



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
IZTACALA

**MORFOLOGÍA, DISTRIBUCIÓN, ABUNDANCIA Y  
BIOMASA DE ZOEAS DEL INFRAORDEN  
BRACHYURA LINNEAEUS, 1758 DEL PARQUE  
NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO Y  
DE ISLA SACRIFICIOS**

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
B I O L O G O  
P R E S E N T A

**Ariel Arias Martínez**

DIRECTOR DE TESIS  
DR. SERGIO CHÁZARO OLVERA

LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MÉXICO, 2016





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

En la escuela es donde los hombres se crían y son labrados y agujerados como piedras preciosas, y brotan y florecen como rosas y plumas preciosas.

Motecuhzoma Xocoyotzin.

Dedicatoria.

A mi madre María Luisa por apoyarme en todo momento y por ser el mejor ejemplo a seguir.

A mi niño grande Centli Quetzal por ser el motor que impulsa mis ganas de ser mejor persona cada día.

A mi hermano Luis Edgar por su interés en todos mis planes de vida.

A mis abuelos José y Victoria por permitirme una vida llena de lujos.

A la memoria de mi gran amigo Daniel Vega “Diablito” “Faquir Iraqui de Bagdad Beach” por ser el mejor sensei del mundo.

## Agradecimientos

Al doctor Sergio Cházaro Olvera por el tiempo, los conocimientos y las experiencias que me permitió disfrutar en el Laboratorio de Crustáceos.

A la maestra María de los Ángeles Sanabria Espinosa por todos los consejos, la amistad y el apoyo que compartió durante mi estancia en la universidad. Le agradezco mucho su interés en mi superación personal <3.

Al Dr. Manuel Ortiz, Dr. Horacio Vázquez-López y Biól. Carlos Bedia Sánchez por sus valiosas sugerencias que mejoraron sustancialmente el presente trabajo.

A la escuela de buceo “Buceo Fuentes UNAM” especialmente a Miguel Fuentes Cruz y Jesús Fuentes por todo el apoyo y la experiencia compartida en esa gran escuela.

A la dirección General de Asuntos del personal Académico (DGAPA-UNAM), particularmente al PROGRAMA DE APOYO A PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA- proyecto “ANÁLISIS TAXONÓMICO Y BIOECOLÓGICO DE LOS MACROCRUSTÁCEOS BENTÓNICOS ASOCIADOS A LOS PARQUES NACIONALES ARRECIFALES DEL CARIBE MEXICANO: UN ESTUDIO INTERINSTITUCIONAL” PAPIIT-IN220715, por el apoyo financiero en las actividades de campo en las áreas naturales protegidas del caribe mexicano, Quintana Roo. Numero de permiso PPF/DGOPA-051/15

## **Contenido**

Resumen .....	5
Introducción .....	6
Antecedentes.....	11
Justificación .....	19
Objetivos.....	20
Área de estudio.....	21
Material y métodos .....	24
Resultados.....	28
Discusión .....	74
Conclusión.....	81
Literatura citada .....	83

## RESUMEN

Los arrecifes de coral, son importantes ecológicamente debido a la riqueza de especies que habitan en este, donde se pueden encontrar desde organismos microscópicos hasta grandes depredadores. La fauna que habita temporal o permanentemente en los ecosistemas arrecifales es muy diversa, tal es el caso de muchas especies del Subphylum Crustacea en sus diferentes estadios de desarrollo. Las larvas de los crustáceos decápodos destacan por la gran diversidad biológica que presentan en las muestras de zooplancton recolectadas de los sistemas costeros. Los estudios sobre el desarrollo larval y ecología de braquiuros en este estadio se han incrementado en otras partes del mundo, sin embargo, en México son pocos los estudios realizados sobre estos aspectos. Dado lo anterior es que el presente trabajo tuvo como objetivo el de evaluar la composición, distribución, abundancia y biomasa de las especies de larvas zoea de braquiuros, encontrados en el zooplancton del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) e Isla Sacrificios. En el PNSAV, se colectaron muestras en 26 estaciones, dispuestas en cuatro transectos perpendiculares a la costa. Se hicieron muestreos a lo largo de tres años (2011, 2012 y 2013). En cada estación se realizaron arrastres superficiales con una red cónica estándar de 330  $\mu\text{m}$  de abertura de malla, de 1.5 m de longitud y 50 cm de amplitud de boca con un flujómetro *General Oceanics*. La recolecta de los organismos en Isla Sacrificios se realizó utilizando una trampa de luz. Se obtuvieron 1706 zoeas de *Brachyura* en los cuatro transectos y tres años de muestreo, pertenecientes a 11 superfamilias, 12 familias, 15 géneros y 14 especies. *Libinia dubia* fue la especie que presentó la mayor abundancia con 505 zoeas, representando el 29% del total de zoeas recolectadas. El transecto C presentó el valor más elevado de taxa (14) y de diversidad de Shannon H (1.766 bits/ind). En 2011 se encontraron 566 zoeas pertenecientes a 10 especies. La especie que presentó la mayor abundancia fue *Menippe mercenaria* con 177 zoeas. Los valores más altos de abundancia se presentaron en octubre con un total de 446 larvas, de las cuales 136 son de *C. sapidus* representando el 31% del total. Los meses que presentaron el valor más alto de taxa fueron agosto y octubre (8). En 2012 se encontraron 516 zoeas pertenecientes a 11 especies. Las especies que presentaron la mayor abundancia fueron *L. dubia* y *C. sapidus* con 145 zoeas representando el 28% del total cada una. Los valores de mayor abundancia, riqueza y diversidad se presentaron en el mes de mayo. En 2013 se encontraron 624 zoeas pertenecientes a 17 especies, este año presentó la mayor abundancia. *L. dubia* fue la especie que presentó la mayor abundancia con 209 zoeas. El valor más alto de abundancia se presentó en la última estación del transecto B de enero. *Libinia dubia* (505 individuos), aporta la mayor biomasa de zoeas al sistema, y es en enero cuando mayor abundancia de biomasa se registra. En Isla Sacrificios se obtuvieron 20 607 larvas zoeas de braquiuros, que pertenecen a tres Superfamilias distintas, Cryptochiridea, Majoidae, Portunoidea. De las cuales los majidos fueron los más abundantes, representando el 78% (16 058 larvas) del total, *Libinia dubia* fue la especie más abundante. Septiembre fue el mes que presentó la mayor abundancia y riqueza de especies (16 521 larvas). El periodo en que se observaron más abundancia y riqueza de organismos fue de 21:00 a 22:00 hr (10 788 larvas). El sustrato que presentó mayor abundancia y riqueza de especies fue el arenoso con 12 941 larvas. La especie con mayor biomasa fue *Bathynectes longispina* 0.000054  $\pm$  4.0X10<sup>-6</sup> Kj/g. Aunque *Libinia dubia* por el número de organismos colectados (16 058) es la especie que más biomasa aporta.

## INTRODUCCIÓN

México se encuentra dentro de los 17 países megadiversos (Mittermeier y Goettsch, 1992), característica explicada por su extensa diversidad de ecosistemas terrestres y acuáticos y su ubicación geográfica entre las regiones biogeográficas neártica y neotropical. Además, los factores como el tiempo, la estabilidad, la depredación y la competencia explican la alta riqueza específica en zonas tropicales (Sarukhán *et al.*, 2009).

La República Mexicana cuenta con un litoral de 11600 km (Contreras y Castañeda, 2004). De manera particular el estado de Veracruz ocupa el 3.7% del territorio nacional con 800 km de litoral (7.7% del total nacional) y 21 000 km<sup>2</sup> de plataforma continental (Álvarez *et al.*, 1999; Álvarez *et al.*, 2011). En la zona litoral se encuentran diversos sistemas costeros, como las lagunas costeras, estuarios, marismas y arrecifes de coral entre otros. Los ambientes arrecifales se caracterizan por ser una zona costera de alta productividad y de alta riqueza planctónica (Alldredge y King, 1977; Sorokin, 1978).

Los arrecifes de coral, son importantes ecológicamente debido a la riqueza de especies que habitan en estos, ya que se pueden encontrar desde organismos microscópicos (bacterias, hongos y microalgas) hasta grandes depredadores, como el tiburón (Calderón *et al.*, 2009). La fauna que habita temporal o permanentemente en los ecosistemas arrecifales es muy diversa, tal es el caso de muchas especies del Subphylum Crustacea.

El Subphylum Crustacea Brünnich, 1772, es el tercero más extenso y diverso del Phylum Arthropoda (Latreille, 1829) con 73 141 especies (Zhang, 2013), son parte de la fauna bentónica marina, sobre todo en estadios juveniles y adultos en mares tropicales y subtropicales, son miembros importantes del arrecife, donde se presentan numerosas interacciones intra e interespecíficas, como son: la alimentación, protección y reproducción de diversas poblaciones (Hermoso, 2007).



