



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA DE PUEBLA**

---

---

**ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**VARIABILIDAD ANUAL EN EL RECLUTAMIENTO DE MICRO-  
INVERTEBRADOS MARINOS, ASOCIADOS A LA COMUNIDAD  
CORALINA DEL PARQUE NACIONAL ISLAS MARIETAS,  
NAYARIT, MÉXICO.**

**Tesis presentada como requisito para obtener el título de:**

**BIÓLOGO**

**PRESENTA:**

**Francisco Antonio Martínez**

**ASESORA DE TESIS:**

**Dra. Alma Paola Rodríguez Troncoso**

**NOVIEMBRE 2014**



## **AGRADECIMIENTOS**

A los proyectos: “Evaluación y monitoreo del efecto del Cambio Climático sobre las principales especies de corales hermatípicos del Pacífico Central Mexicano” (Proyecto PIFI) y “Monitoreo de la comunidad coralina y organismos asociados del Parque Nacional Islas Marietas” (Proyecto PIFI) a cargo del Dr. Amilcar Cupul.

Especialmente a la Dra. Alma Paola Rodríguez Troncoso por su apoyo incondicional durante el desarrollo del trabajo, por ser muy paciente conmigo, por motivarme a crecer profesional, por los consejos, regaños y sobre todo por compartir sus conocimientos, gracias por la oportunidad y sobre todo gracias por brindarme su amistad y apoyo.

Al Dr. Amilcar Cupul Magaña por su apoyo otorgado y por permitirme el uso del Laboratorio de Ecología Marina, Centro universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara.

A mis revisores el Dr. Cesar Antonio Sandoval Ruiz y el Dr. Ernesto Mangas, por sus aportaciones a este trabajo que lo enriquecieron mucho con sus conocimientos y a él gran apoyo que recibí por parte de ellos.

Un agradecimiento muy especial a cada una de las personas que me acompañaron este largo camino lleno de aprendizajes no hubiera sido lo mismo sin ustedes. En especial a mis grandes amigos que han estado conmigo en todo momento (Ale, Barbará, Ely, Eric, Gaby, Ignacio, Karina, Marco, Tere, Vero, Xio).

A Jeimy Santiago por los consejos, y ayudarme durante este proceso de estancia y tesis, pero principalmente por su amistad.

A mis compañeros del Laboratorio de Ecología Marina que estuvieron involucrados en el proyecto y que siempre me apoyaron ante cualquier duda (Rosa, Karla, Luz, Lucy, Adolfo).

A la escuela de Biología, de la Benemérita Universidad de Puebla que me ayudaron a forjarme como profesionista, a todos los profesores y compañeros que fueron de gran inspiración y aprendizaje durante este proceso.

A mis hermanas Maritza que siempre me ha apoyado incondicionalmente y que ha sido un gran ejemplo a seguir para mí, te amo hermanita! A mi hermana

Rossina que ha estado conmigo en todos los momentos e igualmente es una inspiración para mí, te amo!!!

A mis sobrinos Luis, María José, Oscarin y Frida que son el motor y alegría de esta familia!!

A mis abuelitas Porfiria y Lilia que siempre me han apoyado y amado, son las mejores abuelitas que pude haber tenido!

A mis tíos y tías pero en especial a mi tío Jorge Luis que me ha apoyado en muchas ocasiones durante mis estudios.

Finalmente a todo el apoyo recibido de mis papas Rosalía y Francisco que son los mejores padres que pude haber tenido, que me han apoyado en todos mis proyectos y sobre todo por el amor que siempre recibo por parte de ellos, los amo con todo mi corazón!!!.

## DEDICATORIA

*A mis Papás Rosalía Martínez y Francisco Antonio gracias por estar conmigo en todo momento,  
por apoyarme en mis sueños y ser los mejores padres del mundo, los amo!!!!*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	4
I. INTRODUCCIÓN .....	5
II. ANTECEDENTES .....	9
III. JUSTIFICACIÓN .....	12
IV. HIPÓTESIS .....	13
V. OBJETIVOS .....	14
5.1 Objetivo general .....	14
5.2 Objetivos particulares .....	14
VI. MÉTODOS .....	15
6.1 Área de Estudio .....	16
6.2 Trabajo de Campo .....	17
6.3 Trabajo de Laboratorio .....	18
6.4 Análisis Estadístico .....	19
VII. RESULTADOS .....	19
VIII. DISCUSIÓN .....	30
XV. CONCLUSIONES .....	35
X. BIBLIOGRAFÍA .....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Fig. 1.** Esquema en el cual se representa la metodología que se llevó a cabo, para determinar la variabilidad anual en el reclutamiento de las diferentes clases de micro-invertebrados marinos asociados a la comunidad coralina del Parque Nacional Islas Marietas..... 15
- Fig. 2.** Área de estudio, área natural protegida, Parque Nacional Islas Marietas. En el recuadro se enmarca el sitio de muestreo llamada área de restauración, ubicada en la Isla larga..... 16
- Fig. 3.** Estructuras semi-esféricas de sustrato artificial construido con cemento A) Estructura recién colocada con las varillas de acero B) Fragmentos de coral fijados a las varillas de acero C) Fragmentos de coral después de 2 meses. . 17
- Fig. 4.** Clases de invertebrados que presentaron una contribución importante y una mayor densidad durante los muestreos. A) Malacostraca, B) Ostracoda, C) Gastropoda, D) Maxillopoda, E) Polychaeta y F) Granoreticulosia..... 21
- Fig.5.** Porcentaje de contribución de las clases de micro-invertebrados más abundantes a lo largo de todo el periodo de muestreo. Cada barra representa los muestreos bimensuales, así como su resultado anual ..... 22
- Fig.6.** Densidad calculada para las diferentes clases de invertebrados presentes durante los muestreos A) Malacostraca, Ostracoda y Gastropoda. B) Maxillopoda, Polychaeta y Granoreticulosia. Los resultados se presentan como densidad ( $\text{ind}/\text{cm}^{-2}$ )  $\pm$  error estándar. .... 24
- Fig. 7.** Densidades de las clases de invertebrados presentes durante los muestreos, A) Arachnida, Bivalvia y Aphasmdia. B) Holothuroidea, Ophiuroidea y Echinoidea. Los resultados se presentan como densidad ( $\text{ind}\cdot\text{cm}^{-2}$ )  $\pm$  error estándar ..... 26
- Fig. 8.** Variación estacional de alga costrosa a lo largo de todo el periodo de muestreo. Los datos se presentan como la media en gramos de peso seco  $\pm$  error estándar..... 27
- Fig. 9.** Temperatura promedio registrada durante los meses de Febrero 2011-Febrero 2012. Los datos se presentan como la media  $\pm$  error estándar. .... 28

## ÍNDICE DE CUADROS

**Cuadro 1.** Listado de las clases de invertebrados encontradas durante todos los muestreos. Se especifica cuáles de los grupos fueron incluidos en la gráfica de contribución..... 20

**Cuadro 2.** Correlación simple ( $P < 0.5$ ), entre las diferentes clases de organismos y la temperatura superficial del agua, (\*) indica las clases que presentaron diferencias significativas..... 29

## RESUMEN

El reclutamiento es el proceso por el cual organismos jóvenes se añaden a la población y se caracteriza por tener un período de mortalidad inferior, y es considerado el primer registro de un individuo dentro de la población. Uno de los ecosistemas con más biodiversidad de invertebrados son las comunidades coralinas, entre estas destacan por su papel ecológico los moluscos, equinodermos, crustáceos y poliquetos. El estudio de micro-invertebrados marinos es muy importante ya que son fuente importante de alimento para los niveles tróficos superiores, ayudando a mantener en equilibrio las comunidades coralinas y de igual forma para entender mejor su ecología y comportamiento ante las variaciones anuales de temperatura.

En el presente trabajo se determinó la variabilidad anual en el reclutamiento de micro-invertebrados marinos asociados a la comunidad coralina del Parque Nacional Islas Marietas, Nayarit, México. Se realizaron seis muestreos bimensuales y un muestreo anual durante el periodo febrero 2011-2012. En el área de estudio, se colocaron estructuras de sustrato artificial con varillas de acero a las que se sujetaron fragmentos de coral del género *Pocillopora* que servirán como sustrato de reclutamiento. En cada muestreo, se colectaron los fragmentos y se cambiaron por esqueletos limpios. De cada muestra, se contaron e identificaron todos los organismos hasta nivel de clase. En total se contabilizaron 101,756 organismos, pertenecientes a 2 reinos, 10 phyla y 20 clases. Las clases de invertebrados que presentaron una contribución importante y una mayor densidad durante los muestreos fueron Malacostraca, Ostracoda, Gasteropoda, Malxillopoda, Polychaeta y Granoreticulosa, observándose variabilidad en las densidades de las clases durante el año de muestreo. La alta densidad de organismos así como su diversidad está asociada a que se están incorporados a un sistema altamente productivo como son las comunidades coralinas.

Finalmente, se determinó que la temperatura es un factor que influye en la variabilidad anual en el reclutamiento de los micro-invertebrado marinos. Sin embargo, puede presentar una baja significancia debido a que además de la temperatura, existen otros factores que están determinando la presencia de los grupos en la región.

## **I. INTRODUCCIÓN**

El reclutamiento es el proceso por el cual organismos nuevos se añaden a la población, se caracteriza por tener un período de mortalidad bajo y marca el primer registro de un individuo en la etapa juvenil dentro de la población (Nagelkerken, 2009). La continuidad en el proceso de reclutamiento así como su variación estacional, son procesos importantes para mantener la permanencia de una especie en su sitio de distribución (Caley *et al.*, 1996).

La variación anual en el patrón de reclutamiento está determinada por la influencia de diferentes variables ambientales; entre las más importantes están la temperatura, salinidad y pH (Keough y Downes, 1982). El efecto de cada uno estará determinado por su escala de influencia. A nivel local variaciones como las surgencias, tormentas y turbidez, tienen un efecto diferente en una misma zona, lo cual se refleja a nivel individual e influirá en sus procesos fisiológicos, como son en la reproducción, crecimiento, alimentación, entre otros (Sheppard *et al.*, 2010). Ante estas variaciones ambientales cada grupo ha desarrollado mecanismos de aclimatación y adaptación que le permite ser exitoso en su ambiente (Carlson y Olson, 1993).

De los factores antes mencionados, se sabe que la temperatura es uno de los más importantes, ya que controlan desde procesos básicos como son las rutas metabólicas y celulares, hasta las actividades fisiológicas tales como el crecimiento y la reproducción (Caso *et al.*, 1993). Por ejemplo, la tasa de desarrollo y el crecimiento de muchos invertebrados marinos se correlacionan positivamente a la temperatura (Fujisawa y Shigei, 1990); asimismo las variaciones anuales en temperatura superficial del mar afecta el periodo reproductivo así como la sincronización en la reproducción e inducción al desove en poliquetos, moluscos y equinodermos (Olive, 1995) e incluso puede llegar a tener un efecto sobre el tiempo duración de las larvas en la columna de agua (Reitzel *et al.*, 2004).

Además, de las condiciones ambientales, la cantidad y tipo de recursos, así como de su variación anual, promoverán un gradiente en el reclutamiento de los organismos. En el caso de los sitios asociados a la costa, uno de los ecosistemas con mayor diversidad son las comunidades coralinas, las cuales

se caracterizan por ser sitios muy productivos y poseer una alta complejidad estructural (Aramburu-Vizcarra *et al.*, 2008), que les permite desarrollar una alta riqueza ecológica, generando un hábitat propicio para muchas especies de peces e invertebrados de diferentes grupos, los cuales utilizan las zonas coralinas como sitios de alimentación, desove, crianza y protección (Krieger, 2001).

