en los trabajos sobre moluscos gasterópodos de Zihuatanejo por Cisneros (2016) y Aguilar (2017) por lo que el análisis de los comportamientos para macroalgas por localidad, mes de muestreo y nivel de marea son los mismos que los encontrados en dichos trabajos; por esta razón no se profundizará más al respecto en el presente trabajo (Fig. 8).

#### *Riqueza de moluscos y macroalgas*

Al comparar la riqueza de macroalgas y bivalvos durante el ciclo anual en conjunto de las dos localidades, se observó que ambos grupos siguieron un patrón inverso (Fig. 8). Cabe destacar que los valores de riqueza de especies de ambos grupos de organismos no tuvieron cambios tan marcados a lo largo del ciclo anual; esto corresponde con lo registrado para las macroalgas de Zihuatanejo en los estudios de Cisneros (2016) y Aguilar (2017).

Al comparar entre la riqueza de especies de macroalgas y la de bivalvos por nivel de marea se observó que tuvieron un comportamiento decreciente similar (Fig. 8). Este mismo comportamiento se observó en los trabajos de Cisneros (2016), Aguilar (2017) y Gama (2019) con especies de gasterópodos de la zona intermareal. Esa comparación puede estar relacionado con la irregularidad topográfica del terreno, al emerger el sustrato se provoca una mayor desecación, y al subir en el nivel de marea se va perdiendo humedad al acercarse al supramareal en el límite entre el mar y la tierra, lo que ocasiona que se presente una menor riqueza de especies en el nivel alto con respecto al bajo (Raffaelli y Hawkins, 2012) lo cual se relaciona con los hábitos exclusivamente acuáticos de los bivalvos (Gosling, 2015).

### *Grupos morfofuncionales de macroalgas*

Los grupos morfofuncionales predominantes en las dos localidades fueron las algas filamentosas, filamentosas corticadas y calcáreas articuladas. Las algas filamentosas pueden estar presentes en grandes proporciones ya que tienen un ciclo de vida rápido (Steneck y Dethier, 1994) lo cual favorece a que haya un recambio entre plántulas y organismos adultos. La playa Las Gatas es un sitio protegido, lo cual también contribuyó a la presencia de algas filamentosas ya que el oleaje y la marea no presentan cambios tan marcados (Littler y Littler, 1980; López *et al.*, 2017).

Hay (1981), Airoidi *et al.* (1995), Airoidi (2003) y Vázquez (2009) han mencionado que las algas filamentosas pueden tener una forma de crecimiento colectiva denominada: césped; de esta manera pueden hacer frente al oleaje fuerte, y permiten que se retengan más sedimentos que a su vez, evita la desecación en la marea baja. El nivel alto de exposición al oleaje de la playa El Palmar podría ser la razón por la cual estos filamentos crecen en céspedes.

Las algas filamentosas corticadas son menos susceptibles a herbivoría de diferentes invertebrados presentes en los ensamblajes macroalgales, de igual forma son resistentes al oleaje fuerte por la conformación celular del talo, la cual consiste en hileras de células que conforman una médula y una pared rodeando a la médula (Steneck y Watling, 1982; Littler *et al.*, 1983) lo que las hace uno de los grupos morfofuncionales encontrados en ambas localidades de estudio. Las algas calcáreas articuladas son capaces de flexionarse o curvarse como respuesta al estrés físico del oleaje y cambios de nivel de marea, además resisten más la herbivoría al poseer una cubierta calcárea (Littler y Littler, 1980). Es gracias a estas adaptaciones que son un grupo frecuente en los ensamblajes macroalgales del presente trabajo.

### *Asociación entre grupos morfofuncionales de algas y moluscos*

Las especies de bivalvos encontradas en ambas localidades de estudio (Cuadro 10) se asociaron con los tres grupos morfofuncionales mencionados anteriormente. Seed (1969a) señaló que las larvas de los miembros de la familia Mytilidae son atraídas hacia los filamentos y principalmente a los filamentos de algas rojas en donde llevan a cabo la metamorfosis, algunos géneros que mencionó fueron *Ceramium*, *Enteromorpha* y *Polysiphonia*. Estos géneros también fueron encontrados en el presente trabajo (Cuadro 9), y se pueden añadir a esta asociación los géneros *Bryopsis*, *Caulerpa*, *Centroceras*, *Chaetomorpha*, *Cladophora*, *Gayliella*, *Herposiphonia*, *Taenioma* y *Tayloriella*, si se partiera del supuesto de que las larvas de las otras familias de bivalvos de los géneros mencionados tuviesen un comportamiento similar a las de la familia Mytilidae; por esta razón se podría explicar su presencia en los ensamblajes macroalgales.

Se ha mencionado que los filamentos de macroalgas proporcionan refugio a los invertebrados respecto del oleaje y la desecación, de igual forma se les atribuye un papel importante en el asentamiento de las larvas de estos organismos en las macroalgas como una estrategia para evitar la competencia entre estadios juveniles y adultos (Seed, 1969a; Dobertsov, 1999); estos atributos coinciden con lo dicho anteriormente sobre los sedimentos retenidos por los céspedes de algas filamentosas.

Con respecto a la asociación de los bivalvos con el grupo de algas filamentosas corticadas (4) Seed (1969a) afirmó que las especies del género *Gigartina* proporcionan una mayor protección y alimentación (en cuanto a partículas y sedimento retenido), que las algas filamentosas. En el presente trabajo se añaden a esta asociación los géneros *Ceratoduction*, *Gelidiella*, *Gelidium*, *Gracilaria* e *Hypnea*, entre otras.

La asociación que abarcó todas las especies de bivalvos analizadas en este estudio fue con el grupo de algas calcáreas articuladas (6). Seed (1969a) explicó que las algas del género *Corallina* proporcionan mayor refugio y satisfacen mejor las necesidades de éstos; como captación de partículas y  $\text{CaCO}_3$ . De esta forma los bivalvos son capaces de alcanzar tallas mayores en menor tiempo (Seed, 1969a y 1969b) gracias a que las algas también poseen  $\text{CaCO}_3$  y lo liberan por el oleaje. Se añaden a esta asociación los géneros de algas: *Amphiroa*, *Halimeda* y *Jania*.

#### *Sedimentos retenidos*

El sedimento es el agregado de partículas de origen orgánico o inorgánico; se puede formar por el intemperismo de las rocas, conchas o de partes de organismos muertos. Estas partículas son desplazadas por el agua y forman acumulaciones de sedimento en el fondo marino; al proceso de depositación de sedimentos en el fondo oceánico se le llama sedimentación (Pinet, 2003).

El sedimento puede acumularse o ser resuspendido dependiendo de los movimientos del agua (olas y corrientes) y la topografía del sitio (Airoldi, 2003). En condiciones de alta energía, el agua es turbulenta, de esta forma el sedimento queda suspendido y se resuspenden los que anteriormente se habían asentado en el fondo; por el contrario, en condiciones de baja energía no existe tanta resuspensión de los sedimentos (Pinet, 2003).

Lo anterior puede explicar la diferencia de sedimento entre localidades (Fig. 9A), ya que la playa El Palmar es un sitio expuesto donde hay mayor energía, por lo que la cantidad de sedimentos es menor debido al constante golpe de las olas y el régimen de marea (Morales *et al.*, 2008); mientras que en la playa Las Gatas, al encontrarse al interior de la bahía de Zihuatanejo, la sedimentación es mayor, ya que el flujo de agua es circular y queda detenida hacia el extremo del muelle municipal de Zihuatanejo (López *et al.*, 2017).

A finales del año 2006 Vásquez (2009) registró en la playa Las Gatas un peso mucho más bajo de sedimento que a principios del año 2007, en el que registró tres veces más sedimento. Esto concuerda con lo obtenido en este trabajo, en donde en los meses de julio y noviembre se registraron las menores cantidades de sedimento en gramos y en los meses de enero y mayo, los valores más elevados (Fig. 9B). Sin embargo, García (2009) registró para la playa Las Gatas una tasa de sedimentación mayor en noviembre y una menor tasa de sedimentación en enero. Las diferencias podrían estar dadas por los patrones de asentamiento y movimiento de los sedimentos, pueden variar a lo largo de la época del año y las diferentes localidades de estudio (Airoldi y Cinelli, 1996).