La Clase Malacostraca Latreille, 1802 es la más numerosa ya que contiene casi 75% de las especies de crustáceos conocidos (Ortíz *et al.*, 2007). Dentro de esta clase se encuentra el Orden Decápoda Latreille, 1802, del cual se han realizado diferentes estimaciones en cuanto al número de especies; Chace (1951) estimó 8321 especies, distribuidas en 1000 géneros; Martín y Davis (2006) propusieron un total de 7905 especies. Sin embargo, actualmente se han realizado cálculos más precisos que mencionan un total de 14756 especies distribuidas en 2725 géneros. Esto implica que en los últimos 50 años el número de especies descritas casi se ha duplicado. Cabe mencionar que también existen especies fósiles de las cuales actualmente se conocen 3300 especies (De Grave *et al.*, 2009).

Desde el punto de vista morfológico los crustáceos decápodos presentan por lo general dos planes básicos en los adultos: un plan es el de los camarones y langostas que poseen un abdomen bien desarrollado a diferencia de los braquiuros que presentan el segundo plan con el abdomen corto y plano, flexionado hacia la parte ventral. Este último grupo es el de los cangrejos verdaderos y representan casi el 47% de los decápodos con cerca de 6559 especies (De Grave *et al.*, 2009). La distribución espacial de los cangrejos alcanza su mayor diversidad en los trópicos y disminuye hacia las aguas templadas (Boltovskoy, 1999).

Muchos decápodos como los braquiuros, pasan por una etapa larvaria que se desarrolla en la columna de agua, aquí presentan distintas fases antes de obtener las características de la forma adulta que por lo general es bentónica. Este periodo es muy importante ya que es el mecanismo de dispersión y colonización de hábitats disponibles. Muchos grupos zooplanctónicos son esenciales para organismos carnívoros (peces, larvas moluscos, otros crustáceos, etc.) por formar parte de su dieta (Reeve 1975).

Las larvas de los decápodos destacan por la gran diversidad biológica que presentan en las muestras de zooplancton recolectadas de los sistemas costeros (zona nerítica, estuarios, lagunas costeras y zonas de transición entre ríos y desembocaduras). Estos crustáceos, presentan distintos estadios de desarrollo durante su ciclo de vida, entre los que se encuentran: la larva nauplio, protozoa, zoea y postlarvas (mysis en Dendrobranchiata y megalopa en Brachyura y Anomura). Cada fase se caracteriza por estructuras morfológicas que están condicionadas por la forma de alimentación y locomoción. Estos caracteres son utilizados para la identificación de cada especie en los diferentes sistemas acuáticos (Cházaro-Olvera *et al.*, 2014).

En el estado de Veracruz el Orden Decápoda Latreille, 1802 está representado por 374 especies, de estas, el 77.8% son especies marinas; 8.5%, estuarinas; 10.4%, de agua dulce; y el 3.2%, son semiterrestres. Cerca de 160 especies del Orden Decapoda (en este sitio) pertenecen al Infraorden Brachyura Linneaus ,1758 (Álvarez *et al.*, 1999; Álvarez *et al.*, 2011).

Los braquiuros se diferencian por tener una forma corta del cuerpo considerándose especializada, pueden resistir aguas salobres y dulces, también hay terrestres pero generalmente regresan al agua salada para reproducirse, dentro de este suborden se encuentran familias representativas: Portunidae Rafinesque, 1815 Calappidae De Hann, 1833, Xanthidae MacLeavy, 1838, Gecarcinidae MacLeavy, 1838 y Ocypodidae Rafinesque, 1815 (Barnes, 1996; Tavares, 2002).

Durante el desarrollo larvario, algunas especies de braquiuros pueden tener una etapa protozoa, dos o más etapas de zoea, y una etapa de megalopa (Pessani *et al.*, 2004; Cházaro-Olvera *et al.*, 2014). Cada estadio presenta características específicas, las cuales están condicionadas a los hábitos alimenticios, comportamiento ante estímulos ambientales y

modos de locomoción (McConnaughey, 1974; Barnes, 1996). Las larvas se presentan típicamente en zonas costeras, estuarios y ríos, como resultado de su comportamiento migratorio (Gore, 1985; Álvarez *et al.*, 1999).

El estadio de zoea es común en el ciclo de vida temprano de los decápodos, sus características morfológicas como cefalotórax, espina rostral, ojos compuestos, pereiópodos, pleonitos, pleópodos no desarrollados, telson y en algunas ocasiones urópodos, permiten realizar una identificación adecuada a nivel de familia (Sandifer, 1972; Boschi, 1981; Rice, 1981; Williamson, 1982; Williamson y Rice, 1996). Particularmente el estadio de zoea I presenta: ojos sésiles. Caparazón con 1 par de setas posterodorsales. Antena y anténula usualmente sin bultos en el endópodo. Los primeros dos maxilípedos son natatorios, exópodos segmentados con 4 setas distales. El tercer maxilípedo no es visible. No hay uropodos. El telson no se separa desde el sexto pleonito. Telson furcado, típicamente presenta 3 pares de setas en el borde posterior (Martin *et al* 2009). Los estudios sobre el desarrollo larval y ecología de braquiuros en este estadio se han incrementado en otras partes del mundo, sin embargo, en México son pocos los estudios realizados sobre estos aspectos.

## Antecedentes

Hyman (1924), trabajando con larvas obtenidas del plancton, documentó que las zoeas de *Sesarma* se caracterizan por la ausencia de espinas laterales en el caparazón y tener una espina diminuta en el telson. Estudios posteriores en larvas cultivadas en laboratorio, confirmaron esta observación.

Lebour (1928), examinó muestras de plancton dentro del rompeolas de Plymouth. Prestó especial atención a las formas larvarias, especialmente de los decápodos, moluscos y anélidos. La presencia de estas larvas ayudan a inferir las temporadas de reproducción de las distintas especies. También, en este trabajo se presentan las descripciones de cada especie.

Aikawa (1929), basado en el primer estadio de zoea de braquiuros, propuso una serie de características morfológicas que son de importancia sistemática para el grupo. Sobre la base de la longitud del exópodo, con relación al pedúnculo de la anténula, dicho autor distinguió cuatro tipos de antenas (A, B, C y D), de los cuales los tipos B y C corresponden a los grápsidos. En el tipo B, la longitud del exópodo es de la mitad a tres cuartos de la longitud del pedúnculo; en el tipo C, el exópodo es pequeño. En el tipo A el exópodo y el pedúnculo son de tamaño similar y se consideran más primitivos y no se producen en los grápsidos. En el tipo D considerado como una variación, no hay exópodo, mientras que el pedúnculo está limitado a un proceso espinoso.

Porter (1960), mencionó que algunas características diagnósticas de la zoea de *Menippe* son la forma y el tamaño de la antena, con un exópodo de cerca de la mitad de longitud del protópodo; la longitud total de la antena mide alrededor de la mitad de la espina rostral. El endópodo de la maxílula tiene una fórmula considerando al número de setas de 4,1 en los xántidos.

Costlow y Bookhout *et al.*, (1960), documentaron las características que permiten determinar a las zoeas de la especie *Sesarma cinereum* Bosch, 1802 la cual pertenece la Superfamilia Grapsidae. La ausencia de una espina lateral en cada furca del telson también sirvió para distinguir a las especies.

Bourdillon-Casanova (1960), describió la mayor abundancia larvaria en aguas costeras, presentó un modelo de distribución del meroplancton de crustáceos descrito para distintas áreas geográficas

Roberts (1969), estudió las larvas de varias especies de portúnidos, las describió desde el huevo hasta los juveniles. Con este trabajo fue posible identificar larvas de esta familia por lo menos a nivel de género.

Sandifer y Engel (1971), documentaron la presencia de una seta plumosa grande en el margen ventrolateral del caparazón, que es característico de las zoeas de majidos. Mencionan que la zoea de *Libinia spinosa* H. Milne Edwards, 1834 y *L. dubia* H. Milne Edwards, 1834 son similares, pero pueden diferenciarse por las espinas posterolaterales de los pleonitos 3-5, que son considerablemente más largas en *L. spinosa* (especialmente en el pleonito 3) que en *L. dubia*.

Johns y Lang (1977) encontraron que en las descripciones larvales de *L. erinacea* (A. Milne-Edwards, 1879); *L. dubia*, H. Milne Edwards, 1834; *L. spinosa* H. Milne Edwards, 1834 y *L. emarginata* Leach, 1815, el patrón del número de setas del caparazón y la armadura de los pleonitos son los caracteres más útiles. *L. erinacea* y *L. spinosa* se pueden distinguir por la presencia de espinas laterales sobre el segundo pleonito, en oposición a las pequeñas setas observadas en *L. dubia* y *L. emarginata*. Por otro lado, *L. spinosa* puede ser diferenciada de *L. erinacea* por la falta de setas en el margen ventrolateral del caparazón. La segunda zoea

de *L. emarginata*, por lo general tiene 10 setas mientras que *L. dubia* tiene solo 8 setas. De acuerdo con el tamaño, la larva de *L. dubia* es más grande que la larva de *L. emarginata*.

Scotto y Gore (1981), describieron e ilustraron las zoeas de *Troglocarcinus corallicola* Verrill, 1908, aseguran que esta larva es fácilmente reconocida por una expansión lateral con forma de ala en el cuarto pleonito.