Uno de los grupos más abundantes dentro de las comunidades coralinas son los invertebrados (Glynn y Enochs, 2011). Éstos, debido a su morfología y fisiología llevan a cabo la mayoría de sus actividades en el bentos y son un grupo muy importante ya que de ellos dependen niveles tróficos superiores; por ejemplo sirven de alimento para peces e inclusive otros invertebrados (Richter *et al.*, 2001); asimismo tienen otras funciones básicas en cualquier ecosistema, como ser filtradores, permitiendo la recirculación de nutrientes y mejorando la calidad del agua al consumir la materia orgánica y contribuir al transporte de nutrientes (Ribes *et al.*, 2005).

Las variaciones ambientales como los cambios en la temperatura afectan de manera diferente a los organismos dentro de un mismo ecosistema. Los invertebrados se caracterizan por tener poca motilidad o incluso ser sésiles, por lo que deben de poseer mecanismos eficaces para la resistencia ante los cambios en las condiciones anuales y locales, que generen respuesta de mantenimiento o mitigación de daños sin que se afecten sus funciones fisiológicas como el crecimiento y reproducción (Addessi, 2001; Buck *et al.*, 2002). De hecho su capacidad de dispersión vía larvaria está limitada a encontrar sitios óptimos para su asentamiento (primera etapa del reclutamiento) y posterior desarrollo como adultos asociados al hábitat costero (Gaylord *et al.*, 2013). De la capacidad que tengan tanto de reproducción, dispersión y reclutamiento estarán determinados los cambios de abundancia de cada organismo dentro de la población.

Los invertebrados marinos por su hábito bentónico presentan una alta competencia inter- e intra- específica generando tanto por el espacio disponible, como por los recursos bióticos asociados al bentos; grupos bentónicos tales como macro algas, algas filamentosas, algas costosas entre otros les proveen de diferentes recursos o servicios para su subsistencia. Por ejemplo en el grupo de las algas, para algunos invertebrados, las macroalgas

son su grupo alimenticio principal, mientras que las algas filamentosas que pueden formar el "tapete algal" son utilizadas solamente como refugio (Dawes, 1996). Independientemente de las diferencias funcionales que tengan el grupo de las algas, éstas son un componente esencial para el mantenimiento óptimo de muchos vertebrados e invertebrados (McCook, 1996). Por otro lado, el grupo de algas coralinas contribuyen directamente en la diversidad y abundancia de la fauna (Kelahe *et al.*, 2006) funcionando como señales químicas para el reclutamiento de larvas de coral y de algunos invertebrados marinos (Harrington *et al.*, 2004; Heyward y Negri, 1999). En su conjunto la disponibilidad de sustrato y los grupos bentónicos asociados a este, generan un efecto cascada ya que los cambios en su presencia y abundancia en conjunto con otros factores abióticos como son la luz, nutrientes, oxígeno, pH y temperatura, controlan el reclutamiento de los organismos asociados a ellos (Hughes, 1994). De manera natural, al igual que los invertebrados, el grupo de las algas está controlado principalmente por la luz y los nutrientes; sin embargo efectos por la eutrofización y la sobrepesca de grupos específicos como son los herbívoros provoca incrementos desmedidos en el crecimiento tanto de las macroalgas bentónicas como de las algas filamentosas (Jessen *et al.*, 2013), proporcionando de esta manera las algas más rápido crecimiento con una ventaja aparente sobre el reclutamiento de los invertebrados, que les permite tener más recurso tanto para su reclutamiento como para su posterior etapa de vida (Jessen *et al.*, 2014), sin embargo, esto generará un desequilibrio ecológico sobre el sistema, ya que aunque podría traer una ventaja inmediata a los invertebrados durante sus primeras etapas de vida, esto generaría un desequilibrio en el sistema no sólo por la disminución de vertebrados y posible incremento en los invertebrados, sino que las algas compiten por espacio con otros organismos como los corales, generando un desequilibrio en sistemas como los arrecifales con condiciones oligotróficas y estructura bentónica primordialmente asociada a corales duros (Dawes, 1996).

A pesar de que los invertebrados son un grupo tan diverso, la mayoría de los estudios hasta la fecha son específicos para algunas clases, principalmente los equinodermos (Solís-Marín *et al.*, 2013), dejando aquellas especies de menor tamaño y muchas veces difíciles de observar. Por lo que en el presente trabajo se busca, conocer los patrones de reclutamiento de los

invertebrados asociados a las comunidades del Parque Nacional Islas Marietas (PNIM), su relación con grupos bentónicos como las algas y cómo son influenciados por los cambios en las variables ambientales principalmente la temperatura.

## II. ANTECEDENTES

Las comunidades coralinas son sitios altamente productivos por lo que sirven de zonas de alimentación y refugio para una gran cantidad de organismos tanto vertebrado e invertebrado, debido a esto existe una gran variedad de organismos marinos que están asociados a las comunidades coralinas. Los principales filos de invertebrados asociados a las regiones coralinas pueden cambiar dependiendo de la región. Por ejemplo algunos autores han determinado que los phyla más abundantes son: Porifera, Cnidaria, Annelida, Sipuncula, Arthropoda, Mollusca, Echinodermata y Chordata (Glynn y Enochs, 2011; Solís-Marin *et al.*, 2013), mientras que en otros estudios como el de Sheppard *et al.* (2010) ha encontrado que los grupos con mayor representación son los Mollusca, Equinodermata, Crustacea y Polychaeta; estos últimos son los más importantes ecológicamente. A nivel de clase se presenta esta misma variación regional; por ejemplo un estudio realizado en la región del sur de Italia se determinó a Granoreticulasia, Polychaeta y Gastropoda como las clases más abundantes (Cigiliano, 2010).

Hasta el momento, la mayoría de los estudios en arrecifes coralino han sido enfocados a los Equinodermos, sin embargo se sabe que los invertebrados asociados a las comunidades coralinas son un grupo muy abundante, con más 950,000 especies registradas (Reaka-Kudla, 1996) e inclusive, algunos autores predicen que este valor puede llegar a ser tres veces superior (Knowlton y Jackson, 1993; Small *et al.*, 1998).

Una de las comunidades coralinas más importantes del Pacífico Mexicano se encuentra en el Parque Nacional Islas Marietas, en la cual se asocian una gran cantidad de vertebrados e invertebrados (Carriquiry y Reyes-Bonilla, 1997; CONANP, 2007) y además posee una alta riqueza de corales dentro de los cuales el género *Pocillopora* es el más abundante (Carriquiry y Reyes-Bonilla, 1997; Reyes-Bonilla y López-Pérez, 1998; Cupul-Magaña *et al.*, 2000), y a él se le asocian otros grupos taxonómicos que dependen del sistema para su subsistencia. Hasta el momento en la región, a pesar de que los invertebrados es el grupo más importante, los estudios se enfocan principalmente la estructura del ensamblaje cuantificando los organismos adultos encontrados (Torrejón-Arellano *et al.*, 2007; Hermsillo-Núñez, 2011),

así como la presencia de algunos nuevos registros (Cruz-García *et al.*, 2013; Sotelo-Casas *et al.*, 2014); sin embargo, no existen estudios de su reclutamiento y como fluctúan anual durante sus primeras etapas de vida. Limitando el conocimiento de la riqueza invertebrados de la comunidad coralina en la región. Se tiene conocimiento de que, los invertebrados marinos responden de manera natural ante los cambios anuales en las condiciones ambientales (Caso *et al.*, 1993). Sin embargo, debido a condiciones anómalas tales como el aumento en la temperatura superficial del mar, se altera sus funciones fisiológicas y en algunos casos a gran escala se puede modificar hasta su distribución (Helmuth *et al.*, 2006). Se ha observado que anomalías térmicas durante periodos de temperaturas como las asociadas con eventos ENSO (El Niño Southern Oscillation, por sus siglas en inglés), provocan un estado de estrés en los organismos, lo cual puede afectar desde su periodo reproductivo hasta su supervivencia (Tunesi *et al.*, 2001). De hecho, se han reportado mortandades masivas e inclusive extinciones locales (Attrill *et al.*, 2000); y a pesar de su importancia hay pocos estudios que evalúen estos cambios en la permanencia de los diferentes invertebrados en un sitio.

Asimismo, a esto se le suman otros factores como la acidificación del océano, la cual altera la química del agua de mar, con impactos potencialmente negativos sobre una amplia gama de organismos marinos, hasta el momento se han realizado muy pocos estudios al respecto, pero se sabe que provoca cambios significativos en el desarrollo de algunos invertebrados marinos que juegan un papel central en muchos ecosistemas oceánicos como los Cefalópodos (*Doryteuthis pealeii*), los cuales ven afectados tanto en sus principales etapas de vida y como posteriormente en sus procesos fisiológicos e (Kaplan *et al.*, 2013); no solamente estos organismos se ven afectados por la acidificación del océano, sino toda la comunidad coralina, afectando el comportamiento y la supervivencia en el medio natural de las especies marinas, perturbando directa e indirectamente las redes alimentarias y la pesca comercial marina. (IPCC, 2007).

El presente trabajo nos ayudará a entender la variabilidad en el reclutamiento de las diferentes clases de micro-invertebrados marinos, en las colonias coralinas de las Islas Marietas, al relacionar el éxito del reclutamiento de cada grupo con los cambios de temperatura.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

Los invertebrados marinos, son organismos esenciales dentro de las comunidades coralinas, ya que funcionan como fuente de alimento para los niveles tróficos superiores y debido a su importancia su reclutamiento continuo es esencial para mantener sus poblaciones.

La mayoría de los estudios de los invertebrados se enfocan en grupos específicos, utilizando generalmente a los macro-invertebrados. Sin embargo, los micro-invertebrados son un grupo mayoritario difícil de estudiar debido a su tamaño ya que para obtenerlos generalmente se debe de extraer el sustrato al que están asociados, generando muestreos destructivos.

En el Pacífico Mexicano, una de las comunidades coralinas de mayor importancia se encuentra localizada en las Islas Marietas, las cuales por su ubicación son influenciadas por la zona de transición entre las regiones biogeográficas: Región del mar de Cortés y Región del Pacífico Norte donde cohabitan un gran número de especies que se encuentran en los límites sureño y norteño de su distribución. Por lo que estudiar a los micro-invertebrados de esta región y determinar su variación ante las fluctuaciones anuales de la temperatura, ayudará a conocer datos importantes sobre la estructura comunitaria de la región.

#### **IV. HIPÓTESIS**

- La variación en la temperatura superficial del mar es uno de los factores de mayor importancia que determinará los cambios de abundancia de las diferentes clases de micro-invertebrados marinos asociados a la comunidad coralina del Parque Nacional Islas Marietas, Nayarit, México.

## **V. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo general**

Determinar la variabilidad anual en el reclutamiento de las diferentes clases de micro-invertebrados marinos asociados a la comunidad coralina del Parque Nacional Islas Marietas.