Por nivel de la zona intermareal hubo mayor retención de sedimentos en el nivel bajo (Fig. 9C), esto puede deberse a que es un sitio mayormente protegido con respecto al nivel medio y alto, ya que en estos niveles las olas llegan con mayor energía (Pinet 2003). En el nivel bajo, el nivel del agua puede considerarse constante, mientras que, en el nivel medio y alto, el movimiento del agua suele ser mayor, ya que son las partes de la zona del intermareal que están más cerca del golpe de las olas con la roca (Aguilar, 2017).

#### *Cobertura de macroalgas, densidad de moluscos y sedimentos retenidos*

En los ensambles macroalgales, el sedimento queda retenido ya que se acumula en los espacios que hay entre los talos, de esta forma, las cantidades de sedimento acumuladas son determinadas por la complejidad estructural de las algas y las condiciones del medio: topografía, hidrodinámica, entre otros factores (García, 2009).

La variación en la tasa de sedimentación supone un factor de alteración y estrés para los organismos litorales, pues altos valores de esta variable pueden ocasionar la reducción en el crecimiento macroalgal por la falta de transmisión de luz, y por ende la fauna que ahí se establece puede ser menor (Rosenberg, 1977; Airoldi, 2003) esto provoca que los organismos se sofoquen y que el reclutamiento larvario sea menor (Rosenberg, 1977).

En cuanto a las especies de la clase Bivalvia se ha observado que tienen una preferencia por sedimentos lodosos y, no tanto a los sustratos arenosos, ya que aquellos poseen mayor materia

orgánica y partículas que pueden digerir. En contraste, cuando los ambientes lodosos no tienen corrientes fuertes y la acumulación de sedimento es alta, la densidad de bivalvos baja drásticamente debido a la falta de oxigenación (Olafsson, 1986).

Como ya se mencionó anteriormente, la playa Las Gatas es un sitio protegido en donde la circulación del agua es menor, y por tanto la cantidad de sedimentos retenidos es mayor (López *et al.*, 2017). Por esta razón, existe una menor cobertura de macroalgas, así como una menor densidad de bivalvos; siendo el caso contrario en la playa El Palmar (Fig. 10A, B y C), que es un sitio con mayor intensidad en el oleaje.

La preferencia de las larvas de bivalvos a asentarse sobre algas filamentosas ha sido descrita bien (Seed, 1969a; 1969b; Suchanek, 1978) se ha observado que las larvas se instalan en octubre y noviembre, con una metamorfosis de 15 a 25 días, permaneciendo adheridas a las algas durante noviembre a mayo. En este lapso los tapetes algales les proporcionan, alimento por el sedimento que retienen y protección contra depredadores y factores abióticos (corrientes, desecación e intensidad del oleaje). Desde marzo hasta mayo, los bivalvos juveniles emigran de las algas cuando ya han alcanzado una talla óptima o las algas ya no les brindan suficientes recursos (Seed, 1969a; 1969b; Suchanek, 1978).

La conducta de los bivalvos mencionada anteriormente corresponde con el comportamiento de la densidad de bivalvos registrada en este estudio a lo largo del ciclo anual (Fig. 10D E y F). Relacionado con los sedimentos retenidos, al presentar un comportamiento decreciente, similar a la densidad de bivalvos; se puede mencionar que los recursos alimenticios requeridos por los bivalvos, se encuentren en ellos y, por lo tanto, éstos emigran de las algas al alcanzar una talla en la que ya no puedan habitar el ensamble macroalgal. Migran hacia el sitio que será el definitivo para llevar a cabo el resto de su ciclo de vida, como se ha propuesto con otras clases de moluscos como los gasterópodos y los quitones de Ixtapa-Zihuatanejo (Aguilar-Estrada *et al.*, 2017).

Por nivel de la zona intermareal en conjunto para ambas localidades, tanto la cobertura de macroalgas, la densidad de bivalvos como los sedimentos retenidos tienen un comportamiento decreciente similar.

Como se mencionó anteriormente, la emersión del terreno propicia un ambiente diferente para las macroalgas exponiéndolas a mayor radiación solar y, por lo tanto, a un ambiente menos propicio para ellas. Al haber menos tapetes algales, la retención de sedimento es baja, estos dos factores influyen en las necesidades (humedad y alimento) para la supervivencia de los bivalvos

(Gosling, 2015) por lo tanto también se ven afectados, disminuyendo en número de individuos (Fig. 10G, H e I).

Vásquez (2009) realizó regresiones lineales para calcular la riqueza de especies de macroalgas y sedimento, sin embargo, no encontró ninguna relación entre estas dos variables. En contraste, Olafsson (1986) también realizó regresiones lineales respecto a la densidad de bivalvos y sedimento encontrando una relación significativa, lo que concuerda con el comportamiento de la densidad de bivalvos y sedimentos retenidos en el presente trabajo.

## Conclusiones

La playa El Palmar es un sitio expuesto con un oleaje de alta energía y baja cantidad de sedimentos, esto afecta a la comunidad de macroalgas y bivalvos asociados a estas siendo más diversa, abundante y compleja. En comparación, la playa Las Gatas es un sitio protegido con un oleaje de baja energía y alta cantidad de sedimentos, su comunidad de macroalgas y bivalvos es menos diversa, abundante y compleja.

La composición de los moluscos bivalvos asociados a grupos de macroalgas a lo largo de un ciclo anual, estuvo integrada por 17 especies, 15 géneros, diez familias, ocho órdenes y dos subclases. Se registra por primera vez a *Mytilus edulis* para el estado de Guerrero.

*Brachidontes adamsianus*, *Leiosolenus aristatus* e *Isognomon janus* fueron las especies de mayor abundancia en ambas playas. *B. adamsianus* fue la especie con mayor densidad en la playa El Palmar y para la playa Las Gatas fue *Leiosolenus aristatus*.

La distribución espacio-temporal estuvo representada por las especies *B. adamsianus*, *I. janus* y *L. aristatus*, las cuales estuvieron presentes en todos los meses de muestreo y en los tres niveles de la zona intermareal. En comparación a otros estudios de bivalvos, los valores de los índices de diversidad de Shannon fueron generalmente bajos indicando una baja diversidad de especies.

La composición de especies de macroalgas a lo largo de un ciclo anual estuvo representada por 59 especies, 33 géneros, 19 familias, 13 órdenes, cinco subclases, tres clases dentro de tres filos. De las 59 especies: 41 Rhodophyta (70%), 11 fueron Chlorophyta (18%) y siete Ochrophyta-Phaeophyceae (12%).

La riqueza de especies de macroalgas y bivalvos a lo largo de un ciclo anual tienen un comportamiento inverso, a mayor riqueza de macroalgas, menor riqueza de bivalvos. La riqueza de macroalgas y la riqueza de bivalvos, fue mayor en el nivel del intermareal bajo, disminuyendo en el nivel del intermareal alto.

Los grupos morfofuncionales de algas filamentosas, filamentosas corticadas y calcáreas articuladas fueron los más representativos en ambas localidades. El grupo de algas calcáreas articuladas presentó el mayor número de especies de bivalvos asociadas.

La sedimentación en cada localidad, a lo largo del ciclo anual y por nivel de la zona intermareal fue diferente y principalmente fue dada por los diferentes tipos de ensamblajes macroalgales y condiciones abióticas.

La comparación por localidad entre cobertura de macroalgas y densidad de bivalvos fue: conforme aumenta la cobertura, aumenta la densidad; en relación al sedimento se encontró una relación inversa. A lo largo del ciclo anual la densidad de bivalvos y el sedimento disminuyó; no se encontró relación con la cobertura de macroalgas. Por nivel de marea se observó que el nivel bajo de la zona intermareal presentó la mayor cobertura de macroalgas, densidad de bivalvos y cantidad de sedimento.