Kurata *et al.* (1981), comentaron que la zoea de *Eurytium limosum* (Say, 1818) se caracteriza por una antena larga con un exópodo reducido. Además del brote del endópodo de la anténula y el brote del palpo maxilar inferior. *Xantho incisus* (Leach, 1814) y *Pilumnus hirtellus* (Linnaeus, 1761) presentan una rama desarrollada en la anténula en la zoea IV.

Salman (1982), publicaron para los estudios de zoea de la Subfamilia Pisinae. Los estadios larvales de *Eurynome aspera* (Pennant, 1777) se obtuvieron en el laboratorio a partir de una hembra ovígera. Muestra una especie clave de la subfamilia Pisinae. Presenta una descripción de las larvas zoea I.

Martin (1984), agrupó a seis géneros de cangrejos basándose principalmente en la morfología de la antena. Ofrece una breve descripción de cada grupo y presenta una tabla que enumera todas las zoeas conocidas en cada grupo. Proporciona una clave para la identificación de 22 zoeas en el oeste del Atlántico y el Golfo de México.

Álvarez-Cadena *et al.* (1984), llevaron a cabo muestreos de zooplancton en la zona lagunar y costera del Caribe mexicano, desde Puerto Morelos hasta Cancún. Las recolectas se realizaron de enero a diciembre de 2004 en 12 localidades. Identificaron 41 grupos del zooplancton donde los copépodos fueron los más abundantes (61%) seguidos de las larvas de equinodermos (17%) y decápodos (5%).

Stuck y Truesdale (1988) encontraron las siguientes características distintivas para portúnidos: la zoea I puede dividirse en dos grupos dependiendo de la relación entre el largo del exópodo antenal con respecto a la longitud del protópodo. El contorno dorsal del caparazón, el número de setas del endito basal y coxal de la mandíbula y la maxílula, así como el número de setas en el escafognatito y el número de estetes en la anténula entre otras características permitieron determinar a las zoeas III-VIII.

Negreiros-Fransozo *et al.* (1989), estudiaron el desarrollo de las larvas de *Persephona mediterranea* (Herbst, 1794) en laboratorio a partir de los huevos de hembras ovígeras recolectados en la costa norte del estado de Sao Paulo, Brasil. El desarrollo larvario incluye cuatro etapas de zoea y una etapa megalopa. Además, presentan ilustraciones y descripciones detalladas de la morfología externa de cada uno de los estadios larvarios.

Ingle (1992), presentaron una guía de identificación que permite determinar las larvas de algunos cangrejos braquiuros que se encuentran en el Atlántico nororiental. Incluye descripciones detalladas de la morfología de las larvas.

Cuesta y Rodríguez (1994), describieron y dibujaron el primer y segundo estadio de zoea de *Pachygrapsus maurus* (Lucas, 1846) y el segundo estadio de *P. marmoratus* (Fabricius, 1787) y *P. transversus* (Gibbes, 1850). Compararon estos estadios larvarios con otras especies del mismo género y con las descripciones previas de *P. marmoratus* (Fabricius, 1787) y *P. transversus* (Gibbes, 1850). En el segundo estadio zoea las tres especies estudiadas adquieren espinas laterales en el caparazón, lo que parece ser una característica propia del género.

Paula (1996), presentó claves para la identificación de los estadios de zoea de los cangrejos braquiuros de las costas del Atlántico europeo. Las claves incluyen 65 taxa de los cuales, 58 están determinados hasta especie

Fransozo *et al.* (1998), describen e ilustran las zoeas de la Subfamilia Grapsinae. Se pueden distinguir de los otros grapsidos por la ausencia de espinas laterales en el caparazón y la reducción del exópodo antenal a una pequeña seta. Presentan una clave para la primera etapa de zoea de la costa brasileña.

Boltovskoy (1999), realiza un estudio de la distribución geográfica y vertical de las larvas de braquiuros encontradas en el zooplancton del Atlántico sur. También describe las características de los distintos estadios que se conocen de las larvas de decápodos, como son, nauplio, protozoea, prezoea, zoea, mysis, filosoma, eryoneicus y decapodido.

Bullard (2001), presenta una compilación de las descripciones disponibles de larvas zoea y megalopa. Describe las etapas de anomuros y braquiuros que se encuentran en Carolina del norte en E. U. describe 44 especies de zoea y 34 de megalopa

Navarro-Rodríguez *et al.* (2002), analizaron la distribución y abundancia de la biomasa zooplanctónica durante un ciclo anual entre diciembre de 1995 diciembre de 1996, en la plataforma continental mexicana del Pacífico Central (Jalisco y Colima). Describieron la variación espacial y temporal, encontraron que la mayor abundancia de biomasa zooplanctónica se registró en invierno y primavera.

Josileen y Menon (2004), estudiaron las larvas de *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758), criadas en el laboratorio después de la eclosión de los huevos de las hembras ovígeras recolectada de la Bahía de Palk, sudeste de la India. Los estadios larvarios incluyen cuatro estadios zoea y una megalopa. La zoeas y megalopa fueron muy similares a los de otros portúnidos. La duración de cada una de las dos primeras etapas de zoea era de 3-4 días, las siguientes dos etapas 2-3 días, y los larva megalopa 3-5 días, llegando a la primera etapa de cangrejo en 15-17 días. Todas las etapas zoea y megalopa se describen en detalle y se documentan con ilustraciones.



Hermoso-Salazar y Arvizu-Coyotzi (2007), presentan una primera aproximación sobre la riqueza de crustáceos estomatópodos y decápodos del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), realizando un inventario faunístico de las especies registradas hasta la fecha para esta área protegida. Incluyen registros producto de muestreos realizados durante 2004 y 2005 en sedimento y en coral muerto del arrecife Hornos, isla de En medio e isla Sacrificios. El inventario incluye 177 especies de estomatópodos y decápodos, pertenecientes a 44 familias y 101 géneros, lo que representa un 63% del total de especies de crustáceos estomatópodos y decápodos marinas registradas para Veracruz. La familia con mayor riqueza específica fue Alpheidae con 23 especies, seguida por la Mithracidae con 14 especies, Portunidae con 12 especies y Xanthidae con 9 especies.

Álvarez-Cadena *et al.*, (2007), tomaron muestras de zooplancton en la costa norte del Mar Caribe Mexicano, desde Puerto Morelos hasta Cancún. Las capturas se realizaron con una red cónica de 0.4 m de diámetro, la apertura de malla fue de 30 micras. Un total de 41 grupos de zooplancton fueron identificados. Los copépodos fueron los más abundantes, componen el 61%, seguido de los equinodermos (17%) y decápodos (5%). Los decápodos estuvieron representados principalmente por las zoeas de braquiuros.

Ortiz-León *et al.* (2007), presentan la distribución temporal y espacial de *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Decapoda: Portunidae) en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. Con el fin de determinar los patrones de distribución temporal y espacial de *C. sapidus*, se realizaron muestreos durante invierno (enero-febrero), temporada de secas (mayo-junio) y lluvias (agosto-septiembre de 2002), establecieron estaciones climáticas, en 30 puntos de muestreo de la Bahía de Chetumal, agrupadas en sectores A (14 estaciones), B (ocho estaciones) y C (ocho estaciones). Los sedimentos fueron arena gruesa calcárea y arena media, blanca o ligeramente gris. Se recogieron un total de 1 031 especímenes

Medellin-Mora et al. (2009), estudiaron las larvas zoeas de decápodos de la región nororiental de mar Caribe colombiano mediante arrates colectaron el zooplancton en distintas fechas del año 1997 y 1998. Se describieron 30 familias de decápodos con base en caracteres externos como la forma del cuerpo, ojos, antenas, anténulas, caparazón, pleon, telson, número de apéndices torácicos y segmentos, así como la presencia, ausencia y conteo de espinas en cada uno de éstos. De esta forma, se elaboraron claves taxonómicas.

Souza et al. (2011), analizaron la similitud de las larvas de las especies del género *Panopeus*, mencionan que *P. africanus* (A. Milne-Edwards, 1867), *P. americanum* (Saussure, 1857), *P. austrobesus* (Williams, 1983), *P. herbstii* H. Milne Edwards, 1834, *P. meridionalis* (Williams, 1983), y *P. occidentalis* (Saussure, 1857) comparten las siguientes características: espinas dorsales y rostrales bien desarrolladas; protópodo antenal tan largo como la espina rostral; exópodo reducido con una seta, con excepción de algunas zoeas el endópodo de la maxílula con una fórmula de 1, 2+4 setas; endópodo de la maxila con ocho setas 3+2+3; el segmento proximal del endópodo del primer maxilípodo con tres setas, El segmento proximal del endópodo del segundo maxilípodo con una seta, segundo y tercer pleonitos con un par de espinas dorsolaterales.

Okolodkov et al. (2011) revisaron a partir de abril de 2007 hasta mayo de 2008, un total de 12 muestreos mensuales de plancton en nueve estaciones oceanográficas en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Realizaron arrastres horizontales con una red de 120 micras de apertura de malla para el zooplancton. En total, se analizaron 216 muestras. El ANOVA y un análisis de componentes principales mostraron variación temporal en la biomasa y los parámetros que influyen en ella. El valor más alto del número de taxa lo obtuvieron en abril y junio de 2007 y el más bajo en marzo de 2008. La biomasa dentro del parque obtuvo el pico de producción en Septiembre-Octubre al final de la temporada de lluvias.