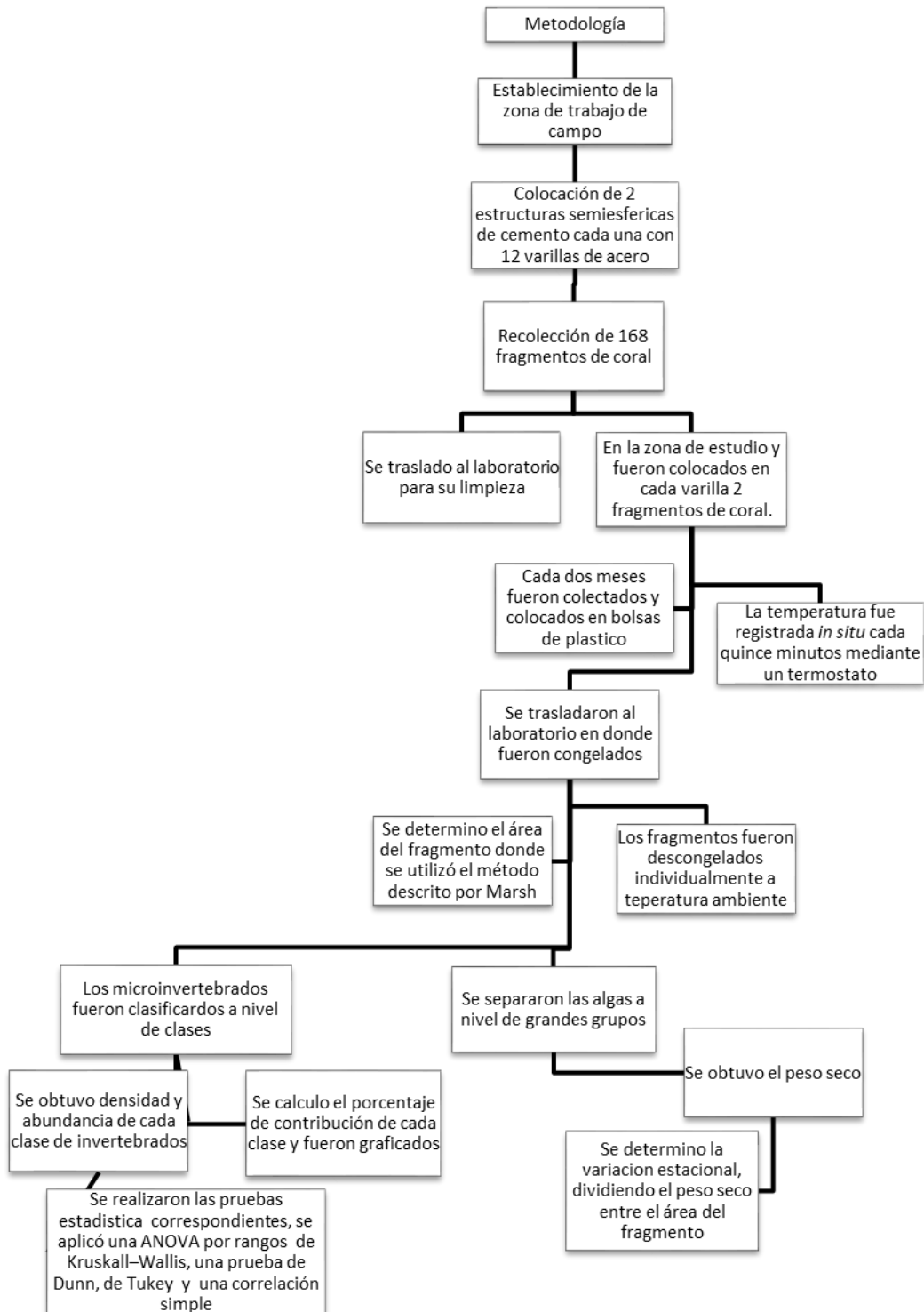
### **5.2 Objetivos particulares**

- Identificar taxonómicamente a nivel de clase los micro-invertebrados reclutados.
- Calcular la abundancia de individuos por área de sustrato disponible.
- Determinar la abundancia de invertebrados marinos y la relación que guarda respecto a la temperatura y presencia de macro-algas

## VI. MÉTODOS

El presente trabajo consta tanto de trabajo de campo, de laboratorio y de gabinete. Con el fin de presentar el método de manera esquemática, inicialmente se presenta la figura 1.

Fig. 1. Esquema en el cual se representa el método que se llevó a cabo, para determinar la



variabilidad anual en el reclutamiento de las diferentes clases de micro-invertebrados marinos asociados a la comunidad coralina del Parque Nacional Islas Marietas.

## 6.1 Área de Estudio

El área de estudio se encuentra dentro del Parque Nacional Islas Marietas, Nayarit, México localizada en  $20^{\circ}42'47''$ -  $20^{\circ}41'11''$  N y  $105^{\circ}33'18''$ -  $105^{\circ}36'00''$  W (Fig. 2). El muestreo, se llevó a cabo en un parche arrecifal de la Isla Larga, la cual mide un poco más de 1 km de longitud, con un contorno muy irregular ya que posee muchas bahías muy pequeñas, algunas con playas (Gaviño y Uribe, 1980).

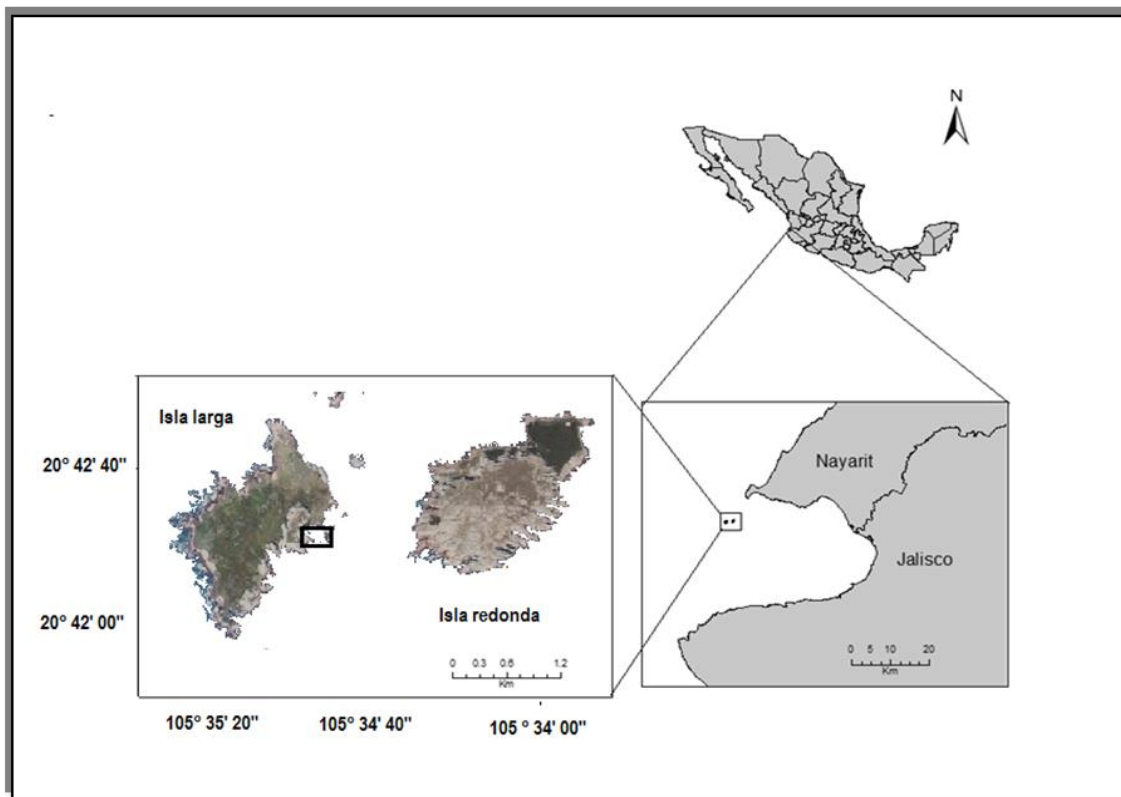


Fig. 2. Área de estudio, área natural protegida, Parque Nacional Islas Marietas. En el recuadro se enmarca el sitio de muestreo llamada área de restauración, ubicada en la Isla larga.

Las islas se caracterizan por su clima cálido sub-húmedo con lluvias en verano y vientos predominantes que corren en dirección sureste durante el día. Cabe destacar que ninguna de las islas presenta riachuelos ni depósitos de agua dulce. La temperatura superficial del agua, registrada para los meses de marzo y abril es de  $22.2^{\circ}\text{C}$ , la salinidad promedio es de 35 ups y el pH casi constante a lo largo del año (CONANP, 2007). Se localizan en una zona de confluencia de 3 masas de agua: la Corriente de California, la Corriente

Costera de Costa Rica y la masa de agua del Golfo de California. Por lo que estas, constituyen un hábitat que permite la interacción de especies marinas características del centro-sur del Pacífico Mexicano con las del Golfo de California y la costa del Pacífico de Baja California (Wyrcki, 1965).

Como se mencionó anteriormente en las Islas Marietas se encuentra localizada una de las comunidades coralinas más importante en el Pacífico Mexicano. Los corales, se encuentran distribuidos principalmente en la parte Este de las islas, siendo isla larga la que presenta una mayor abundancia del género *Pocillopora* (CONAP, 2007); una característica importante de estos corales es su forma ramificada que por efecto del oleaje sufren de fragmentación natural. Por su alta abundancia y la disponibilidad de fragmentos se eligió para ser el sustrato de reclutamiento utilizado.

## 6.2 Trabajo de Campo

Para tener estructuras a las cuales sujetar el sustrato, previamente se construyeron dos estructuras semi-esféricas de cemento, en el cual se fijaron 12 varillas de acero de aproximadamente 15 cm de largo. Dichas estructuras fueron llevadas al sitio de muestreo y se colocaron sobre arena y roca al lado de colonias de coral a una profundidad aproximada de cinco metros (Fig. 3).



Fig. 3 Estructuras semi-esféricas de sustrato artificial construido con cemento A) Estructura recién colocada con las varillas de acero B) Fragmentos de coral fijados a las varillas de acero C) Fragmentos de coral después de 2 meses.

Se colectaron 168 fragmentos de coral, del género *Pocillopora* de 5 cm aproximadamente que se encontraban dispersos dentro del área como resultado de la fragmentación natural. Los fragmentos fueron transportados al

laboratorio en donde fueron sumergidos en hipoclorito de sodio al 10% durante 24 horas, posteriormente se enjuagaron con agua dulce por 8 horas, y fueron secados en una estufa (Precision Scientific) a 60 °C durante 1 día.

Los esqueletos limpios y libres de materia orgánica se llevaron a campo y en cada varilla se amarraron 2 fragmentos de coral (Fig. 3B). Durante el periodo febrero 2011 a enero 2012 con una periodicidad bimensual, se muestrearon la mitad de los fragmentos (24 por cada bimestre) y se colocaban nuevos fragmentos de esqueleto calcáreo, teniendo a lo largo del año 6 muestreos (Fig.3C). La otra mitad de los fragmentos, fue dejado durante todo el año y se hizo un muestreo anual, cuando se colectaron se colocaron en bolsas plásticas, se cerraron en el sitio y se transportaron en una hielera hasta el laboratorio.

La temperatura fue registrada *in situ* cada quince minutos durante todo el periodo de muestreo, con un termógrafo HOBO-Pendant® fijado a una colonia cercana a las estructuras artificiales.

### **6.3 Trabajo de Laboratorio**

Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de Ecología Marina en el Instituto de Investigaciones Costeras, en donde fueron preservados a -20°C hasta su procesamiento. Posteriormente, se descongelaron individualmente a temperatura ambiente y se inició la separación manual de los invertebrados presentes. Los organismos se separaron a nivel de clase y fueron preservados en alcohol al 70%.

La identificación se llevó a cabo utilizando dos microscopios estereoscópicos Olympus® SZ-ST y Stemi DR 1040, y un microscopio óptico LABO® JAZ-ANZ, con el apoyo bibliográfico de Miner (1950), Schultz (1969), Smith (1967), Brusca y Brusca (1990), Ruppert y Barnes (1995).