Los grupos de macroalgas en especial las algas filamentosas, funcionan como sustrato de captura de las larvas que flotan en la columna de agua, ya que son zonas de crianza o refugio en todo su ciclo de vida, dichas algas les proporcionan protección y alimento suficiente, mismo que parece ser suministrado por los sedimentos que las macroalgas retienen al interior del ensamble.

## Literatura citada

1. Abbott, I. A. (1999). Marine red algae of the Hawaiian Island. Honolulu: Bishop Museum Press.
2. Abbott, I. A. y Hollenberg, G. J. (1976). Marine algae of California. Stanford, California: Stanford University Press.
3. Aguilar-Estrada, L. G. (2017). Estructura comunitaria de los moluscos (Gasterópodos pateliformes y poliplacóforos) asociados a los ensamblajes macroalgales en el intermareal rocoso de Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero, México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
4. Aguilar-Estrada, L. G., Ruiz-Boijseauneau, I. y Rodríguez, D. (2017). Estadios juveniles de las especies de gasterópodos pateliformes y de poliplacóforos (Mollusca) asociados a macroalgas intermareales de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(2): 280-299.
5. Aguilera, M. A. (2011). The functional roles of herbivores in the rocky intertidal systems in Chile: A review of food preferences and consumptive effects. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84(2): 241-261.
6. Airoidi, L. (2003). The effects of sedimentation on rocky coast assemblage. Pp. 161-236. En: R. N. Gibson y R. J. Atkinson (Eds). *Oceanography and Marine Biology an Annual Review*. CRC Press. Londres, 448 pp.
7. Airoidi, L., Rindi, F., y Cinelli F. (1995). Structure, seasonal dynamics and reproductive phenology of filamentous turf assemblage on a sediment influenced, rocky subtidal shore. *Botanica Marina*. 38 (1-6): 227-237.
8. Airoidi, L. y Cinelli, F. (1997). Effects of sedimentation on subtidal macroalgal assemblages: an experimental study from a Mediterranean rocky shore. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 215(2): 269-288.
9. Baqueiro, E. (1979). Sobre la distribución de *Megapitaria aurantiaca* (Sowerby), *M. squalida* (Sowerby) y *Dosinia ponderosa* (Gray) en relación a la granulometría del sedimento (Bivalvia: Veneridae): Nota científica. En *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 6(1): 25-32.
10. Baqueiro, E., y Masso, J. A. (1988). Variaciones poblacionales y reproducción de dos poblaciones de *Chione undatella* (Sowerby, 1835) bajo diferentes regímenes de pesca en la Bahía de La Paz, BCS México. *Ciencia Pesquera*, 6(1): 51-67.

11. Barba-Marino, F., Flores-Rodríguez, P., Flores-Garza, R., García-Ibáñez, S., y Arana-Salvador, D. G. (2010). Biodiversidad y zonificación de la comunidad de moluscos, que habita el sustrato rocoso en dos sitios con distinta acción del oleaje, en la Isla “La Roqueta”, Acapulco, Guerrero, México. *Perspectiva en Malacología Mexicana*, 44-56.
12. Bouchet, P., Rocroi, J. P., Bieler, R., Carter, J. G., y Coan, E. V. (2010). Nomenclator of bivalve families with a classification of bivalve families. *Malacología*, 52(2): 1-185.
13. Brusca, R. C., Woore, W. y Shuster, S. M., (2016). Mollusca, En: Brusca, R. C., Woore, W. y Shuster, S. M., (2016), Invertebrados. Sinauer Associates, Inc. Publishers Sunderland, Massachusetts, USA.
14. Cadena-Cárdenas, L., Méndez-Rodríguez, L., Zenteno-Savín, T., García-Hernández, J., y Acosta-Vargas, B. (2009). Heavy metal levels in marine mollusks from areas with, or without, mining activities along the Gulf of California, Mexico. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 57(1): 96-102.
15. Castillo-Rodríguez, Z. G. (2014). Biodiversidad de moluscos marinos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: S419-S430.
16. Castro-Mondragón, H., Flores-Garza, R., Valdez-González, A., Flores-Rodríguez, P., García-Ibáñez, S., y Rosas-Acevedo, J. L. (2016). Diversidad, especies de mayor importancia y composición de tallas de los moluscos en la pesca ribereña en Acapulco, Guerrero, México. *Acta Universitaria*, 26(6): 24-34.
17. Cerros-Cornelio, J. C., Flores-Garza, R., Landa-Jaime, V., García-Ibáñez, S., Rosas-Guerrero, V., Flores-Rodríguez, P., y Valdés-González, A. (2021). Composición de especies e ingreso económico por la pesca ribereña de Moluscos en la Costa Grande de Guerrero México. *Revista Bio Ciencias*, (8): 18.
18. Chávez, M. L. (1972). Estudio de la flora marina de la Bahía de Zihuatanejo y lugares adyacentes. *Memorias del Congreso Nacional de Oceanografía*, Ciudad de México. (4): 265-271.
19. Cisneros, F. (2016). Estructura comunitaria de gasterópodos asociados a macroalgas en el litoral rocoso de Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
20. Coan, E. V y Valentich-Scott, (2006), Marine Bivalvia, En: Sturm C. F., T. A. Pearce, and A. Valdés, eds., *The Mollusks: A Guide to Their Study, Collection, and Preservation*. American Malacological Society, Pittsburgh, PA., U.S.A. 339-349 pp.
21. Coan, E. V., Scott, P. V., y Bernard, F. R. (2000). Bivalve seashells of western North America. *Santa Barbara Museum of Natural History Monographs*, (2): 1-764.

22. CONACyT-SECTUR, (2014). Estudio de la vulnerabilidad y programa de adaptación ante la variabilidad climática y el cambio climático en diez destinos turísticos estratégicos, así como propuesta de un sistema de alerta temprana a eventos hidrometeorológicos extremos. Proyecto 165452, México, 35 pp.
23. Corado, N. A. (2015). Corales escleractinios-ensambles algales en las Gatas Zihuatanejo, Guerrero, México: ¿Una interacción de competencia?, Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México.
24. Dawson, E. Y. y Beaudette, P. T., (1959). Fidel Notes from 1959 Western Pacific Cruise of the Stella Polaris. *Pacific Naturalist*. 1(13): 1-24.
25. Dawson, E. Y., (1949). Resultados preliminares de un reconocimiento de las algas marinas de la costa del pacífico de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. (9): 215-255.
26. Dawson, E. Y., (1953). Marine red algae of Pacific Mexico. Part 1. Bangiales to Corallinaceae subf. Corallinoidae. *Allan Hancock Pacific Expedition*, 17(1): 1-239.
27. Dawson, E. Y., (1954). Marine red algae of Pacific Mexico. Part 2. Cryptonemiales (cont.). *Allan Hancock Pacific Expedition*. 17(2): 241-397.
28. Dawson, E. Y., (1960). Marine red algae of Pacific Mexico. Part 3. Cryptonemiales, Corallinaceae subf. Melobesioidea. *Pacific Naturalist*. (2): 3-125.
29. Dawson, E. Y., (1961). Marine red algae of Pacific Mexico. Part 4. Gigartinales. *Pacific Naturalist*. (2): 191-343.
30. Dobretsov, S. V., (1999). Effects of macroalgae and biofilm on settlement of blue mussel (*Mytilus edulis* L.) larvae, *Biofouling*, 14(2): 153-165.
31. Fitch, J. E. (1953). Common marine bivalves of California. Calif. Dep. *Fish Game Fish. Bulletin*. 90: 102 pp.
32. Flores, P. (2004). Estructura de la comunidad de moluscos del mesolitoral superior en playas de facie rocosa del estado de Guerrero, México. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León.
33. Flores-Garza, R., Cerros-Cornelio, J. C., Flores-Rodríguez, P., y Torreblanca-Ramírez, C. (2014b). Composición de la familia Fissurellidae (Mollusca: Gastropoda) asociada a la zona intermareal rocosa de Acapulco, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1(6): 33-44.
34. Flores-Garza, R., Flores-Rodríguez, P., García-Ibáñez, S., y Valdés-González, A. (2007). Demografía del caracol *Plicopurpura pansa* (Neotaenioglossa: Muricidae) y constitución de la comunidad malacológica asociada en Guerrero, México. *Revista de Biología Tropical*, 55(3-4): 867-878.