Johnson y Allen (2012), describen las características morfológicas de las zoeas de distintas especies de braquiuros, entre estas están las zoeas de la Familia Menippidae, de *L. dubia* H. Milne Edwards, 1834, *Zaops ostreum* (Say, 1817) y *C. sapidus*.

Koettker *et al.* (2012) muestran las características de las zoeas Familia Ethusidae en las cuales se muestra el caparazón con espinas laterales, una dorsal y una rostral tres veces más largas que el largo del caparazón, además de un telson con furcas tres veces más largas que la base donde se bifurca el telson.

Martin *et al.* (2014), presentan una descripción del Infraorden Brachyura, particularmente mencionan las características de las zoea I de *Ethusa microphthalmma*, como son, una furca no típica y espinas laterales, dorsal y rostral tres veces más largas que el largo del caparazón.

## JUSTIFICACIÓN

A pesar de ser muy importante la fase larvaria zoea I, la información es poca para la mayoría de las especies de decápodos, por ejemplo, se desconocen las características morfológicas de sus diferentes etapas de desarrollo, por lo tanto su estudio se dificulta. La determinación precisa de los componentes del zooplancton, resulta indispensable para diversos trabajos dirigidos a explicar los patrones de migración larvaria, procesos de reclutamiento al ambiente bentónico, variaciones espacio-temporales y aportación de energía a sus depredadores, que sirvan de base para estudios ecológicos que contribuyan al establecimiento de estrategias de manejo y aprovechamiento sustentable de decápodos que representan recursos pesqueros.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

Evaluar la composición, distribución, abundancia y biomasa de las especies de larvas zoea de braquiuros, encontrados en el zooplancton del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) e Isla Sacrificios.

### **Objetivos Particulares:**

Obtener la riqueza específica y diversidad de larvas zoea de braquiuros.

Analizar la distribución y abundancia relativa de las larvas zoea de las diferentes especies de braquiuros.

Evaluar la biomasa entre las larvas zoea de las diferentes especies de braquiuros.

Analizar la morfología de las zoeas recolectadas.

## ÁREA DE ESTUDIO

### PNSAV

El PNSAV está conformado por 23 estructuras arrecifales cuyo arreglo general parece seguir la línea de costa encontrando algunos arrecifes situados hasta 20 km de la costa, mientras que otros ya han sido alcanzados por el crecimiento antropogénico como es el caso del arrecife Hornos. De manera general en el PNSAV se observan dos complejos arrecifales: uno compuesto por 11 arrecifes ubicados frente a Veracruz-Boca del Río (arrecifes Punta Gorda, La Gallega, Galleguilla, Anegada de Adentro, La Blanquilla, Isla Verde, Sacrificios, Pájaros, Hornos, Bajo Paducah e Ingenieros) y otro compuesto por 12 arrecifes, con grandes estructuras, ubicado frente a la población de Antón Lizardo (arrecifes Giotte, Polo, Blanca, Punta Coyol, Chopas, Enmedio, Cabezo, Rizo, Santiaguillo, Anegada de Afuera, Anegadilla y Topatillo). El PNSAV es un área natural protegida que consta de 52 238 ha. Fue declarada Parque Marino (DOF, 24/08/92) y después Parque Nacional (DOF, 07/06/00) (Ortiz-Lozano *et al.*, 2009; Vargas-Hernández *et al.*, 1993). Geográficamente, está localizado entre los 19°00'00" y 19°16'00" Norte y los 95°45'00" y 96°12'00" W (Juárez Sarvide *et al.*, 1991). Este sistema está formado por un banco de restos bioclásticos calcáreos de materiales coralinos pertenecientes al pleistoceno reciente y es resultado del descenso en el nivel del mar debido a la última glaciación (Krutak, 1997) (Fig.1).

El PNSAV está influenciado por la climatología del Golfo de México. El viento sopla en dirección Este-Sureste en otoño-primavera y en dirección Este-Noroeste durante primavera-invierno (Monreal-Gómez y Salas de León, 1997). Las fluctuaciones estacionales de los sistemas atmosféricos de presión introducen cierta variabilidad de otoño a invierno (de octubre a marzo), dominado por incursiones frontales conocidas localmente como "nortes" (vientos norteros). De primavera a verano, la variabilidad atmosférica es dominada por

tormentas tropicales las cuales pueden evolucionar a huracanes (Gutiérrez de Velasco y Winant, 1996). La columna de agua está bien estratificada a lo largo del año, excepto en invierno cuando los frentes atmosféricos ("nortes") pueden producir importantes procesos de mezcla (Monreal-Gómez *et al.*, 2004).

Está definido por el influjo de la marea diurna. El curso de la marea se altera por la presencia de bajos poco profundos, arrecifes e islas. Estas barreras físicas favorecen la formación de giros ciclónicos y anticiclónicos al norte y sur del PNSAV, y frente a la desembocadura del río Jamapa. Estos giros generan el intercambio de material orgánico, nutrientes y contaminantes (Salas-Pérez y Granados-Barba, 2008, Salas-Monreal *et al.*, 2009; Chacón-Gómez, 2009; Jasso-Montoya, 2012, Salas-Pérez *et al.*, 2012). Estas condiciones que presenta el PNSAV también han sido registradas en otras áreas arrecifales (ej. la Gran Barrera Arrecifal) por Wolanski, (1983). Además se encuentra soportando la descarga de las aguas de la zona urbana y conurbada del puerto de Veracruz y Boca del Río, su población se estima en cerca de 800 000 habitantes (Ortiz-Lozano *et al.*, 2009).

### **Isla Sacrificios**

La Isla Sacrificios pertenece al Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV). El arrecife Isla Sacrificios tiene 700 metros de longitud por 450 m de ancho. Se localiza a los 19°10'26" N y 96°05'31" W. Está a una distancia de 1.42 km del puerto de Veracruz (Carricart-Ganivet y Horta-Puga, 1993). La porción emergida tiene 23,4444 m<sup>2</sup>, su forma es alargada y se encuentra orientada de norte a sur. La laguna arrecifal tiene una extensión de 48 hectáreas y un promedio de 1.10 m de profundidad. Hay abundante vegetación sumergida de *Thalassia testudinum* Banks ex König, 1805, en las partes norte, oeste, noroeste y noreste y menos densa en las partes sureste y sur. En sotavento la

profundidad va de 5 a 12 m, en barlovento es de 10 a 16 m. Las corrientes dominantes que llegan a la isla son de este y del nordeste (Lot-Helgueras, 1971).

El clima es de tipo AW2, caliente subhúmedo con lluvias en verano, con temperatura promedio de 25 °C y una mínima de 21 °C. La precipitación promedio es de 1667.6 mm. El mes más lluvioso es julio y el mes más seco es marzo con una precipitación de 13.5 mm. Se diferencian tres temporadas: nortes (noviembre-febrero), secas (marzo-junio) y Lluvias (julio-octubre) (Lot-Helgueras, 1971) (Fig.1).

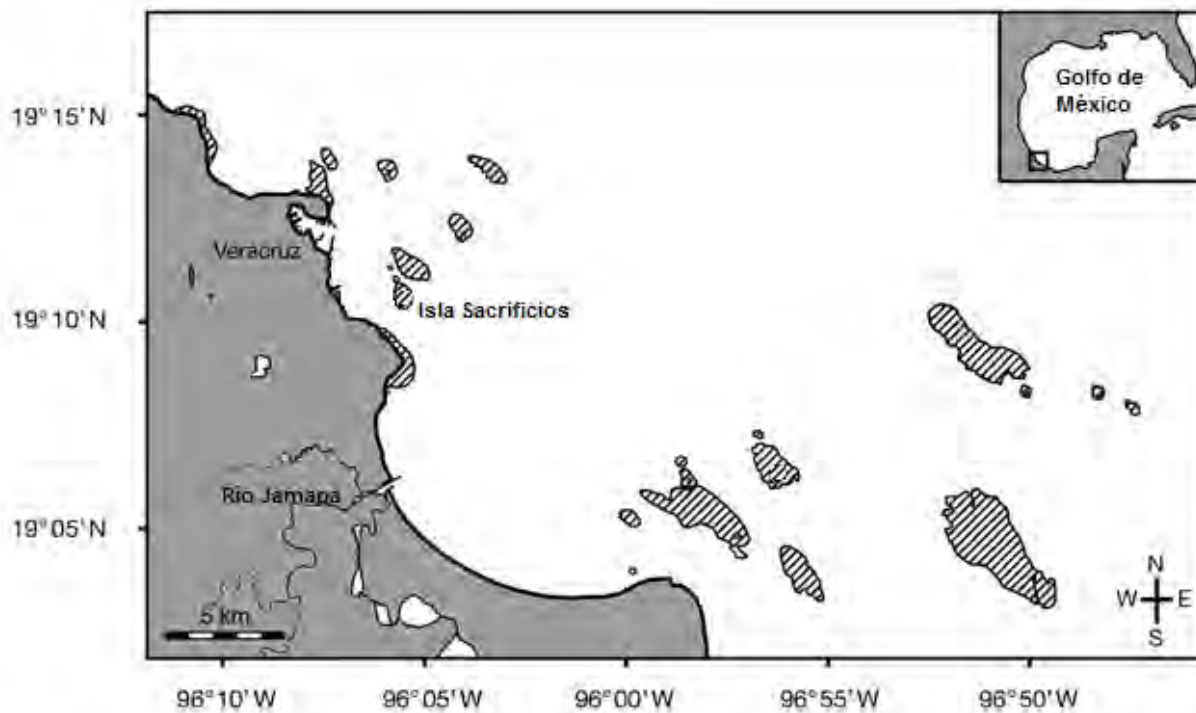


Figura1.- Localización del PNSAV. Grupos de arrecifes, Norte y Sur (Okolodkov *et al*, (2007).  
Localización de la Isla Sacrificios.