Para determinar las densidades de las algas, estas fueron extraídas completamente del fragmento de coral, se clasificaron las algas a nivel de grupo funcional en: coralina, filamentosa y macro algas, e individualmente fueron secados en la estufa a 60° C durante 1 día, y se utilizaron charolas de aluminio previamente pesadas y así determinar el peso seco de las algas en gramos.

Asimismo, se determinó el área total del fragmento, esto con el fin de que los datos de abundancia de organismos fueran comparables entre muestras. Para este fin, se utilizó el método descrito por Marsh (1970) utilizando papel aluminio, el cual consistió en establecer inicialmente la relación peso-área del papel aluminio a utilizar. Posteriormente, cada fragmento fue envuelto, sin dejar espacios ni encimar el papel en ningún punto. Posterior a ser cubierto el total del papel fue pesado y por cada fragmento se obtuvo el área. De cada clase de invertebrados se determinó la densidad obteniendo el número de individuos por periodo dividiéndolo por el área del fragmento (cm<sup>2</sup>). Asimismo, se determinó la variación estacional de los grupos de algas, esta se obtuvo dividiendo el peso seco de las algas entre el área del fragmento (cm<sup>2</sup>). Los resultados están reportados como su media  $\pm$  error estándar (EE).

A los datos de temperatura obtenidos *in situ* del termógrafo se les calculó la media por mes. Los resultados fueron graficados en función de su media  $\pm$  error estándar (EE).

#### **6.4 Análisis Estadístico**

Los datos obtenidos fueron analizados con el programa SigmaPlot® ver. 11.0 para Windows y fueron analizados individualmente por clase, evaluando el efecto de los cambios anuales de temperatura sobre su abundancia; debido a que los datos no eran normales, ni homocedásticos se aplicó una prueba de ANOVA por rangos (Kruskall–Wallis,  $p=0.001$ ). Con el fin de establecer cuál grupo bimensual marcó la diferenciase hicieron pruebas *a posteriori* con la prueba Dunn ( $p<0.05$ ) y para determinar si entre todos los muestreos habían diferencias se utilizó la prueba de Tukey ( $p<0.001$ ) a posteriori (Zar, 1999), de igual forma se hicieron pruebas de correlación simple ( $p<0.05$ ) utilizando el programa Statistic 5.1.

Asimismo, se calculó el porcentaje de contribución de cada una de las clases presentes durante los muestreos realizados. Cabe señalar que debido a la naturaleza de los datos, para el tratamiento estadístico solamente se consideraron aquellas clases que presentaban las mayores abundancias.

## VII. RESULTADOS

En total, fueron contabilizados 101,756 organismos presentes en 8566.7 Cm<sup>2</sup> de sustrato disponible, los micro-invertebrados colectados pertenecen a dos reinos, 10 phyla y 20 clases (Cuadro 1). De igual manera, se identificaron 5 grupos de algas presentes en los fragmentos de coral, durante los muestreos bimensuales y anuales, estas fueron: alga costrosa, alga roja, tapete alga, ulva y alga coralina.

Cuadro 1. Listado de las clases de invertebrados encontradas durante todos los muestreos. Se especifica cuáles de los grupos fueron incluidos en la gráfica de contribución.

Reino	Fila	Clase	Incluido
Protista	Rhizophoda	Granoreticulosia	Si
Animal	Cnidaria	Hydrozoa	No
		Anthozoa	No
	Nemertea	Anopla	No
	Nematoda	Aphasmida	No
	Annelida	Polychaeta	Si
		Mollusca	Polyplacophora
		Gastropoda	Si
		Bivalvia	No
		Monoplacophora	No
	Arthropoda	Arachnida	No
		Pycnogonida	No
		Malacostraca	Si
		Ostracoda	Si
		Maxillopoda	Si
		Insecta	No
		Echinodermata	Echinoidea
	Ophiuroidea		No
	Holoturoidea		No
	Bryozoa	Gymnolaemata	No

Las clases de invertebrados que representaron la mayor contribución y abundancia fueron Malacostraca (32,454 individuos), Ostracoda (20,520 individuos), Gastropoda (13,806 individuos), Granoreticulasia (11,186 individuos), Maxillopoda (10,518 individuos) y Polychaeta (7,230 individuos). (Fig. 4); los cuales además de presentar una alta abundancia también estuvieron presentes durante todo el año de muestreo.

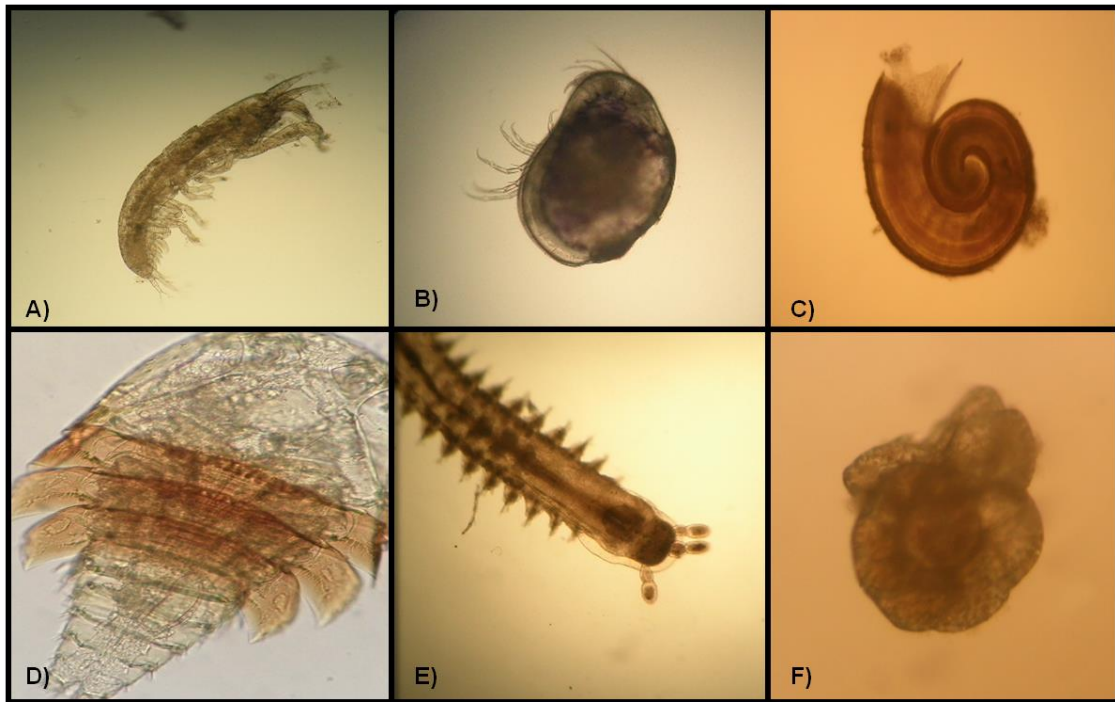


Fig. 4. Clases de invertebrados que presentaron una contribución importante y una mayor densidad durante los muestreos. A) Malacostraca, B) Ostracoda, C) Gastropoda, D) Maxillopoda, E) Polychaeta y F) Granoreticulasia

Estas cinco clases representa ~90% del total de individuos en las muestras, las otras clases en conjunto representan aproximadamente el 10% de abundancia total (Fig.5). Aquellos invertebrados de diferentes órdenes taxonómicos con abundancias bajas se enlistan a detalle en el Cuadro 1.

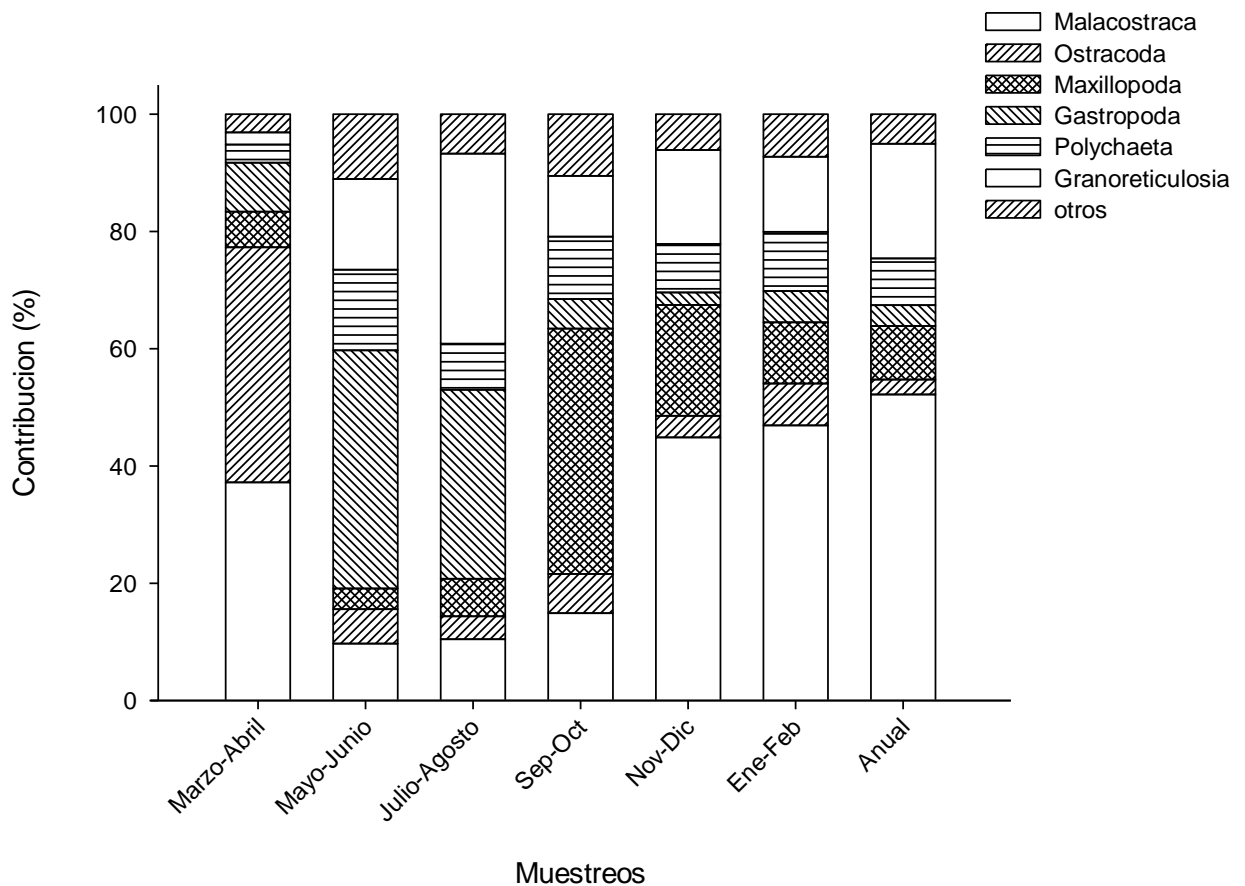


Fig.5. Porcentaje de contribución de las clases de micro-invertebrados más abundantes a lo largo de todo el periodo de muestreo. Cada barra representa los muestreos bimensuales, así como su resultado anual

Los 5 grupos (Malacostraca, Ostracoda, Maxillopoda, Gasteropoda, Polychaeta, Granoreticulasia) que tuvieron presencia durante todo el año, presentaron una variación estacional (Kruskall–Wallis,  $H= 6975.698$ ,  $p<0.001$ ) con diferencias significativas entre todos los bimestres muestreados (Tukey,  $p<0.001$ ). Los detalles de la variación de cada clase se explican a continuación.