35. Flores-Garza, R., García-Ibáñez, S., Flores-Rodríguez, P., Torreblanca-Ramírez, C., Galeana-Rebolledo, L., Valdés-González, A, y Violante-González, J. (2012). Commercially important marine mollusks for human consumption in Acapulco, México. *Natural Resources*, 3(01): 11.
36. Flores-Garza, R., López-Rojas, V., Flores-Rodríguez, P., y Ramírez, C. T. (2014a). Diversity, distribution and composition of the Bivalvia class on the rocky intertidal zone of marine priority region 32, Mexico. *Open Journal of Ecology*, 4(15): 961.
37. Flores-Garza, R., Torreblanca-Ramírez, C., Flores-Rodríguez, P., García-Ibáñez, S., y Galeana-Rebolledo, L. (2010). Riqueza y análisis de la comunidad malacológica en el mesolitoral rocoso de la playa Tlacopanocha, Acapulco, Guerrero. En: Rangel, L., Gamboa, J., Arriaga, W. and Contreras, W.M., Eds., *Perspectiva en Malacología Mexicana*, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Tabasco, 125-138.
38. Flores-Garza, R., Torreblanca-Ramírez, C., Flores-Rodríguez, P., García-Ibáñez, S., Galeana-Rebolledo, L., Valdés-González, A., y Rojas-Herrera, A. A. (2011). Mollusc community from a rocky intertidal zone in Acapulco, Mexico. *Biodiversity*, 12(3): 144-153.
39. Flores-Rodríguez P., Flores-Garza R., García-Ibáñez S., Valdés-González A., Violante-González J., Santiago C. E., Galeana-Rebolledo L. y Torreblanca-Ramírez C. (2012). Mollusk species richness on the rocky shores of the state of Guerrero, Mexico, as affected by rains and their geographical distribution. *Natural Resources*, 3(04): 248.
40. Flores-Rodríguez, P., Flores-Garza, R., García-Ibáñez, S., y Valdés-González, A. (2007). Variación en la diversidad malacológica del mesolitoral rocoso en playa Troncones, La Unión, Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, (78): 33-40.
41. Flores-Rodríguez, P., Flores-Garza, R., García-Ibáñez, S., y Valdés-González, A. (2003). Riqueza y diversidad de la malacofauna del mesolitoral rocoso de la Isla la Roqueta, Acapulco, Guerrero, México. *Ciencia, Revista de Investigación Científica*, (11): 5-14.
42. Galeana-Rebolledo, L. (2018). Aspectos biológicos, ecológicos y socioeconómicos sobre la pesca ribereña de moluscos marinos en Costa Chica, Guerrero, México. *Natural Resources*. (9): 229-241.
43. Galeana-Rebolledo, L., Flores-Garza, R., Torreblanca-Ramírez, C., García-Ibáñez, S., Flores-Rodríguez, P., y López-Rojas, V. I. (2012). Biocenosis de Bivalvia y Polyplacophora del intermareal rocoso en playa Tlacopanocha, Acapulco, Guerrero, México. *Latinamerican Journal of Aquatic Research*, 40(4): 943-954.
44. Gama, N., (2019), Aspectos ecológicos de la comunidad de gasterópodos (Mollusca: Gastropoda) asociados a ensamblajes macroalgales en el intermareal rocoso de Ixtapa-

- Zihuatanejo, Guerrero, México, Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
45. Gama-Kwick, N., Aguilar-Estrada, L. G., Quiroz-González, N., y Ruiz-Boijseuneau, I. (2021). Nuevos registros de gasterópodos (Mollusca) asociados a macroalgas intermareales de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 92: 923441.
  46. Garcés, J. L., (2011). Micromoluscos bivalvos de la Bahía de Acapulco Guerrero, México: composición específica y diversidad. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
  47. García, E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen. *Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF*, 7-51.
  48. García, M. (2009). Estructura comunitaria de la fauna asociada a algas submareales en tres sitios contrastantes en Zihuatanejo, Guerrero. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México.
  49. García-Cubas, A., y Reguero, M. (2007). Catálogo ilustrado de moluscos bivalvos del Golfo de México y Mar Caribe. UNAM.
  50. García-Robledo, E., Corzo, A., van Bergeijk, S., y Yúfera, M. (2008). Impacto de las acumulaciones de macroalgas en la comunidad biológica intermareal. *Revista de la Sociedad Gaditana de Historia Natural*. 9: 115-137.
  51. Gosling, E. (2015). Marine bivalve molluscs. John Wiley and Sons.
  52. Guiry, M.D. y Guiry, G.M. (2021). *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway.
  53. Gutiérrez, R. M. y E. Cabrera. (2012). La pesca ribereña de Guerrero. *Instituto Nacional de Pesca*, 88 p
  54. Guzmán Ruiz, A. R., (en prep.), Estructura comunitaria de bivalvos asociados a macroalgas en el litoral rocoso de muelle municipal, Zihuatanejo, Guerrero, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
  55. Hansen, S., (2014). Micromoluscos asociados con macroalgas del intermareal rocoso de Michoacán, Oaxaca y Guerrero, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
  56. Hay, M. E. (1981). The functional morphology of turf-forming seaweeds: persistence in stressful marine habitats. *Ecology*, 62(3): 739-750.
  57. Hernández, E. P., (2018). Biología reproductiva de *Megapitaria aurantiaca* (BIVALVIA: VENERIDAE) en la localidad de Puerto Libertad, Sonora. Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de Baja California Sur.

58. Hickman, C. P., Roberts, L. S., Larson, A., Over, W. C., y Garrison, C. (2001). Molluscs. En: Hickman, C. P., Roberts, L. S., Larson, A., Over, W. C., y Garrison, C. (2001). *Integrated principles of zoology* (Vol. 15). New York: McGraw-Hill. 331-362 pp.
59. Hollenberg, G. J. (1942). An account of the species of Polysiphonia on the Pacific coast of North America. I. *Oligosiphonia*. *American Journal of Botany*, 29(9): 772-785.
60. Hollenberg, G. J. (1948). Notes on Pacific coast marine algae. *Madroño*, 9(5), 155-162.
61. Hollenberg, G. J. y Dawson E. Y., (1961). Marine red algae of Pacific Mexico. Part 5. The genus *Polysiphonia*. *Pacific Naturalist*, (2): 345-375.
62. Horton, T., Kroh, A., Ahyong, S., Bailly, N., Boyko, C.B. y Brandão, S.N. (2021). World Register of Marine Species. Recuperado el 05 de Mayo, 2021: <http://www.marinespecies.org>
63. Jiménez-Valverde, A., y Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, (8): 151-161.
64. Jorgensen, C. B. (1996). Bivalve filter feeding revisited. *Marine Ecology Progress Series*, (142): 287-302.
65. Jover-Capote, A., y Diez, Y. L. (2017). Abundancia de moluscos en mantos de macroalgas del mesolitoral rocoso en la costa suroriental de Cuba. *Amici Molluscarum* 25(1-2). 27-43.
66. Keen, A. M. (1971). *Sea shells of Tropical West America Marine mollusks from Baja California to Peru*. Stanford University Press, California, 1064 p.
67. Kuk, J. G., Padilla, J. G., Torreblanca, C., Flores, R., Flores, P., y Muñiz, X. I. (2019). Structure of molluscan communities in shallow subtidal rocky bottoms of Acapulco, Mexico. *Turkish Journal of Zoology*, 43(5): 465-479.
68. Lankford, R. (1974). Informe del estudio de reconocimiento de la región costera de los Estados de Michoacán y Guerrero. *Subprograma de Geología. Descripción general de la zona costera de Guerrero y Michoacán. Informe Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM*.
69. Lesser, H., (1984). *Prospección sistemática y ecológica de los moluscos bentónicos de la plataforma continental del estado de Guerrero, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
70. Littler, M. M., Littler, D. S., y Taylor, P. R. (1983). Evolutionary strategies in a tropical barrier reef system: Functional-form groups of marine macroalgae. *Journal of Phycology*, 19(2): 229-237.
71. Littler, M. M., y Littler, D. S. (1980). The evolution of thallus form and survival strategies in benthic marine macroalgae; field and laboratory tests of a functional form model. *The American Naturalist*, 116(1): 25-44.