## MATERIAL Y MÉTODOS

El material biológico para realizar la presente investigación fue recolectado para Isla sacrificios en 2003 y los años 2011, 2012 y 2013 para el PNSAV por investigadores del Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías de la Universidad Veracruzana.

### *Trabajo de campo*

#### **PNSAV**

Se colectaron muestras en 26 estaciones, dispuestas en cuatro transectos perpendiculares a la costa (Figura 2). Se hicieron muestreos a lo largo de tres años (2011, 2012 y 2013). Las estaciones y los arrastres se ubicaron con un geoposicionador satelital *Garmin eTrexHC*®. El primer transecto constó de cinco estaciones (A1-A5) y los otros tres transectos contaron con siete estaciones (B1-B7; C1-C7 y D1-D7). En cada estación se realizaron arrastres superficiales con una red cónica estándar de 330 µm de abertura de malla, de 1.5 m de longitud y 50 cm de amplitud de boca con un flujómetro *General Oceanics* adaptado para medir el flujo de agua filtrada por la red. Los arrastres tuvieron una duración de 5 min en dirección a la siguiente estación a una velocidad de 2.5 nudos.

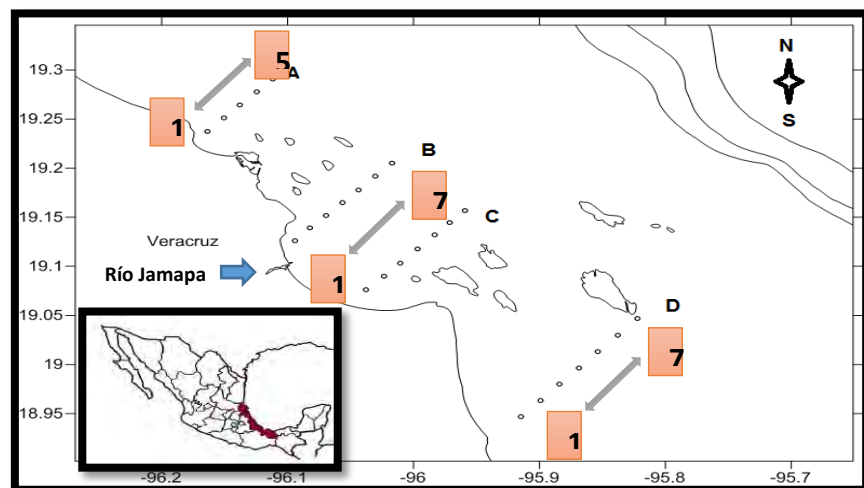


Figura 2. Localización de las estaciones de muestreo en los cuatro transectos en el PNSAV.

La recolecta de los organismos en Isla Sacrificios se realizó utilizando una trampa de luz. La construcción es de acrílico y las dimensiones son de 39.5 cm x 39 cm y con 36.6 cm de altura. La trampa está dividida en cuatro compartimientos en forma de prisma, en el fondo hay una perforación donde se colocan los colectores. Las cuatro caras de la trampa tienen cinco aberturas con dimensiones de 10 cm x 5 cm y 6 cm de profundidad. En el centro de la trampa se colocó un cubo de acrílico de 3.5 cm por lado y en este se instaló la luz. Los organismos colectados fueron fijados con formol al 4 % y trasladados al laboratorio para su separación e identificación. Las muestras se etiquetaron indicando la fecha del muestreo, tipo de muestreo (trampa) y el lugar de recolecta.

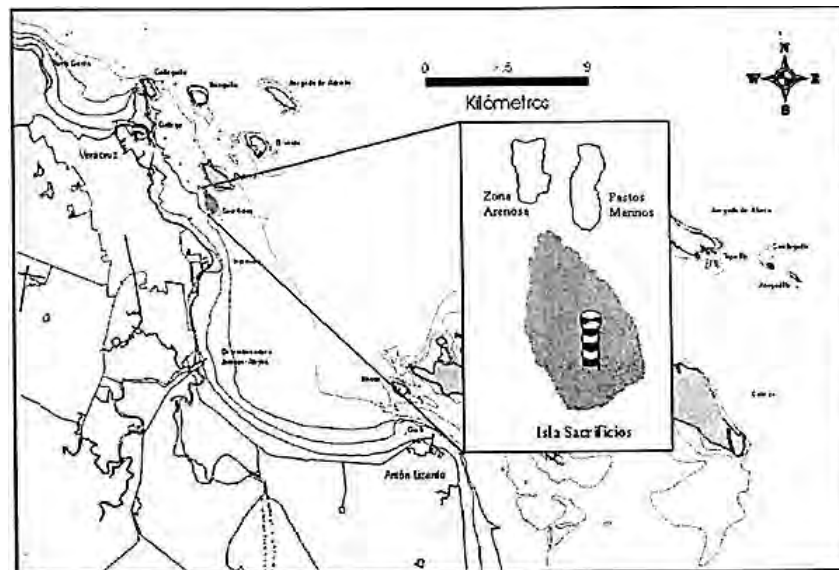


Figura 3. Localización de la Isla Sacrificios y en el recuadro, la isla con las zonas de estudio: arenosa y pastos marinos.

Las muestras de zooplancton obtenidas se fijaron con 10 ml de una solución de formaldehído al 4% neutralizado con borato de sodio, en frascos de 500 ml y después se pasaron a alcohol al 70 % de acuerdo a la metodología de Smith y Richardson (1977) para su preservación.

## Trabajo de laboratorio

Las muestras se separaron en el Laboratorio de Crustáceos de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, y se revisaron en un microscopio estereoscópico. Para la identificación se llevaron a cabo microdisecciones. Las zoeas y estructuras se colocaron sobre un portaobjetos con glicerina para facilitar su observación en un microscopio biológico a 10x 40x y 100x, marca Motic modelo SMZ-168.

Para obtener la abundancia relativa se contabilizaron las zoeas de braquiuros y se estandarizó su número en 1000 m<sup>3</sup> de agua filtrada (Mujica y Medina, 2000).

Para la identificación se siguieron los criterios de la zoea I presentados por Martin *et al*, (2009) y Cházaro-Olvera *et al*, (2014) (fig. 4).

Se siguieron las claves de identificación especializadas de Boltovskoy (1999); Bullard, (2001), Pessani *et al*, (2004); Johnson y Allen, (2012), Cházaro-Olvera *et al*, (2014) y Martin *et al*, (2014). Para corroborar la presencia de las especies se utilizó la información registrada en Felder y Camp (2009).

Para la medición de biomasa en peso seco para las zoeas se utilizó el método propuesto por Petruzzi (2005) modificado.

Respecto al análisis estadístico para Isla Sacrificios se realizó una prueba de ANOVA para comparar las abundancias de las larvas de braquiuros por especie, tipo de sustrato, hora, mes, año, transecto y punto de muestreo en el que se realizaron los muestreos. Los estadísticos se calcularon utilizando el programa Sigma Stat para Windows V 3.1.