La clase Malacostraca (Crustacea) presentó su mayor densidad en los meses de Marzo-Abril ( $11.49 \text{ Ind/cm}^2$ ) y los valores más bajos durante los meses de Septiembre-Octubre con  $0.83 \text{ Ind/cm}^2$  (Fig. 6A). Las diferencias estadísticas en esta clase (Kruskall–Wallis,  $H= 58.450$ ,  $p<0.001$ ) se calcularon para los bimestres de Marzo-Abril que son diferentes a todos los meses de muestreo (Dunn  $p<0.05$ ) y los meses de Enero-Febrero con Septiembre-Octubre (Dunn  $p<0.05$ ).

En el caso de los Ostrácodos (Crustacea) se observó su máximo durante los meses de Marzo-Abril ( $12.45 \text{ ind/cm}^2$ ), periodo a partir del cual hubo un decremento gradual hasta presentar su punto más bajo durante el muestreo

anual de 0.191 ind/cm<sup>2</sup> (Fig. 6A). Dentro de la clase, hubo diferencias significativas (Kruskall–Wallis, H=71.504, p<0.001), generando dos grandes grupos estacionales desde Marzo hasta Julio y otro de Septiembre hasta el muestreo anual (Dunn p<0.05).

La clase Gastropoda (Mollusca) presentó mayor densidad durante el periodo de Mayo-Abril (6.9 ind/cm<sup>2</sup>), teniendo un decremento en Noviembre-Diciembre de 0.16 ind/cm<sup>2</sup> (Fig. 6A) y diferencias a lo largo de todos los periodos de muestreo (Kruskall–Wallis, H= 77,411, p<0.001). Los meses que presentaron diferencias significativas fueron los meses de Julio-Agosto que son diferentes con respecto a los meses de Septiembre hasta el muestreo anual (Dunn p<0.05), los meses de Marzo-Junio que son diferentes con Noviembre hasta el muestreo anual (Dunn p<0.05), finalmente existe diferencia entre los muestreos de Septiembre-Octubre con el muestreo de Noviembre-Diciembre (Dunn p<0.05).

Por otro lado, la clase Maxillopoda (Crustacea) presentó una mayor densidad durante los muestreos de los meses de Septiembre-Octubre (2.29 ind/cm<sup>2</sup>) y los meses donde presentó una densidad menor durante Mayo-Junio de 0.62 ind/cm<sup>2</sup> (Fig. 6B). Los meses que presentaron diferencias estadísticas (Kruskall–Wallis, H= 25,981, p<0.001) fueron los meses de Septiembre-Octubre que son diferentes a Julio-Agosto (Dunn p<0.05) y una diferencia entre el anual con los periodos de Septiembre-Octubre y Marzo-Abril (Dunn p<0.05).

La clase Polychaeta (Annelida) presentó una densidad muy constante durante todos los muestreos realizados, y su pico máximo fue durante los meses de Mayo-Junio (2.49 ind/cm<sup>2</sup>), presentando una menor densidad en Noviembre–Diciembre de 0.57 ind/cm<sup>2</sup> (Fig. 6B). Los meses que presentaron diferencias estadísticas (Kruskall–Wallis, H= 35.28, p<0.001), fueron los meses de Julio y Agosto que son diferentes con todos los muestreos realizados (Dunn p<0.05).

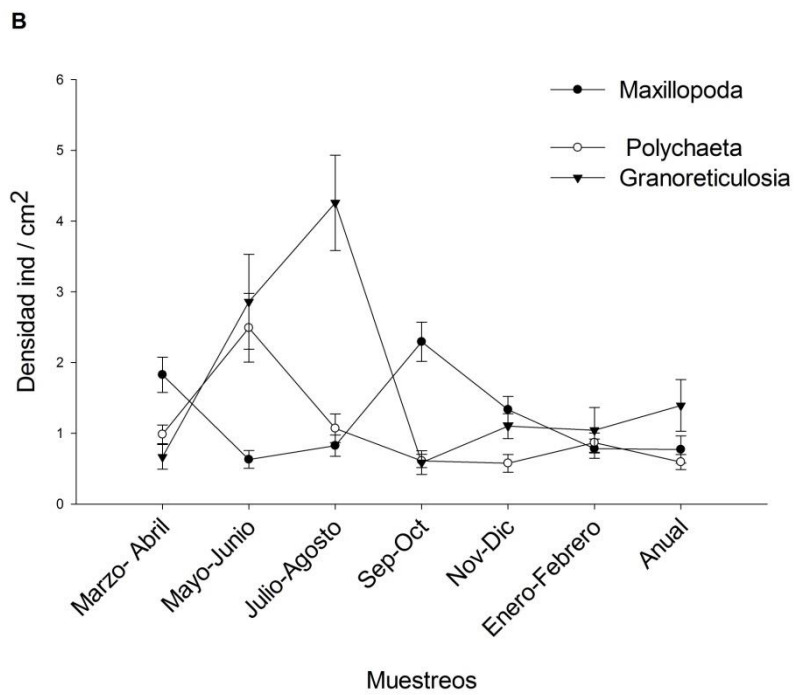
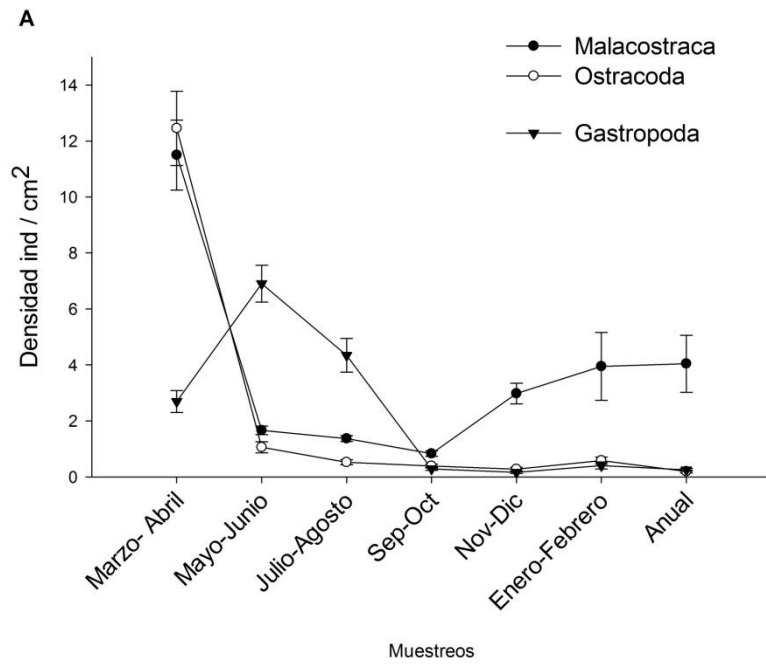


Fig.6. Densidad calculada para las diferentes clases de invertebrados presentes durante los muestros A) Malacostraca, Ostracoda y Gastropoda. B) Maxillopoda, Polychaeta y Granoreticulosia. Los resultados se presentan como densidad (ind/cm<sup>2</sup>) ± error estándar.

El pico máximo de la clase Granoreticulasia (Rhizophoda) se presentó durante los meses de Julio-Agosto (4.25 ind/cm<sup>2</sup>) y en los meses de Septiembre-October se presentó la densidad más baja de 0.58 ind/cm<sup>2</sup> (Fig. 6B). Las diferencias estadísticas entre meses (Kruskall–Wallis, H= 35,287, p<0.001) están determinadas por los muestreos de Marzo-Abril que son diferentes con respecto a Mayo-Junio, Julio-Agosto y Enero-Febrero (Dunn p<0.05). Asimismo, el muestreo anual y noviembre-diciembre, presentó diferencias con respecto a Julio-Agosto (Dunn p<0.05).

Por otro lado, los organismos que presentaron las densidades más bajas como las clases Holothuroidea (0.14 ind/cm<sup>2</sup>) y Ophiuroidea (Echinodermata) (0.10 ind/cm<sup>2</sup>) siendo sus picos máximos de densidad durante los muestreos de Mayo-Junio, la clase Echinoidea presentó una densidad muy baja siendo los meses de Julio-Agosto (0.02 ind/cm<sup>2</sup>) cuando presentó una mayor densidad (Fig.7A). Finalmente, la clase Arachnida presentó mayor densidad en los meses de Septiembre-October (0.25 ind/cm<sup>2</sup>), mientras que la clase Aphasmda lo presentó en los meses de Mayo–Junio (0.65 ind/cm<sup>2</sup>) y los bivalvos presentaron valores mínimos de densidades que fueron, constantes a lo largo de todo el año, siendo sus picos máximos de densidad durante los meses de Noviembre- Diciembre (0.09 ind/cm<sup>2</sup>), (Fig.7B).

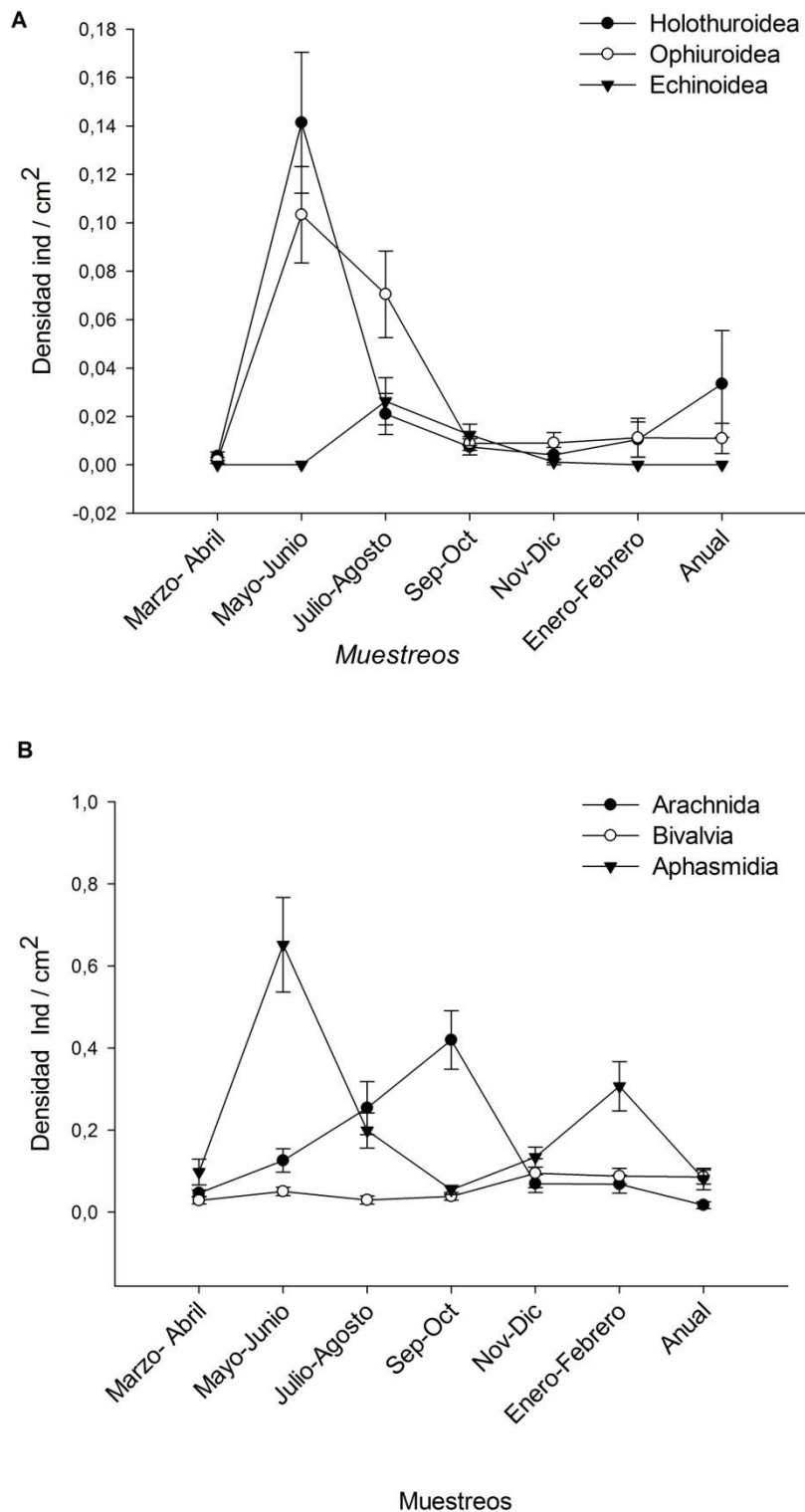


Fig.7. Densidades de las clases de invertebrados presentes durante los muestreos, A) Holothuroidea, Ophiuroidea y Echinoidea. B) Arachnida, Bivalvia y Aphasmdia, Los resultados se presentan como densidad (ind-cm<sup>-2</sup>) ± error estándar.