72. López, N. A. (1993). Caracterización de la ficoflora sublitoral de Acapulco y Zihuatanejo, Guerrero. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
73. López, N. A. (1996). Comunidades de macroalgas submareales de la Costa Grande de Guerrero, México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
74. López, N. A. (2001). Variabilidad fenotípica e implicaciones taxonómicas en las especies de algas submareales de playa La Ropa, Zihuatanejo, Guerrero. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México.
75. López, N. A., (1993). Caracterización de la ficoflora sublitoral de Acapulco y Zihuatanejo, Gro. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
76. López, N., C. Candelaria, P. Ramírez-García y D. Rodríguez. (2017). The structure of tropical turf-forming algae assemblages. Zihuatanejo Bay, México. *Latin American Journal of Aquatic Research*, (45): 329-340.
77. López-Rojas, V. I., Flores-Garza, R., Flores-Rodríguez, P., Torreblanca-Ramírez, C., y García-Ibáñez, S. (2017). La clase Bivalvia en sitios rocosos de las Regiones Marinas Prioritarias en Guerrero, México: riqueza de especies, abundancia y distribución. *Hidrobiológica*, 27(1): 69-86.
78. Lozada, O. (2010). Actualización sistemática de los bivalvos de la Colección Malacológica Dr. Antonio García-Cubas del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
79. Luna, L. J. (2018). Variación de las relaciones espaciales alga-coral durante el fenómeno de El Niño (2015-2016) en Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
80. Morales, R., H. Vélez, A. Mejía, I. Ramírez, J. Izurierta, y P. Saldaña. (2008). Hidrodinámica de la Bahía de Zihuatanejo. *XXIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica*, 1-15.
81. Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. MyT–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. *Zaragoza*, 84(922495), 2.
82. Nájera, A. (1967). Algas de la Familia Dictyotaceae (División: Phaeophyta) de la Bahía de Zihuatanejo, Gro. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
83. Olafsson, E. B. (1986). Density dependence in suspension-feeding and deposit-feeding populations of the bivalve *Macoma balthica*: a field experiment. *The Journal of Animal Ecology*, 55: 517-526.
84. Pérez, M. (1967). Algas de la Familia Coralinaceae (División: Rhodophyta) de la Bahía de Zihuatanejo, Gro. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.

85. Pinet, P. R. (2003). Chapter 3. En: Pinet, P. R. (2003). *Invitation to Oceanography*. Jones & Bartlett Learning. 100-133 pp.
86. Ponder, W., y Lindberg, D. R. (2008). *Phylogeny and Evolution of the Mollusca*. University of California Press.
87. Quiroz, N. (2016). Caracterización morfológica y molecular de algas pardas costrosas con morfología tipo *Stragularia* en el pacífico tropical mexicano. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
88. Raffaelli, D. y Hawkings, S. (2012). *Intertidal Ecology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 356 pp.
89. Ramírez, A., y Gutiérrez-Fonseca, P. E. (2016). Sobre ensamblajes ecológicos-respuesta a Monge-Nájera. *Revista de Biología Tropical*, 64(2): 817-819.
90. Reyes, V. P. (2015). Caracterización morfológica y molecular de las algas costrosas pardas del pacífico tropical mexicano. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
91. Rodríguez, D., López, N. y González-González, J. (2008). Gelidiales (Rhodophyta) en costas del Pacífico mexicano con énfasis en las especies tropicales. En A. Senties y K. M. Dreckmann (Eds.), *Monografías fitológicas* (Vol. 3) (pp. 27-74). México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, 15: 73-96.
92. Román-Contreras, R., Cruz, F. M., e Ibáñez, A. L., (1991). Observaciones ecológicas de los moluscos de la zona intermareal rocosa de la Bahía de Chamela, Jalisco, México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología*, 62(1): 17-31.
93. Rosenberg, R. (1977). Effects of dredging operations on estuarine benthic macrofauna. *Marine Ecology Progress Series*. (62): 185-202.
94. Salazar-Vallejo, S. I., y González, E. (1990). Ecología costera en la región de La Mancha, Veracruz. *La Ciencia y el Hombre*. (6): 101-120.
95. Salcedo-Martínez, S., Green, G., Gamboa-Contreras, A., y Gómez, P. (1988). Inventario de macroalgas y macroinvertebrados bénticos, presentes en áreas rocosas de la región de Zihuatanejo, Guerrero, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México* 15(1): 73-95.
96. Sánchez, M., (2014). Base de datos de los moluscos presentes en la colección biológica de la Secretaría de Marina-Armada de México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.

97. Sandoval, B. A. (2016). Patrones de abundancia y distribución de macroalgas del arrecife coralino de Isla Ixtapa, Zihuatanejo, Guerrero. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
98. Seed, R. (1969a). The ecology of *Mytilus edulis* L. (Lamellibranchiata) on exposed rocky shores. *Oecologia*, 3(3-4): 277-316.
99. Seed, R. (1969b). The ecology of *Mytilus edulis* L. (Lamellibranchiata) on exposed rocky shores: II. Growth and mortality. *Oecologia*, 3(3-4): 317-350.
100. Shaw, W. N., Hassler, T. J., y Moran, D. P. (1988). Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (Pacific Southwest) California sea mussel and bay mussel. *Fish and Wildlife Service*. Washington DC. Biol. Rep. 82(11.84). U.S. Army Corps of Engineers, TR EL-82-4. 16 pp.
101. Sibaja-Cordero, J. A. y Vargas-Zamora, J. A. (2006). Zonación vertical de epifauna y algas en litorales rocosos del Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 54(1): 49-67.
102. Stella, C., Vijayalakshmi, S., y Siva, J. (2010). Two new records of bivalve species of Mytilidae family from Palk Bay and Mandapam area-south-east coast of India. *Global Journal of Environmental Research*, 4(1): 40-42.
103. Steneck, R. S., y Dethier, M. N. (1994). A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. *Oikos*, 69: 476-498.
104. Steneck, R. S., y Watling, L. (1982). Feeding capabilities and limitation of herbivorous molluscs: a functional group approach. *Marine Biology*, 68(3): 299-319.
105. Suchanek, T. H. (1978). The ecology of *Mytilus edulis* L. in exposed rocky intertidal communities. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 31(1): 105-120.
106. Taylor, W. R. (1945). Pacific marine algae of the Allan Hancock Expeditions to the Galapagos Islands. *Allan Hancock Pacific Expedition*, 12: 1-528.
107. Terranova, M. S., Lo Brutto, S., Arculeo, M., y Mitton, J. B. (2007). A mitochondrial phylogeography of *Brachidontes variabilis* (Bivalvia: Mytilidae) reveals three cryptic species. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 45(4): 289-298.
108. Torreblanca-Ramírez, C. (2010). Análisis de la diversidad y estructura de la comunidad de moluscos del mesolitoral rocoso de Acapulco, Guerrero. Tesis de Licenciatura. Unidad Académica de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, 226 p.
109. Torreblanca-Ramírez, C., Flores-Garza, R., Flores-Rodríguez, P., García-Ibáñez, S., y Galeana-Rebolledo, L. (2012). Riqueza, composición y diversidad de la comunidad de