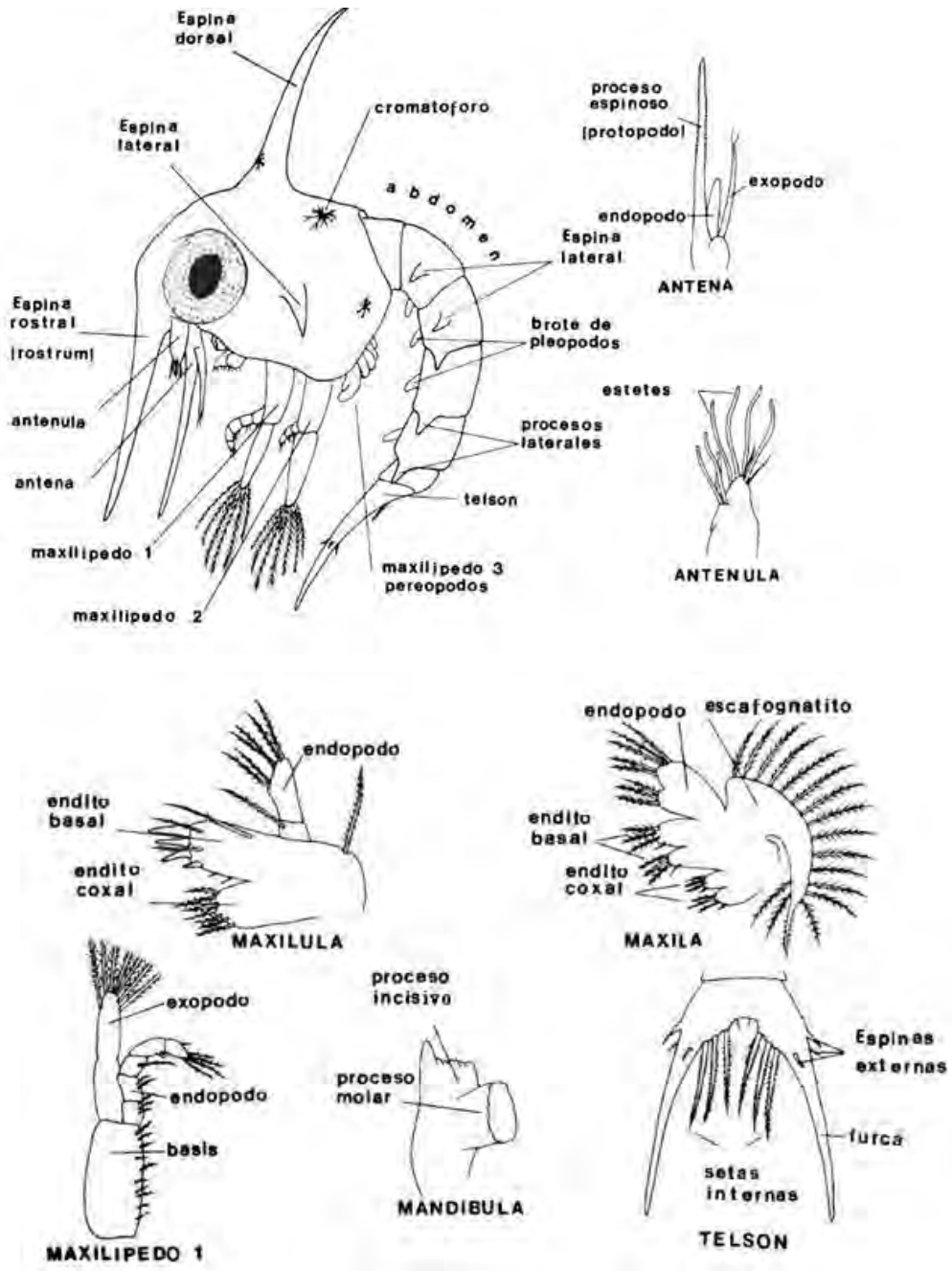


Figura 4. Caracteres de una larva zoea de Brachyura (Modificado de Cházaro-Olvera *et al*, 2014).

## RESULTADOS

### PNSAV

Se recolectaron 1706 zoeas de Brachyura en los cuatro transectos y tres años de muestreo. Las zoeas pertenecen a 11 Superfamilias, 12 Familias, 15 Géneros y 14 Especies. La Superfamilia Grapsoidea fue la que presentó la mayor riqueza específica con cuatro especies, seguida de Portunoidea con tres especies (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de las especies de Brachyura en estadio de zoea I recolectadas en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.

Phylum Arthropoda

Subphylum Crustacea Brünich, 1772

Clase Malacostraca Latreille, 1806

Subclase Eumalacostraca Grobben, 1892

Superorden Eucarida Calman, 1904

Orden Decapoda Latreille, 1803

Suborden Pleocyemata Burkenroad, 1963

Infraorden Brachyura Linnaeus, 1758

Superfamilia Raninoidea De Haan, 1839

Familia Ranininae De Haan, 1839

Género *Raninoides* H. Milne Edwards, 1837

Superfamilia Dorippoidea MacLeay, 1838

Familia Ethusidae Guinot, 1977

Género *Ethusa* Roux, 1830

Superfamilia Eriphioidea MacLeay, 1838

Familia Menippidae Ortmann, 1893

Género *Menippe* De Haan, 1833

*Menippe mercenaria* (Say, 1818)

*Menippe nodifrons* Stimpson, 1859

Superfamilia Cryptochiroidea Paul'son, 1875

Familia Cryptochiridae Paul'son, 1875

Género *Troglocarcinus* Verrill, 1908

*Troglocarcinus corallicola* Verrill, 1908

Superfamilia Majoidea Samouelle, 1819

Superfamilia Leucosioidea Samouelle, 1819

Familia Leucosiidae Samouelle, 1819

Género *Persephona* Leach, 1817

*Persephona mediterranea* (Herbst, 1794)

Familia Epialtidae MacLeay, 1838

Género *Libinia* Leach, 1815

*Libinia dubia* H. Milne Edwards, 1834

Superfamilia Portunoidea Rafinesque, 1815

Familia Polybiidae Ortmann, 1893

Género *Bathynectes* Stimpson, 1871

*Bathynectes longispina* Stimpson, 1871

Familia Portunidae Rafinesque, 1815

Género *Callinectes* Stimpson, 1860

*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896

Género *Portunus* Weber, 1795

*Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758)

Superfamilia Grapsoidea MacLeay, 1838

Familia Sesarmidae Dana, 1851

Género *Armases* Abele, 1992

Familia Grapsidae MacLeay, 1838

Género *Geograpsus* Stimpson, 1858

*Geograpsus lividus* H. Milne Edwards, 1837

Género *Pachygrapsus* Randall, 1840

*Pachygrapsus transversus* (Gibbes, 1850)

*Pachygrapsus gracilis* (Saussure, 1858)

Superfamilia Ocypodoidea Rafinesque, 1815

Familia Ocypodidae Rafinesque, 1815

Género *Uca* Leach, 1814

Género *Zaops* Rathbun, 1900

*Zaops ostreum* (Say, 1817)

Superfamilia Pinnotheroidea De Haan, 1833

Familia Pinnotheridae De Haan, 1833

Género *Austinixa* Heard & Manning, 1997

*Austinixa cristata* (Rathbun, 1900)

### **Abundancia de zoeas en el PNSAV**

La especie que presentó la mayor abundancia fue *Libinia dubia* con 505 zoeas, (29%), seguida por *Mennipe mercenaria* y *Callinectes sapidus* con 480 (28%) y 456 (26%) zoeas respectivamente (Fig. 5).

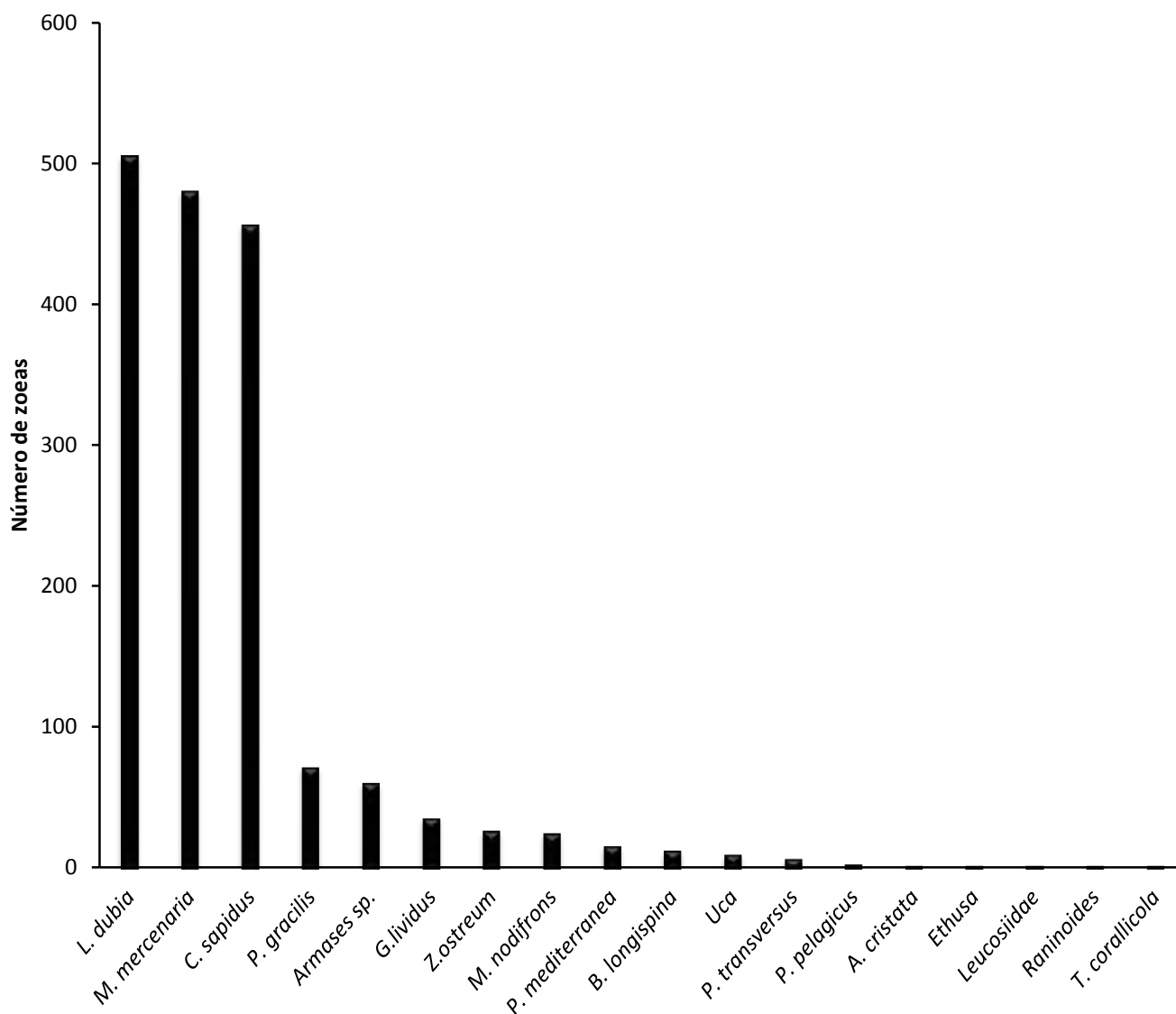


Figura 5. Número de zoeas I de Brachyura encontradas en el zooplancton del PNSAV de 2011 a 2013.