Con respecto a las algas encontradas adheridas al sustrato de reclutamiento se encontró que el único grupo que presentó un peso seco

considerable fue alga costrosa, los otros grupos presentan un peso muy bajo por lo cual no se tomaron en cuenta para graficar su variación estacional.

El alga costrosa presentó su pico de densidad en los meses de Septiembre-Octubre ( $0.2242 \text{ gr/cm}^2$ ), teniendo una relación positiva pero la cual fue poco significativa con las temperaturas altas ( $P < 0.60$ ), (Fig. 8).

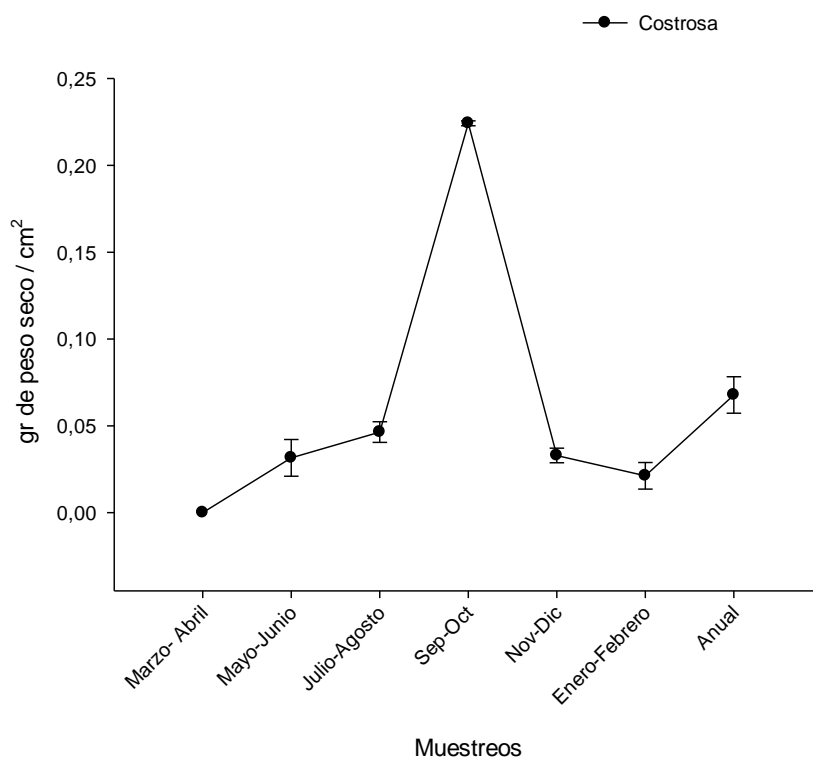


Fig. 8. Variación estacional de alga costrosa a lo largo de todo el periodo de muestreo. Los datos se presentan como la media en gramos de peso seco  $\pm$  error estándar.

En el sitio de muestreo, se encontró que la temperatura promedio fue de  $25.74 \pm 0.15 \text{ }^\circ\text{C}$ . Los meses con temperaturas más bajas fueron durante Febrero ( $19.34 \pm 0.02 \text{ }^\circ\text{C}$ ) y Abril ( $20.8 \pm 0.02 \text{ }^\circ\text{C}$ ) del 2011, mientras que los meses con las temperaturas más altas Agosto, Septiembre y Octubre 2011 superiores a los  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  (Fig. 9).

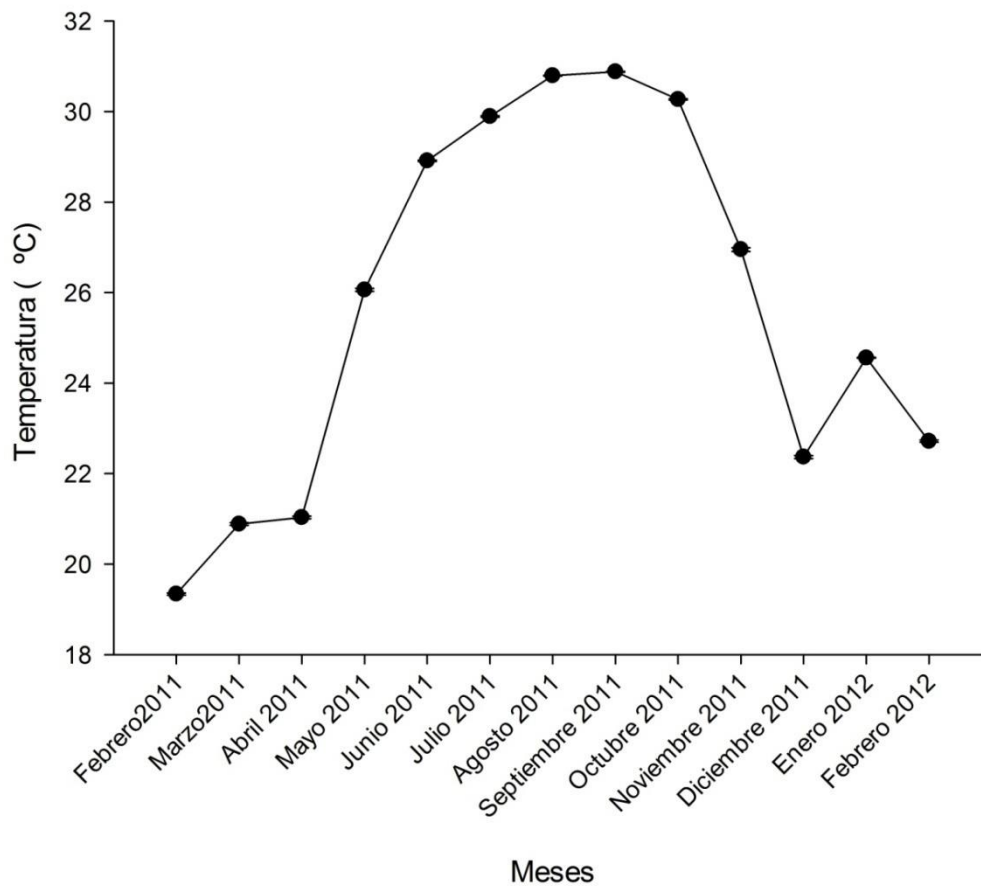


Fig. 9. Temperatura promedio registrada durante los meses de Febrero 2011-Febrero 2012. Los datos se presentan como la media  $\pm$  error estándar.

Con el fin de relacionar los datos de abundancias de las clases con los registros de temperatura *in situ* se realizó una correlación simple (Cuadro 2). En base a los resultados se determinó que la clase Malacostraca ( $P < -0.75$ ) presenta una tendencia negativa con respecto a la temperatura al aumentar su densidad en los meses con temperaturas más bajas cercanas o inferiores a 20 °C; por otro lado grupos como la clase Ostrácoda ( $P < -0.60$ ) a pesar de presentar una correlación negativa con respecto a la temperatura ésta no es significativa. Por otro lado, el grupo de algas costrosa presenta una correlación positiva pero no significativa con la temperatura ( $P < 0.60$ ), al aumentar el número de organismos por área, durante los meses cálidos con temperaturas superiores a 30°C.

Cuadro 2. Correlación simple ( $P < 0.5$ ), entre las diferentes clases de organismos y la temperatura superficial del agua, (\*) indica los grupos que presentaron diferencias significativas.

	Temperatura									
<i>Temperatura</i>	1	Malacostraca								
<i>Malacostraca</i>	-0.75*	1	Ostracoda							
<i>Ostracoda</i>	-0.60*	0.92*	1	Maxillopoda						
<i>Maxillopoda</i>	0.29	0.24	0.40	1	Gastropoda					
<i>Gastropoda</i>	-0.17	-0.08	0.14	-0.39	1	Polychaeta				
<i>Polychaeta</i>	-0.27	-0.14	0.03	-0.44	0.91*	1	Granoreticulasia			
<i>Granoreticulasia</i>	0.23	-0.43	-0.30	-0.60*	0.72*	0.51	1	Algas		
<i>Algas</i>	0.63*	-0.49	-0.35	0.61*	-0.33	-0.29	-0.26	1		

## VIII. DISCUSIÓN

La comunidad coralina del PNIM se caracteriza por tener una gran diversidad de clases de invertebrados, de las cuales las que presentaron la mayor abundancia fueron Malacostraca, Ostaracoda, Gasteropoda, Granoreticulasia, Maxillopoda y Polychaeta, estos grupos son abundantes en otras comunidades con composición de organismos similares (Cigiliano, 2010; Kelaher *et al.*, 2006). El hecho de encontrar una alta abundancia de micro-invertebrados a lo largo de todo el año está relacionada entre otras cosas con un continuo reclutamiento (Nybakken, 1997). El que exista una alta densidad de organismos es importante ya que tanto por su tamaño como por su rol trófico son la base de alimentación de muchos de grupos de vertebrados e invertebrados marinos asociados (Karlson, 1999).

Por otro lado, las condiciones oceanográficas de la región promueven que exista una gran cantidad de recursos disponibles para el mantenimiento de las poblaciones de micro-invertebrados durante la mayor parte del año. El área de estudio se encuentra en una zona de transición entre las regiones biogeográficas: región del golfo de California y región del Pacífico Norte, generando condiciones oceanográficas mixtas que permite el que cohabiten especies que se encuentran en los límites sureño y norteño de su distribución respectivamente (Lara-Lara *et al.*, 2008). La continua mezcla de las masas de agua promueve una alta diversidad, abundancia de organismos y recursos en la zona de estudio, por lo que se espera que aunque cambien las abundancias entre las clases, estas presenten un continuo reclutamiento. En el presente trabajo se observó que en algunas de las clases existe un patrón entre los cambios de la abundancia y las variaciones anuales en la temperatura superficial del mar. Se sabe, que la temperatura es uno de los factores más importantes que determinan los diferentes procesos fisiológicos en los organismos tales como el crecimiento, reproducción e inclusive supervivencia (Olson, 1993). Asimismo, otras variables como los nutrientes, condiciones de turbidez y turbulencia, afecta tanto a los animales, como a los recursos bióticos disponibles en la región y los diferentes grupos de algas los cuales son un recurso directo tanto de refugio como de alimentación para los invertebrados marinos (Dawes, 1996). Por lo que es de esperarse que las variaciones

anuales de temperatura influyan en los organismos tanto en sus procesos fisiológicos y en sus densidades, como en los resultados del presente trabajo en el cual se observaron que algunas clases presentaron una tendencia negativa con respecto a la temperatura.