- moluscos asociada al sustrato rocoso intermareal de playa Parque de la Reina, Acapulco, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 47(2): 283-294.
110. Urbano, B., (2004). Estructura comunitaria de gasterópodos de Zihuatanejo, Guerrero. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
111. Valdés-González, A., Flores-Rodríguez, P., Flores-Garza, R., y García-Ibáñez, S. (2004). Molluscan communities of the rocky intertidal zone at two sites with different wave action on Isla La Roqueta, Acapulco, Guerrero, Mexico. *Journal of Shellfish Research*, 23(3), 875-881.
112. Vassallo, A., Dávila, Y., Luviano, N., Deneb-Amozurrutia, S., Vital, X. G., Conejeros, C. A., y Álvarez, F. (2014). Inventario de invertebrados de la zona rocosa intermareal de Montepío, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(2): 349-362.
113. Vázquez, E. F., (2008). Diagnóstico general de la biodiversidad marina de la región de Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero: bases para su conservación. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
114. Vázquez, E. F., (2011). Variación morfológica de *Hypnea pannosa* (Cystocloniaceae, Rhodophyta), en condiciones ambientales contrastantes del litoral marino. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
115. Vázquez, P., (2009). Efecto del sedimento retenido en la estructura de los ensambles algales submareales. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
116. Villalpando-Canchola, E. (1986). Diversidad y zonación de moluscos de facie rocosa Isla Roqueta, Acapulco, Gro. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
117. Villegas-Maldonado, S., E., Neri-García, R., Flores-Garza, S., García-Ibáñez, P. Flores-Rodríguez, y D. G., Arana-Salvador. (2007). Datos preliminares de la diversidad de moluscos para el consumo humano que se expenden en Acapulco, Guerrero. pp 57-59. En: E. Ríos-Jara, M. C., Esqueda-González y C. M, Galván-Villa (eds), *Estudios sobre la Malacología y Conquiliología en México*, Universidad de Guadalajara, 286 p.
118. Ward, J. E., Sanford, L. P., Newell, R. I. E., y MacDonald, B. A. (1998). A new explanation of particle capture in suspension-feeding bivalve molluscs. *Limnology and Oceanography*, 43(5): 741-752.
119. Wyrtki, K. (1965). Surface currents of the eastern tropical Pacific Ocean. *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin*, 9(5): 268-305.

**Anexo I.** Lista taxonómica de las especies de bivalvos recolectados en la playa El Palmar y la playa Las Gatas, región de Ixtapa-Zihuatanejo, siguiendo el arreglo de Bouchet *et al.* (2010).

---

Reino: Animalia Linnaeus 1758  
Phylum: Mollusca Linnaeus 1758  
Clase: Bivalvia Linnaeus, 1758  
Subclase: Protobranchia Pelseneer, 1889  
Orden: Nuculida Dall, 1889  
Superfamilia: Nuculoidea Gray, 1824  
Familia: Nuculidae Gray, 1824  
Género: *Linucula* Marwick, 1931  
Especie: *Linucula declivis* (Hinds, 1843)  
Subclase: Autobranchia Grobben, 1894  
Superorden: Pteriomorpha Beurlen, 1944  
Orden: Mytilida Férussac, 1822  
Superfamilia: Mytilinae Rafinesque, 1815  
Familia: Mytilidae Rafinesque, 1815  
Género: *Brachidontes* Swainson, 1840  
Especie: *Brachidontes adamsianus* (Dunker, 1857)  
Especie: *Brachidontes semilaevis* (Menke, 1848)  
Género: *Leiosolenus* Carpenter, 1857  
Especie: *Leiosolenus aristatus* (Dillwyn, 1817)  
Género: *Modiolus* Lamarck, 1799  
Especie: *Modiolus capax* (Conrad, 1837)  
Género: *Mytilus* Linnaeus, 1758  
Especie: *Mytilus edulis* Linnaeus, 1758  
Orden: Arcida Stoliczka, 1871  
Superfamilia: Arcoidea Lamarck, 1809  
Familia: Arcidae Lamarck, 1809  
Género: *Acar* Gray, 1857  
Especie: *Acar rostrae* (Berry, 1954)  
Orden: Osteridae Férussac, 1822  
Superfamilia: Perioidea Gray, 1847 (1820)  
Familia: Pteriidae Gray, 1847 (1820)  
Género: *Isognomon* Lightfoot, 1786  
Especie: *Isognomon janus* Carpenter, 1857  
Superfamilia: Pinnoidea Leach, 1819  
Familia: Pinnidae Leach, 1819  
Género: *Pinna* Linnaeus, 1758  
Especie: *Pinna rugosa* G. B. Sowerby I, 1835  
Superorden: Heteroconchia Gray, 1854  
Clado: Heterodonta Neumayr, 1884  
Orden: Lucinida Gray, 1854  
Superfamilia: Lucinoidea J. Fleming, 1828  
Familia: Lucinidae J. Fleming, 1828  
Género: *Liralucina* Glover y J. D. Taylor, 2007  
Especie: *Liralucina approximata* (Dall, 1901)  
Orden: Carditida Dall, 1889  
Superfamilia: Carditoidea Férussac, 1822  
Familia: Carditidae Férussac, 1822  
Género: *Carditamera* Conrad, 1838  
Especie: *Carditamera affinis* (G. B. Sowerby I, 1833)  
Especie: *Carditamera radiata* (G. B. Sowerby I, 1833)  
Género: *Cardites* Link, 1807  
Especie: *Cardites grayi* (Dall, 1903)

Familia: Crassatellidae Férussac, 1822  
Género: *Crassinella* Guppy, 1874  
Especie: ***Crassinella ecuadoriana*** Olsson, 1961

Orden: Venerida Gray, 1854  
Superfamilia: Chamoidea Lamarck, 1809  
Familia: Chamidae Lamarck, 1809  
Género: *Chama* Linnaeus, 1758  
Especie: ***Chama coralloides*** Reeve, 1846

Orden: Myida Stoliczka, 1870  
Superfamilia: Myoidea Lamarck, 1809  
Familia: Myidae Linnaeus, 1758  
Género: *Mya* Linnaeus, 1758  
Especie: ***Mya sp.***

Género: *Sphenia* W. Turton, 1822  
Especie: ***Sphenia fragilis*** (H. Adams & A. Adams, 1854)

**Anexo II.** Lista taxonómica de las especies de macroalgas recolectadas en la playa El Palmar y la playa Las Gatas, Ixtapa-Zihuatanejo, siguiendo el arreglo de (Guiry y Guiry, 2021).