Al comparar los transectos (A, B, C y D) con ANOVA no se encontraron diferencias significativas entre estos ( $P=0.7408$ ). El transecto C presentó el valor más elevado de la riqueza específica (14 especies) y de diversidad de Shannon H (1.766 bits/ind). El transecto D muestra los valores más altos de equitatividad (0.624) (Fig. 6).



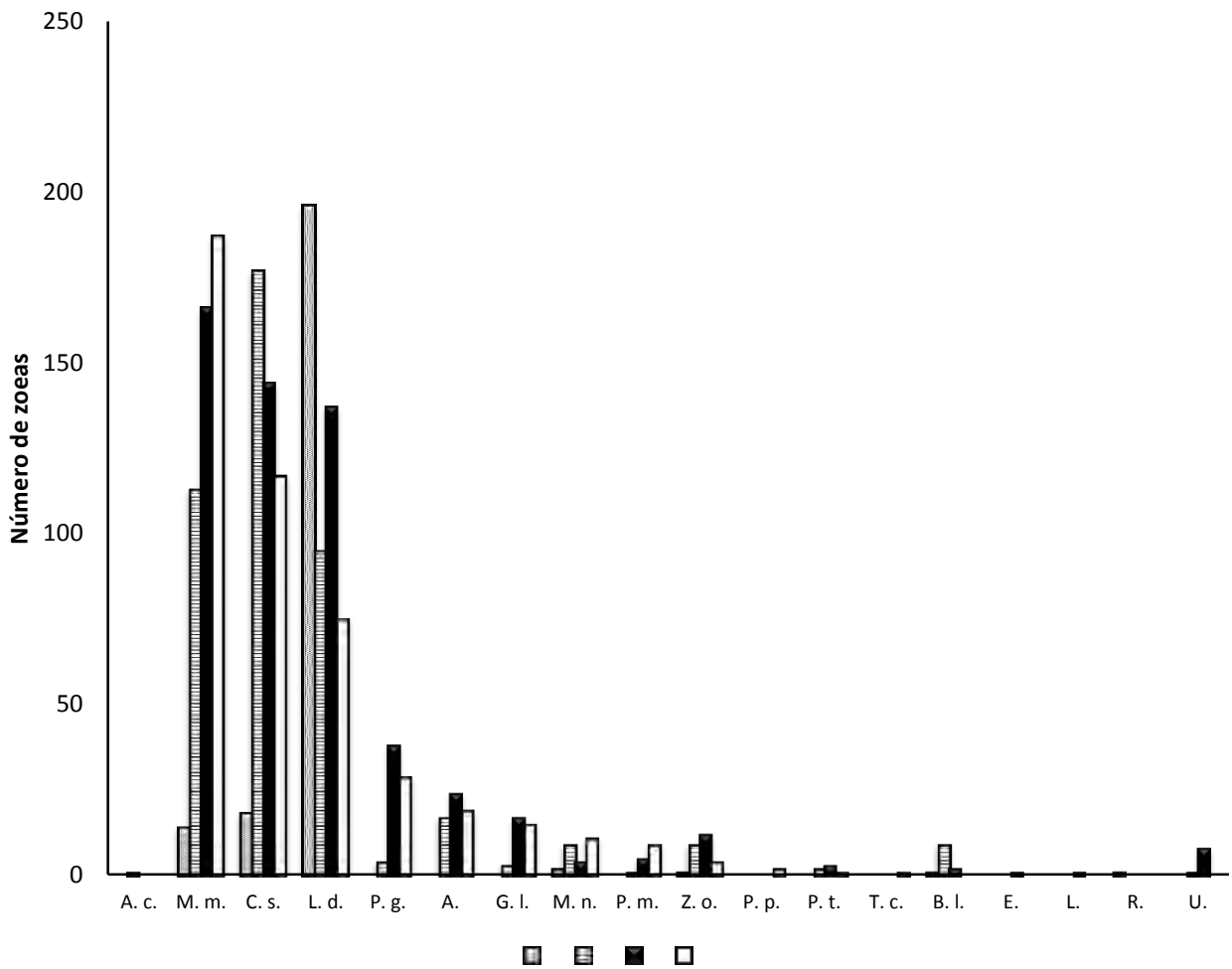


Figura 6. Distribución y abundancia de *A. cristata*; *M. m.*: *M. mercenaria*; *C. s.*: *C. supinus*, *L. d.*: *L. dubia*; *P. g.*: *P. gracilis*; *A. r.*: *Armases*; *G. l.*: *G. lividus*; *M. n.*: *M. nodifrons*; *P. m.*: *P. mediterránea*. *Z. o.*: *Z. ostreum*; *P. p.*: *P. pelagicus*; *P. t.*: *P. transversus*; *T. c.*: *T. corallicola*; *B. l.*: *B. longispina*; *E.*: *Ethusa*; *L. c.*: Leucosiidae; *R.*: *Raninoides*; *U.*: *Uca*.

## Abundancia, riqueza y diversidad por transecto en el PNSAV

En el transecto "A" se encontraron 233 zoeas pertenecientes a seis géneros y seis especies. La especie que presentó la mayor abundancia fue *L. dubia* con 198 zoeas (84%), seguida por *C. sapidus* y *M. mercenaria* con 18 (7%) y 14 (6%) zoeas respectivamente. Al comparar las zonas de colecta del transecto "A" se encontró que no existen diferencias significativas ( $P=0.521$ ). Sin embargo, la zona de muestreo III presentó el valor más elevado de taxa (6) y de diversidad de Shannon H (0.9976). La estación IV presenta el valor más elevado de equitatividad (0.985) (Fig. 7).

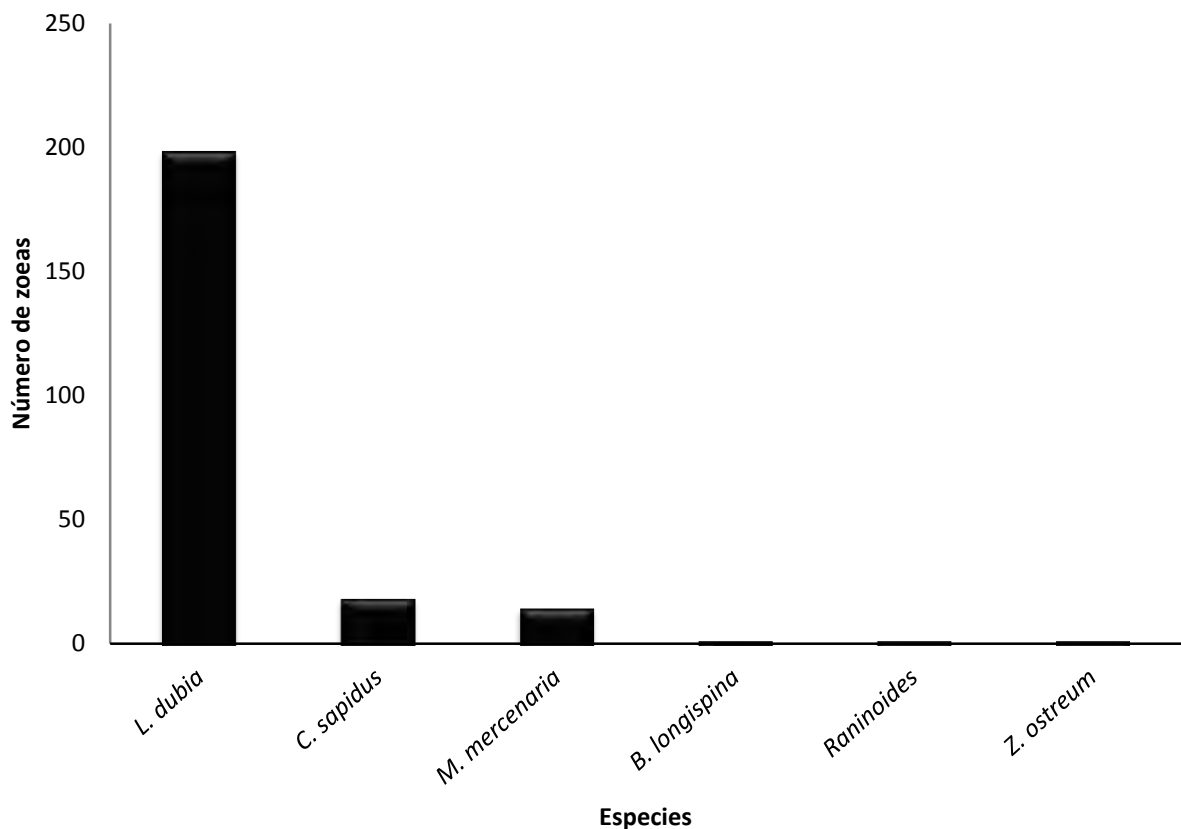


Figura 7. Abundancia de zoeas en el transecto A en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano de 2011 a 2013.