La clase Malacostraca se caracteriza por alimentarse de fitoplancton ya que son filtradores principalmente (Glynn y Enoch, 2011). Los datos muestran que en el mes de Marzo-Abril presenta una densidad alta, que se presenta nuevamente durante los meses fríos. En la región, durante los meses de invierno se presenta el fenómeno de surgencias (García-Reyes 2005), las cuales son aguas frías con una gran cantidad de nutrientes, lo cual promueve que haya más disponibilidad de alimento y en consecuencia, recursos suficientes para mantener una alta densidad poblacional.

En la clase Ostrácoda se detectó un punto máximo de Marzo a Abril y un posterior decremento abrupto en los individuos, que se mostró constante a lo largo del año, se sabe que todos los organismos tienen una reacción ante los cambios anuales de temperatura, que afecta principalmente su fisiología, tanto su reproducción, alimentación etc., y cuando se presentan fenómenos anómalos como el fenómeno del Niño de la Niña, dependiendo de los grupos de organismos estos pueden afectar su abundancia. Durante inicios del 2011 se presentó un fenómeno de La Niña (NOAA, 2012), generando condiciones de anomalías térmicas negativas por la influencia estacional de surgencias (McPHaden, 2004), promoviendo un incremento en el aporte de nutrientes, y dado que esta clase se caracteriza por ser principalmente filtradores (Sheppard, 2010), el aumento de nutrientes genero condiciones óptimas durante los meses con temperatura bajas manteniendo una alta densidad poblacional.

Cada clase presenta un grado diferente de sensibilidad ante las variaciones térmicas, modificando su abundancia según la temporada del año, fenómeno observado en otros trabajos como los estudios sucesión y reclutamiento de Greene y Schoener (1982) y la revisión sobre la relación de la temperatura con los patrones de asentamiento de O'connor *et al.* (2007). Por todo esto, no se puede generalizar que este sea el comportamiento anual normal de estas clases, ya que aunque estos organismos estacionalmente son

beneficiados por las temperaturas bajas, durante el periodo de muestreo, tuvieron densidades poblacionales mucho más elevadas de las que es esperadas normalmente ya que la anomalía térmica promovió un periodo más largo de condiciones óptimas para el reclutamiento de los Malacostracos y Ostracoda.

Por el contrario en la clase Gastropoda y la clase Granoreticulasia no se observa un cambio significativo en sus abundancias con respecto a la temperatura. En el caso de la clase Gastropoda lo cual contrasta con los estudios que ha sido reportado, en el que describen un efecto positivo del aumento de la temperatura sobre los moluscos (Moreno, 2004). Una de las características distintivas de estos dos grupos es su alimentación herbívora, principalmente de macro algas (Sorokin, 1993); las gasterópodos son un grupo muy diverso, por lo cual tienen una amplia disponibilidad de recursos para su alimentación. (Sheppard, 2010), lo cual facilita su alimentación, por lo tanto la persistencia en la densidad de estos organismos.

Dentro de las clases de invertebrados que presentaron una mayor densidad fue la clase Polychaeta, teniendo su pico de densidad durante el muestreo de Mayo a Junio donde se presenta una temperatura cercana a los 26°C, y manteniéndola constante a lo largo del año. Esta permanencia se puede asociar a su alta resistencia ante las variaciones de temperatura (Sorokin, 1993) por lo cual, sus densidades no se ven afectadas ante cambios drásticos en las variaciones de temperatura. Sin embargo no hay muchos trabajos que caractericen a este grupo en la región, por lo cual sería necesario hacer más estudios, en específico con esta clase en la zona de estudio.

Por otro lado, en la clase Maxillopoda su densidad disminuye desde el mes de Mayo hasta Agosto en comparación con Marzo- Abril. Sin embargo el pico máximo de la densidad de esta clase lo presentó durante los meses de Agosto - Septiembre, esto puede estar relacionado directamente con el gran número de algas costrosas fijadas al sustrato durante ese mismo periodo, por lo cual se vio beneficiado directamente por el refugio que las algas le proporcionan al igual que su alimentación, ya que se vería beneficiada directamente por el aumento de nutrientes, por lo que estaría relacionado con el incremento en las densidades de esta clase durante esos meses (Dawes, 1996).

A pesar de lo esperado, la clase Echinoidea se presentó con una densidad muy baja. Los equinodermos son un grupo muy importante dentro de las comunidades coralinas (Aramburu-Vizcarra et al., 2008; Solís-Marín et al., 2013), y se sabe que en las comunidades coralinas presentan una alta abundancia (Glynn y Enochs, 2011); este grupo aunque presenta altas fecundidades y una etapa larvaria corta, por lo cual alimenta al sistema con nuevos individuos a lo largo de todo el año al momento del asentamiento necesita una mayor disponibilidad de espacio (Brusca y Brusca, 1990), el cual en algunos casos es específicos como fondos arenosos u oquedades (Nybakken, 1997), por lo que es posible el sustrato de reclutamiento utilizado no fue el óptimo para estos organismos así como la disponibilidad del espacio, sin que esto refleje necesariamente su abundancia real dentro del ecosistema.

Asimismo, contrario a lo esperado, no se encontró ninguna de las clases más abundantes se encontró una relación con la presencia de macro-algas. Como se mencionó anteriormente, las macro algas, el tapete alta y las algas coralinas sirven como sustento alimenticio y refugio (Dawes, 1996; McCook, 1996) que se ve reflejado en la diversidad de la fauna (Kelaher et al., 2006). Sin embargo, aunque no se haya encontrado una relación directa con los organismos, no se debe de eliminar como un factor importante, ya que puede tener una relación indirecta, que sería importante estudiar más adelante a detalle.

Finalmente, en el caso del resto de las clases que representaron menos del 10% de la contribución total, no se encontró una relación ni con la temperatura ni con el tipo de sustrato. Se sabe que estos grupos no son muy abundantes en las comunidades coralinas, aunque no presenten grandes abundancias no quiere decir que la importancia que tienen dentro de las comunidades sea menor que las clases más abundantes (Glynn y Enochs. 2011), siendo esta la principal razón por la cual no se encontraron abundancias altas de estos organismos, y sin embargo puede estar relacionado de igual forma a que el sustrato que se utilizó no sea el adecuado para el asentamiento de estas clases.

Se sabe que la temperatura es uno de los factores que tienen mayor influencia sobre los procesos fisiológicos de los organismos como la reproducción y por consecuencia, en el reclutamiento de los organismos (Caso *et al.*, 1993). Sin embargo, en el presente estudio se encontró que para la mayoría de las clases no se presenta una correlación positiva o negativa con la fluctuación anual de la temperatura. Esto se debe a que si bien la temperatura es esencial, no es un factor único; Los organismos por su tipo de reproducción y alimentación dependen de otros factores bióticos como son la disponibilidad de nutrientes, y abióticos como el efecto del oleaje, corrientes salinidad, pH, turbidez, entre otros (Keough y Downes, 1982), por lo que si bien la temperatura tuvo un efecto sobre el reclutamiento de los organismos permitiendo generar una primera aproximación tanto de la diversidad de organismos como de su abundancia a lo largo del año, es importante considerar para futuros estudios otros factores importantes en la biología reproductiva de los organismos.

El tipo de sustrato utilizado permitió reclutar grupos específicos; sin embargo no se debe de considerar a estos, como la totalidad de los micro-invertebrados asociados a la comunidad coralina de la región, ya que muchos grupos de organismos están asociados a sustratos específicos como rocas, arena, u otros grupos de macro algas para su asentamiento (Nybakken, 1997). Sin embargo, a pesar de sus limitaciones, la metodología empleada en el presente estudio, nos permitió conocer ya evaluar una gran diversidad de grupos de invertebrados marinos de tallas muy pequeñas que son difíciles de estudiar, utilizando un método poco invasivo y que no comprometa colonias de coral adultas.

La región del Pacífico Central Mexicano, además de ser una zona de transición entre diferentes masas de agua que generan condiciones oceanográficas mixtas, es afectada por fenómenos incrementos en la temperatura como El Niño o bajas en la temperatura por La Niña, estos eventos han causado condiciones muy diferentes y en su mayoría consideradas como estresantes en años a veces consecutivos (IPCC 2007). Por lo cual, es importante darle continuidad al estudio de reclutamiento, ya que debido a la irregularidad en las variaciones de temperatura, los cambios en las densidades de los micro-invertebrados pueden ser aún mayor y esto en consecuencia, afectar la estructura comunitaria regional.

## **XV. CONCLUSIONES**

- En total se contabilizaron 101,756 organismos, pertenecientes a 2 reinos, 10 phyla y 20 clases. Las clases de invertebrados que presentaron una contribución importante y una mayor densidad durante los muestreos fueron Malacostraca, Ostracoda, Gasteropoda, Maxillopoda, Polychaeta y Granoreticulosia.
- Los datos obtenidos en el presente estudio nos permite tener un primer panorama acerca de cómo influye a nivel de comunidades en los micro-invertebrados marinos, las variaciones de temperatura en las Islas Marietas. igualmente se determinó que la temperatura es un factor que influye en la variabilidad anual en el reclutamiento de los micro-invertebrados marinos. Sin embargo, puede presentar una baja significancia debido a que además de la temperatura, existen otros factores que están determinando la presencia de los grupos en la región.
- Se determinó que dentro de los grupos bentónicos asociados al sustrato, la presencia de las algas cotrosas no tiene una relación directa con las densidades de los micro-invertebrados, por otro lado la clase Maxillopoda si presento relación positiva con las macro-algas. La alta abundancia y biodiversidad de organismos en la zona de estudio, está relacionada con las diferentes condiciones ambientales que se presentan en el sitio (principalmente la temperatura), y que están directamente relacionadas con las características oceanográficas de la región.
- La matriz arrecifal (fragmentos de coral) es un sustrato disponible para diferentes grupos bentónicos. Debido a su disponibilidad en el sistema, y a las condiciones ambientales, es reconocido por los organismos como un buen sustrato de reclutamiento.
- Los datos presentados contribuyen al conocimiento de la biodiversidad a nivel de clase de los organismos asociados a la comunidad coralina del Parque Nacional Islas Marietas.

## **X. BIBLIOGRAFÍA.**

- Addessi L. 2001. Giant clam bleaching in the lagoon of Takapotoatoll (French Polynesia). *Coral Reefs*, 19: 220.
- Aramburu-Vizcarra G., Calderón-Aguilera L. E., Chávez-Ortiz E., Cupul-Magaña A. L., Navarrete A. J., González-Gándara C., Herrero-Perezrul D., Iglesias Prieto R., López Pérez A., Pérez-España H., Reyes-Bonilla H. y Carricat-Ganivet J. P. 2008. La importancia de los arrecifes de coral en México. *Ecofronteras*. 34: 2-5.
- Attrill M.J., Strong, J.A., Rowden, A.A. 2000. Are macroinvertebrate communities influenced by structural complexity? *Ecography* 23: 114-121.
- Brusca R. C. y Brusca G. J. 1990. Invertebrates. Sinauer Associates. Sunderland, MA. 922 pp.
- Buck BH, Rosenthal H, Saint-Paul U. 2002. Effect of increased irradiance and thermal stress on the symbiosis of *Symbiodinium microadriaticum* and *Tridacna gigas*. *Aquatic Living Resources*. 15: 107–117.
- Caley MJ, Carr MH, Hixon MA, Hughes TP, Jones G.P., Menge BA. 1996. Recruitment and the local dynamics of open marine populations. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 27: 477–500
- Carlson D. V. y R. R. Olson, 1993. Larval dispersal distance as explanation for adult spatial pattern in two Caribbean reef corals. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 173:247-263.
- Carriquiry J.D. y Reyes-Bonilla, H. 1997. Estructura de la comunidad y distribución geográfica de los arrecifes coralinos de Nayarit, Pacífico de Mexicano. *Ciencias Marinas*. 23: 227-248.
- Caso M.E., Laguarda-Figueras A., Solís-Marín F. A., Ortega-Salas A. y Durán-González A. L. 1993. Contribución al conocimiento de la ecología de las comunidades de Equinodermos de la Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. *Anales Del Instituto De Ciencias Del Mar y Limnología*. UNAM. 22:101-119.