---

- Reino: Chromista Cavalier-Smith, 1981  
Phylum Ocrophyta Cavalier-Smith in Cavalier-Smith & Chao 1996  
Clase: Phaeophyceae Kjellman 1891  
Subclase: Fucophycidae Cavalier-Smith 1986  
Orden: Ectocarpales Bessey 1907  
Familia: Scytosiphonaceae Farlow 1881  
Género: *Chnoospora* Agardh 1847  
Especie: *Chnoospora minima* Papenfuss 1956<sup>1</sup>  
Orden: Fucales Bory 1827  
Familia: Sargassaceae Kützing 1843  
Género: *Sargassum* Agardh 1847  
Especie: *Sargassum liebmannii* Agardh 1847<sup>2</sup>  
Subclase: Dictyotophycidae Silberfeld, Rousseau y Rivers 2014  
Orden: Dictyotales Bory 1828  
Familia: Dictyotaceae Lamouroux ex Dumortier 1822  
Género: *Dictyota* Lamouroux 1809  
Especie: *Dictyota* sp.<sup>3</sup>  
Especie: *Dictyota dichotoma* (Hudson) J.V. Lamouroux<sup>4</sup>  
Género: *Lobophora* Agardh 1894  
Especie: *Lobophora variegata* (J.V. Lamouroux) Womersley ex E.C. Oliveira 1977<sup>5</sup>  
Género: *Padina* Adanson 1763  
Especie: *Padina mexicana* var. *erecta* Avila-Ortiz 2003<sup>6</sup>  
Especie: *Padina ramonribae* Avila-Ortiz, Pedroche & Díaz-Martínez 2016<sup>7</sup>
- Reino: Plantae Haeckel, 1866  
Subreino: Biliphyta Cavalier-Smith 1981  
Phylum: Rhodophyta Wettstein 1922  
Clase: Florideophyceae Cronquist 1960  
Subclase: Corallinophycidae Le Gall & Saunders 2007  
Orden: Gigartinales Schmitz in Engler 1892  
Familia: Cystocloniaceae Kützing 1843  
Género: *Hypnea* Lamouroux 1813  
Especie: *Hypnea pannosa* J. Agardh 1847<sup>8</sup>  
Especie: *Hypnea spinella* (C. Agardh) Kützing 1847<sup>9</sup>  
Especie: *Hypnea johnstonii* Setchell & N. L. Gardner 1924<sup>10</sup>  
Familia: Phylloporaceae Nägeli 1847  
Género: *Ahnfeltiopsis* Silva y DeCew 1992  
Especie: *Ahnfeltiopsis gigartinoidea* (J. Agardh) P. C. Silva & DeCew 1992<sup>11</sup>  
Género: *Gymnogongrus* Martius 1833  
Especie: *Gymnogongrus johnstonii* (Setchell & N. L. Gardner) E.Y. Dawson 1961<sup>12</sup>  
Subclase: Rhodymeniophycidae Saunders & Hommersand 2004  
Orden: Ceramiales Oltmanns 1904  
Familia: Ceramiaceae Dumortier 1822  
Subfamilia: Ceramioideae De Toni 1903  
Género: *Centroceras* Kützing 1842  
Especie: *Centroceras clavulatum* (C. Agardh) Montagne 1846<sup>13</sup>  
Género: *Ceramium* Roth 1797  
Especie: *Ceramium* sp.<sup>14</sup>  
Especie: *Ceramium camouii* E. Y. Dawson 1944<sup>15</sup>  
Especie: *Ceramium zaca* Setchell & N. L. Gardner 1937<sup>16</sup>  
Género: *Gayliella* Cho y McIvor 2008  
Especie: *Gayliella flaccida* (Harvey & Kützing) T.O. McIvor & L.J. Cho 2008<sup>17</sup>  
Familia: Delesseriaceae Bory 1828

Subfamilia: Delesserioidae Stizenberger 1860  
     Género: *Taenioma* Agardh 1863  
         Especie: *Taenioma perpusillum* (J. Agardh) J. Agardh 1863<sup>18</sup>  
 Familia: Rhodimelaceae Areschoug 1847  
     Género: *Chondria* Agardh 1817  
         Especie: *Chondria* sp.<sup>19</sup>  
     Género: *Herposiphonia* Nägeli 1846  
         Especie: *Herposiphonia secunda* (C. Agardh) Ambronn 1880<sup>20</sup>  
         Especie: *Herposiphonia tenella* (C. Agardh) Ambronn 1880<sup>21</sup>  
     Género: *Melanothamnus* Bornet & Falkenberg 1901  
         Especie: *Melanothamnus simplex* (Hollenberg) Díaz-Tapia & Maggs 2017<sup>22</sup>  
         Especie: *Melanothamnus sphaerocarpus* (Borgesen) Díaz.Tapia & Maggs 2017<sup>23</sup>  
     Género: *Polysiphonia* Greville 1823  
         Especie: *Polysiphonia mollis* J. D. Hooker & Harvey 1847<sup>24</sup>  
         Especie: *Polysiphonia nathanielii* Hollenberg 1958<sup>25</sup>  
         Especie: *Polysiphonia subtilissima* Montagne 1840<sup>26</sup>  
     Género: *Eutrichosiphonia* Savoie & G.W. Saunders, 2018  
         Especie: *Eutrichosiphonia confusa* (Hollenberg) Savoie & G.W.Saunders 2019<sup>27</sup>  
     Género: *Laurencia* Lamouroux 1813  
         Especie: *Laurencia* sp.<sup>28</sup>  
         Especie: *Laurencia hancockii* E.Y. Dawson 1944<sup>29</sup>  
         Especie: *Laurencia subcorymbosa* E.Y. Dawson 1963<sup>30</sup>  
 Orden: Rhodymeniales Schmitz in Engler 1892  
     Familia: Rhodymeniaceae Harvey 1849  
         Género: *Tayloriella* Kylin 1938  
             Especie: *Tayloriella dictyurus* (J. Agardh) Kylin 1956<sup>31</sup>  
     Familia: Lomentariaceae Agardh 1876  
         Género: *Ceratodictyon* Zanardini 1878  
             Especie: *Ceratodictyon tenue* (Setchell & N. L. Gardner) J.N. Norris 2014<sup>32</sup>  
 Subclase: Corallinophycidae Gall & Saunders 2007  
 Orden: Corallinales Silva & Johansen 1986  
     Familia: Corallinaceae Lamouroux 1812  
         Subfamilia: Lithophylloideae Setchell 1943  
             Género: *Amphiroa* Lamouroux 1816  
                 Especie: *Amphiroa beauvoisii* J.V. Lamouroux 1816<sup>33</sup>  
                 Especie: *Amphiroa misakiensis* Yendo 1902<sup>34</sup>  
                 Especie: *Amphiroa rigida* J.V. Lamouroux 1816<sup>35</sup>  
                 Especie: *Amphiroa subcylindrica* E.Y. Dawson 1953<sup>36</sup>  
                 Especie: *Amphiroa valonioides* Yendo 1902<sup>37</sup>  
         Subfamilia: Corallinoideae Foslie 1908  
             Género: *Jania* Lamouroux 1812  
                 Especie: *Jania capillacea* Harvey 1853<sup>38</sup>  
                 Especie: *Jania subpinnata* E.Y. Dawson 1953<sup>39</sup>  
                 Especie: *Jania tenella* (Kützing) Grunow 1874<sup>40</sup>  
                 Especie: *Jania tenella* var. *tenella*<sup>41</sup>  
     Orden: Gelidiales Kylin 1923  
         Familia: Gelidiaceae Kützing 1843  
             Género: *Gelidiella* Feldmann & Hamel 1934  
                 Especie: *Gelidiella acerosa* (Forsskal) Feldmann & Hamel 1934<sup>42</sup>  
             Género: *Gelidium* Lamouroux 1813  
                 Especie: *Gelidium mcNabbianum* (E.Y. Dawson) B. Santelices 1998<sup>43</sup>  
                 Especie: *Gelidium pusillum* (Stackhouse) Le Jolis 1863 morfotipos 1, 2, 3, 4, 5 y 6<sup>44</sup>  
         Familia: Pterocladielaceae Perrone, Felicini & Bottalico 206  
             Género: *Pteroclatiella* Santelices & Hommersand 1997  
                 Especie: *Pteroclatiella caloglossoides* (M. Howe) Santelices 1998<sup>45</sup>  
     Orden: Gracilariales Fredericq & Hommersand 1989

Familia: Gracilariaceae Nägeli 1847  
     Género: *Gracilaria* Greville 1830  
     Especie: *Gracilaria* sp.<sup>46</sup>  
 Orden: Halymeniales Saunders & Kraft 1996  
     Familia: Halymeniaceae Womersely 1994  
     Género: *Grateloupia* Agardh 1822  
     Especie: *Grateloupia huertana* Mateo-Cid, Mendoza- González & Gavio 2005<sup>47</sup>  
     Especie: *Grateloupia versicolor* (J. Agardh) J. Agardh 1847<sup>48</sup>  
 Subreino: Viridiplantae Cavalier-Smith, 1981  
 Infrareino: Chlorophyta Cavalier-Smith 1993  
 Phylum: Chlorophyta Reichenbach 1834  
 Clase: Ulvophyceae Mattox & Stewart 1984  
     Orden: Ulvales Blackman & Tansley 1902  
         Familia: Ulvaceae Lamouroux ex Dumortier 1822  
         Género: *Ulva* Linnaeus 1753  
         Especie: *Ulva californica* Wille 1899<sup>49</sup>  
         Especie: *Ulva intestinalis* Linnaeus 1753<sup>50</sup>  
         Especie: *Ulva linza* Linnaeus 1753<sup>51</sup>  
     Orden: Bryopsidales Schaffner 1922  
         Familia: Bryopsidaceae Bory 1829  
         Género: *Bryopsis* Lamouroux 1809  
         Especie: *Bryopsis pennata* var. *minor* J. Agardh 1887<sup>52</sup>  
         Familia: Caulerpaceae Kützing 1843  
         Género: *Caulerpa* Lamouroux 1809  
         Especie: *Caulerpa chemnitzia* (Esper) J.V. Lamouroux 1809<sup>53</sup>  
         Especie: *Caulerpa sertularioides* (S.G. Gmelin) M. Howe 1905<sup>54</sup>  
         Familia: Halimedaceae Link 1832  
         Género: *Halimeda* Lamouroux 1812  
         Especie: *Halimeda discoidea* Decaisne 1842<sup>55</sup>  
     Orden: Cladophorales Haeckel 1894  
         Familia: Cladophoraceae Wille in Warming 1884  
         Género: *Chaetomorpha* Kützing 1845  
         Especie: *Chaetomorpha antennina* (Bory) Kützing 1847<sup>56</sup>  
         Género: *Cladophora* Kützing 1843  
         Especie: *Cladophora* sp.<sup>57</sup>  
         Especie: *Cladophora graminea* Collins 1909<sup>58</sup>  
         Especie: *Cladophora microcladioides* Collins 1909<sup>59</sup>

**Anexo III.** Catálogo fotográfico de las especies de bivalvos recolectados en Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero.

---

**Lámina 1**

---

1. *Linucula declivis*
  2. *Brachidontes adamsianus*
  3. *Leiosolenus aristatus*
- 

**Lámina 2**

---

4. *Mytilus edulis*
  5. *Acar rostrata*
- 

**Lámina 3**

---

6. *Isognomon janus*
  7. *Pinna rugosa*
  8. *Liralucina approximata*
- 

**Lámina 4**

---

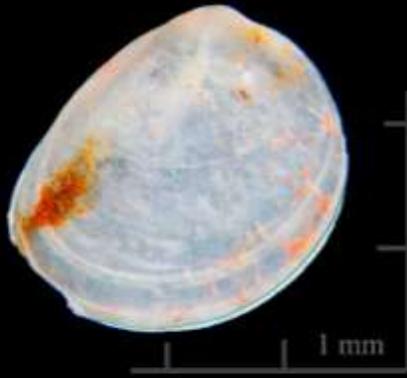
9. *Carditamera radiata*
  10. *Cardites grayi*
  11. *Crassinella ecuadoriana*
- 

**Lámina 5**

---

12. *Chama coralloides*
  13. *Mya* sp.
-

1



2



3



4



5



6



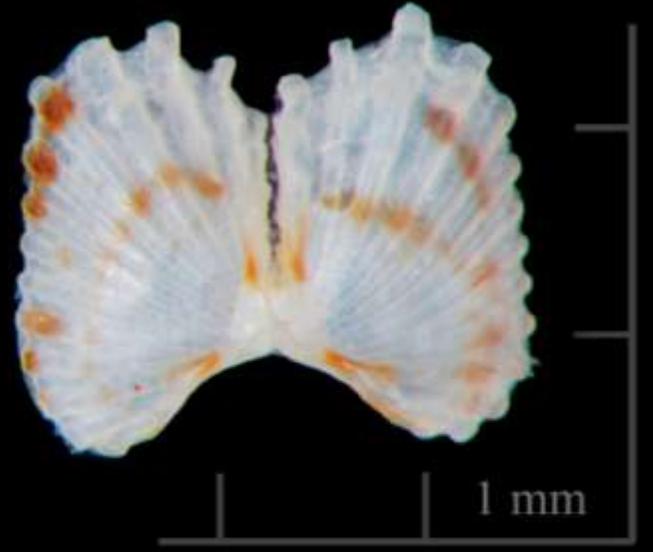
7



8



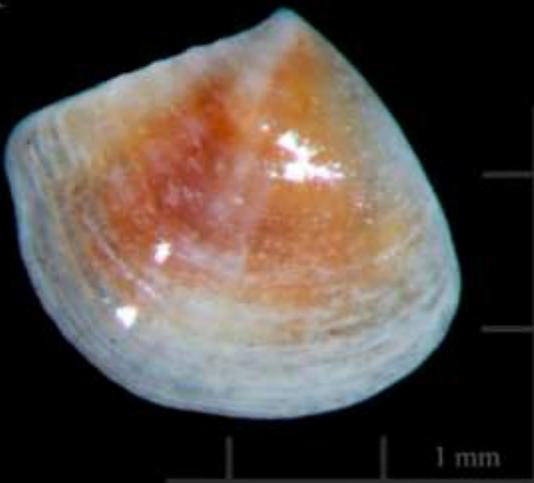
9

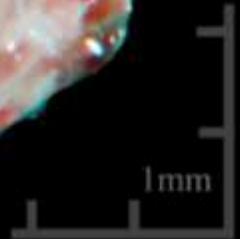
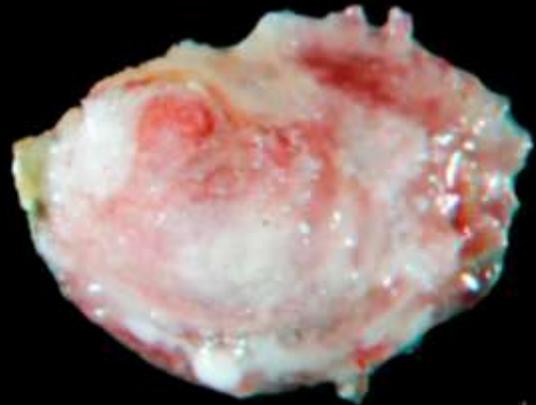
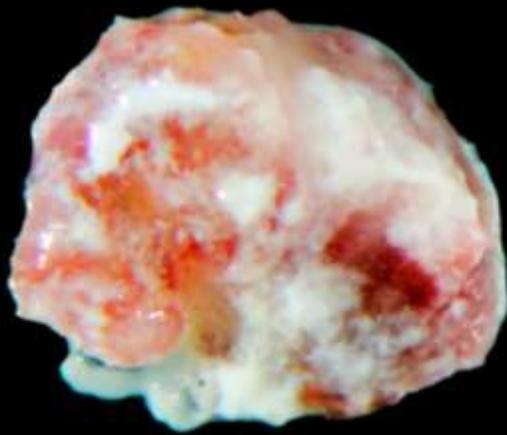


10

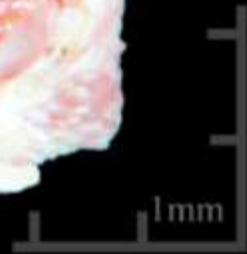
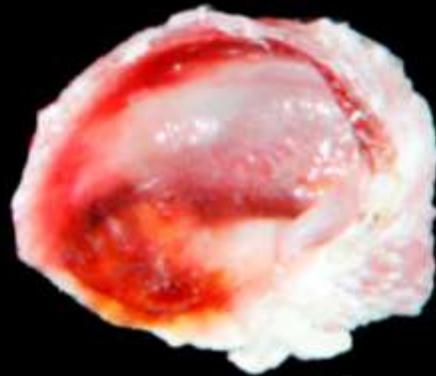
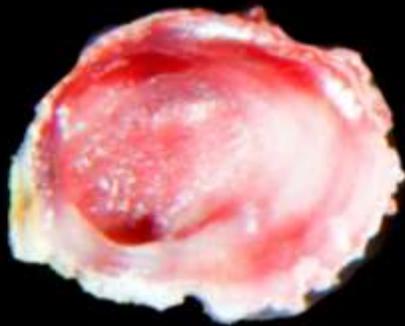


11





12



13