- Cigliano M., Gambi M. C., Rodolfo-Metalpa R., Patti F. P., Hall-Spencer J. M. 2010. Effects of ocean acidification on invertebrate settlement at volcanic CO<sup>2</sup> vents. *Marine Biology*. 157:2489–2502.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), 2007. Programa de conservación y manejo, Parque Nacional Islas Marietas, México. *México*. 155 pp.
- Cruz-García R., Cupul-Magaña A., Hendrickx E. M. y Troncoso-Rodríguez A.P. 2013. Abundance of three species of isopoda (peracarida, isopoda) associated with a coral reef environment in Pacific Mexico. *Crustaceana* 86 (13-14) 1664-1674.
- Dawes C. J. 1996. Botánica Marina. Editorial Limusa, México. 477-499. pp
- Filonov A., Monzon C., Tereshchenko I. 1996. On the conditions of internal tide wave generation along the west coast of Mexico. *Ciencias Marinas* 22: 255-272.
- Fujisawa H. y Shigei M. 1990. Correlation of embryonic temperature sensitivity of sea urchins with spawning season. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 136: 123–139.
- García-Reyes M. 2005. Procesos físicos que controlan la variabilidad estacional de la temperatura superficial del mar y de la concentración de clorofila en la entrada al Golfo de California. Tesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 78 pp.
- Gaviño G. y Uribe Z. 1980. Distribución poblacional y época de la reproducción de las aves de las Islas Tres Marietas, Jalisco, México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología Universidad Nacional Autónoma de México*. 51: 505-524.
- Gaylorda B., Hodinb J. y Fernerc M.C. 2013. Turbulent shear spurs settlement in larval sea urchins. *PNAS*. 110: 6901-6906
- Glynn P. W y Enoch'sl. C. 2011. Invertebrates and Their Roles in Coral Reef Ecosystems En: *Coral Reefs: An Ecosystem In transition*, Z. Dubinsky y N. Stambler (eds.). *Springerlink*. 275-279 pp.

- Greene C. H. y A. Schoener.1982. Succession on Marine Hard Substrata: A Fixed Lottery. *Oecologia*. 55:289-297.
- Harrington L., Fabricius K., De'ath G. y Negri A. 2004. Recognition and selection of settlement substrata determine post-settlement survival in corals. *Ecology* 85:3428–343.
- Heyward A. J., Negri A.P.1999. Natural inducers for coral larval metamorphosis. *Coral Reefs* 18:273–279.
- Helmuth B., Broitman B.R., Blanchette C. A., Gilman S.E., Hapin P., O'Donnell M.J., Hofmann G.E., Menge E. y Strickland D. 2006. Mosaic patterns of thermal stress in the Lathlean & Minchinton: Thermal stress on rocky shores rocky intertidal zone: implications for climate change. *Ecological Monographs*. 76: 461–479
- Hermosillo-Núñez B.B. 2011. Relación entre el ensamblaje de Equinodermos de importancia ecológica funcional Y la estructura del hábitat Bentónico en isla Isabel, Nayarit. Universidad de Guadalajara. 61 pp.
- Hughes T. P. 1994. Catastrophes, phase shifts, and large – scale degradation of a Caribbean Coral Reef. *Science*. 265: 1547–1551.
- IPCC. 2007. Summary for policymakers. In: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL (eds.) *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, New York.
- Jessen C., Roder C., Villa Lizcano J. F., Voolstra C. R. y Wild C. 2013. In-Situ effects of simulated overfishing and eutrophication on benthic coral reef algae growth, succession, and composition in the central red sea. *PLoS ONE*. 8:e66992.
- Jessen C., Voolstra CR., Wild C.2014. In situ effects of simulated overfishing and eutrophication on settlement of benthic coral reef invertebrates in the Central Red Sea. *PeerJ*.2:e339

- Kaplan M.B., Mooney T.A., McCorkle D.C. y Cohen A.L. 2013. Adverse Effects of Ocean Acidification on Early Development of Squid (*Doryteuthis pealeii*), *PLoS ONE*. 8(5): e63714.
- Karlson R., y Hurd L. 1999. Disturbance, coral reef communities and changing ecological paradigms. *Coral Reefs*. 12: 117-125.
- Kelaher B.P., Champam M.G. y Underwood A.J. 2006. Spatial patterns of diverse macrofaunal assemblages in coralline turf and their associations with environmental variables, *Journal of Marine Biological*. 81:917-920.
- Keough M. J., y Downes B. J., 1982. Recruitment of Marine Invertebrates: the Role of Active Larval Choices and Early Mortality. *Oecologia*. 54:348-352.
- Knowlton N., y Jackson J.B.C. 1993. Inbreeding and outbreeding in marine invertebrates. En: The Natural History of Inbreeding and Outbreeding. N.W. Thornhill. 200–249 pp.
- Krieger K. G. 2001. Coral (Primnoa) impacted by fishing gear in the Gulf of Alaska. 106-116. En: Willison, J. H., J. Hall, S. E. Gass, E. L. R. Kenchington, M. Butler y P. Doherty (Eds.). Proc. First Int. Symp. DeepSea Corals. *Ecology Action Centre and Nova Scotia Museum, Halifax, Nueva Escocia*. 231 pp.
- Lara-Lara J.R., et al. 2008. Los ecosistemas marinos, En: Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. *Conabio, México*, 135-159 pp.
- Marsh J. A. 1970. Primary Productivity of Reef-Building Calcareous Red Algae. *Ecology*. 51:255-263.
- McCook L. J. 1996. Effects of herbivores and water quality on Sargassum distribution on the Central Great Barrier Reef: cross – shelf transplants. *Marine Ecology, Prog. Ser.* 179 –92.
- McPhaden M. J. 2004. Evolution of the 2002/03 El Niño. *Bulletin of the American meteorological society*. 85(5): 677-695.

- Miner R. W. 1950. Field Book of seashore life. *G. P. Putnam's Sons. New York. 888 pp.*
- Moreno C. A. 2004. Efectos de El Niño en el reclutamiento de *Concholepas concholepas* y *Tegula atra* (Mollusca, Gastropoda) en la costa de Valdivia, Chile. En *El Niño-La Niña 1997-2000. Sus Efectos en Chile.* CONA, Chile, Valparaíso. 179-189 pp.
- Nagelkerken I. 2009. Ecological Connectivity among Tropical Coastal Ecosystems. *Springer. 628 pp.*
- Nybakken J. W. 1997. Marine Biology and ecological Approach. *Addison Wesley Longman. 496 pp.*
- O'Connor M. I., Bruno J. F., Gaines S. D., Halpern B. S., Lester S. E., Kinlan B. P. y Weiss J. M., 2007. Temperature control of larval dispersal and the implications for marine ecology, evolution, and conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS).* 104:1266-1271.
- Olive PJW. 1995. Annual breeding cycles in marine invertebrates and environmental temperature: probing the proximate and ultimate causes of reproductive synchrony. *Journal of Thermal Biology* 20: 79–90.
- Parmesan C, Yohe G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421:37–42
- Ramsar. 2000. Notas Informativas sobre los Valores y Funciones de los Humedales: Mitigación del Cambio Climático. Convención de los Humedales. [http://www.ramsar.org/values\\_climate\\_s.htm](http://www.ramsar.org/values_climate_s.htm).
- Reaka-Kudla M. L. 1996. 'The global biodiversity of coral reefs: a comparison with rain forests'. En: M. L. Reaka-Kudla, D. E. Wilson and E. O. Wilson, (eds). *Biodiversity II: Understanding and Protecting Our Natural Resources.* Joseph Henry/National Academy Press, Washington DC. 83-108 pp.
- Reitzel A.M., Miner B.G., McEdward L.R. 2004. Relationships between spawning date and larval development time for benthic marine invertebrates: a modelling approach. *Marine Ecology Progress Series,* 280, 13–23.

- Ribes M., Coma R., Atkinson M.J., Kinzie R.A. 2005 .Sponges and ascidians control removal of particulate organic nitrogen from coral reef water. *Limnology and Oceanography*.50: 1480–1489.
- Richter C., Wunsch M., Rasheed M., Kotter I. y Badran M.I. 2001.Endoscopic exploration of Red Sea coral reefs reveals dense populations of cavity-dwelling sponges. *Nature*. 413: 726–730.
- Ruppert, E., y Barnes,R. 1995. Zoología de los invertebrados. *Mc Graw-Hill Interamericana*. México, D.F. 1114 pp.
- Schultz G. A., 1969. How to Know the Marine Isopod Crustaceans. W. M. C. Brown. Dubuque, Iowa. 359 pp.
- Sheppard R.C., Simon K. D. y Graham. 2010. *The Biology of Coral reefs*. Oxford. 339 pp.
- Small A.M., Adey W.H. y Spoon, D. 1998. Are current estimates of coral reef biodiversity too low? The view through the window of a microcosm. *Atoll Research Bulletin* 458: 1–20.
- Smith D. L. 1967. A guide to Marine Coastal Plankton and Marine Invertebrate Larvae. Kendall/Hunt. Dubuque, Iowa. 161 pp.
- Solís-Marín F. A., Honey-Escandón M. B. I., Herrero-Perezrul M. D., Benitez-V. F., Díaz-Martínez J. P., Buitrón-Sánchez B. E., Palleiro-Nayar J. S. y González A. D. 2013. The Echinoderms of Mexico: Biodiversity, Distribution and Current State of Knowledge. En: Echinoderm Research and diversity in Latin America. Juan José Alvarado Solís-Marín F. A. (ed). *Springer, New York*. 11-64 pp.
- Sorokin Y. I. 1993. Coral Reef Ecology. 2ndedit. *Springer, E.U.A*. 161-208 pp.
- Sotelo-Casas R.C., Cupul-Magaña, A.L. y Rodriguez-Troncoso, A.P. 2014. Primer registro del género Clunio (Diptera: Chironomidae) asociado a las comunidades coralinas de islas Marietas, México, *Revista Mexicana de Biodiversidad*.85: 14-23.
- Torrejón-Arellano, N., Ramírez-Ortíz, G., Reyes-Bonilla, H., Cupul-Magaña A.L., Herrero- Pérezrul D. 2007. Community structure of echinoderms in

the only pristine area of western Mexico. Gulf of Mexico. *Science*. 26: 166-167.

Tunesi L., G. Diviacco y G. Mo. 2001. Observations by submersible on the biocoenosis of the deep-sea corals off Portofino promontory (Northwestern Mediterranean Sea). 76-87. En: Willison, J. H. M., J. Hall, S. F. Gass, E. L. R. Kenchington, M. Butler y P. Doherty (Eds.). *Proceedings of the First International Symposium on Deep-Sea Corals. Halifax, Nueva Escocia*. 231 pp.

Wyrski K. 1965. Surface currents of the eastern equatorial Pacific Ocean. *Inter-American Tropical Tuna Commission*. IX: 269–304.

Zar J. H. 1999. Biostatistical Analysis. 4<sup>a</sup> ed. *Prentice Hall*. E. U. A. 663 pp.