En el transecto "B" se encontraron 441 zoeas pertenecientes a nueve géneros y 11 especies. La especie que presentó la mayor abundancia fue *C. sapidus* con 177 zoeas (40%), seguida por *M. mercenaria* y *L. dubia* con 122 (27%) y 95 (21%) zoeas respectivamente. Al comparar las zonas de colecta del transecto "B" no se encontraron diferencias significativas entre las zonas ( $P=0.2631$ ). Sin embargo, la estación de muestreo IV presentó el valor más elevado de riqueza específica (8) y de diversidad de Shannon H (1.722 bits/ind). La estación V presenta el Valor más elevado de equitatividad (0.88) (Fig. 8).

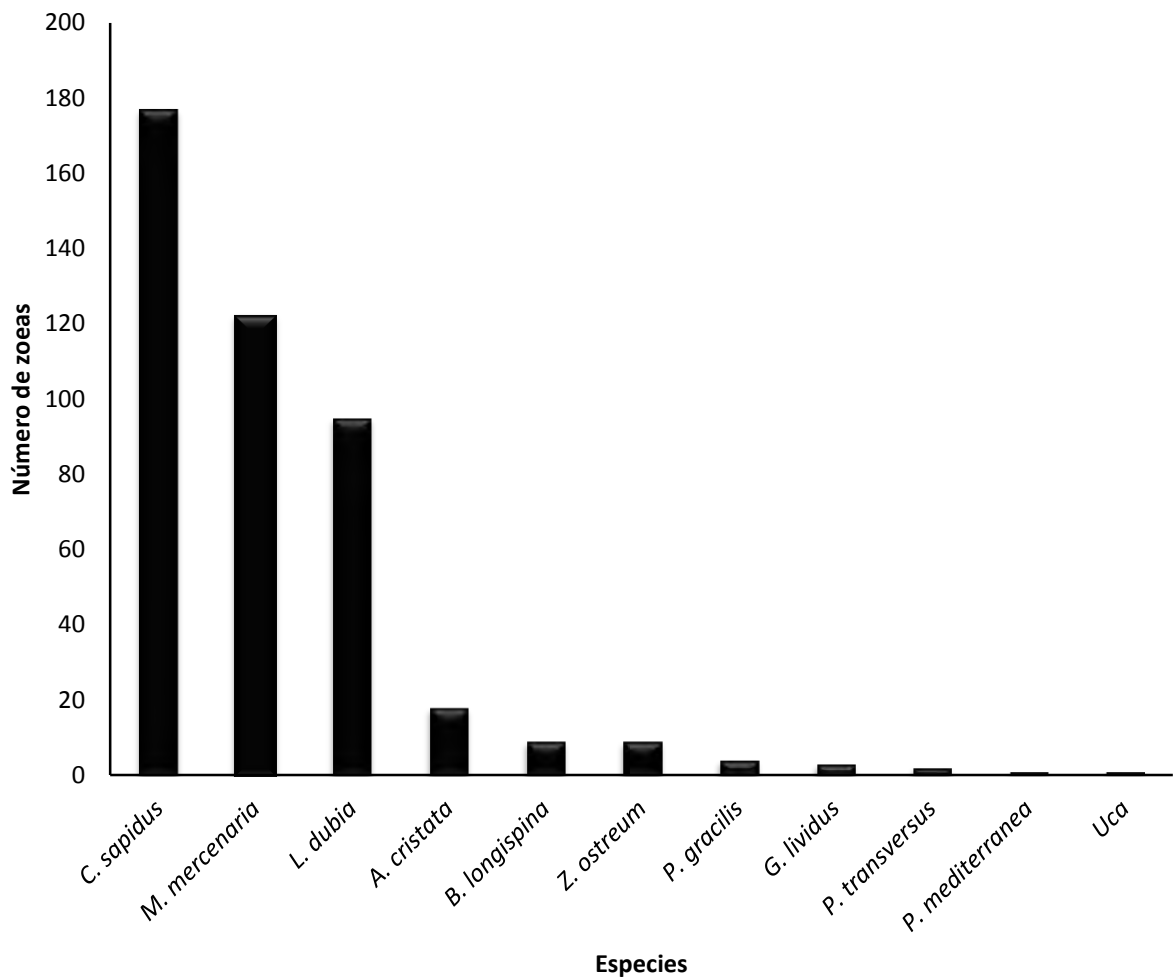


Figura 8. Abundancia de zoeas en el transecto B en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano de 2011 a 2013.

En el transecto “C” se encontraron 562 zoeas pertenecientes a 13 géneros y 14 especies. La especie que presentó la mayor abundancia fue *M. mercenaria* con 166 zoeas (29%), seguida por *C. sapidus* y *L. dubia* con 144 (25%) y 137 (24%) zoeas respectivamente. Al comparar las zonas de colecta del transecto “C” no se encontraron diferencias significativas entre ellas ( $P=0.06673$ ). Sin embargo, la estación de muestreo V presentó el valor más elevado en la riqueza específica (10), es importante mencionar que esta estación presenta el valor más alto de riqueza específica de todo el estudio, la estación III muestra los valores más altos de equitatividad (0.9579) y de diversidad de Shannon H (1.865 bits/ind.), este valor también es el valor más alto de todo el estudio (Fig. 9).

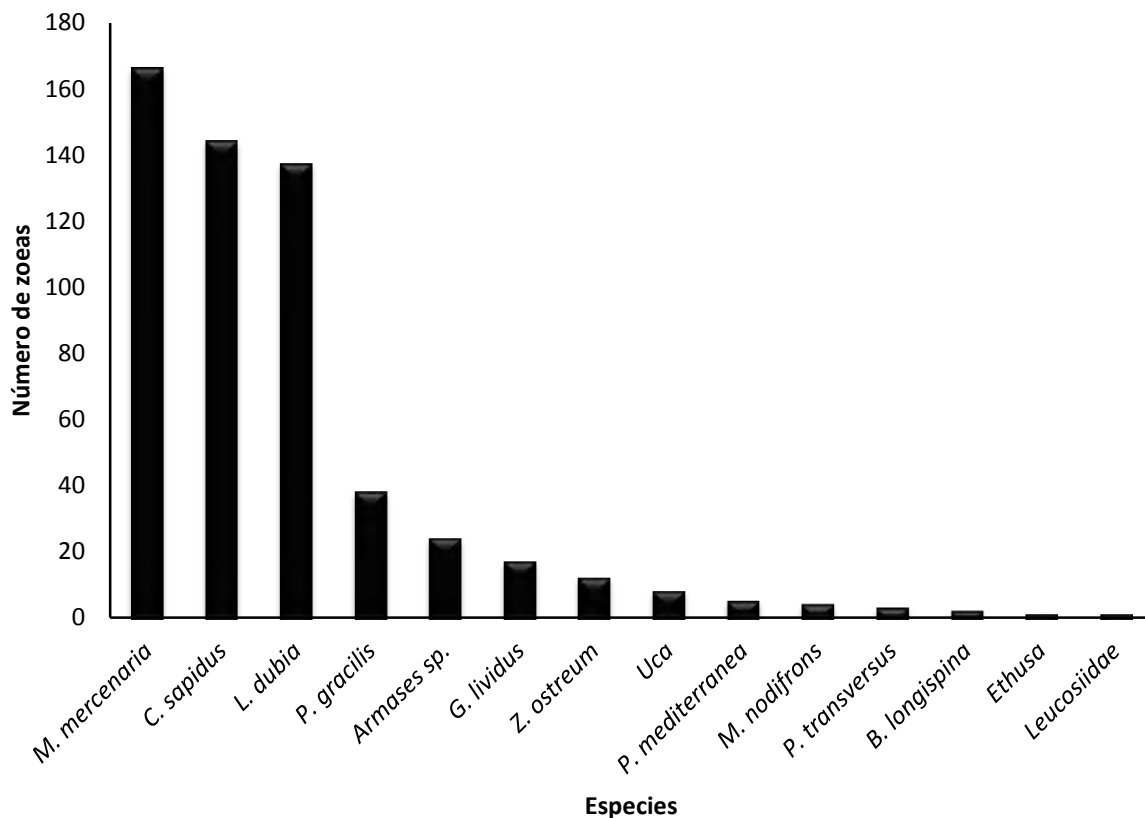


Figura 9. Abundancia de zoeas en el transecto C en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano de 2011 a 2013.

En el transecto "D" se encontraron 472 zoeas pertenecientes 11 géneros y 12 especies. La especie que presentó la mayor abundancia fue *M. mercenaria* con 187 (39%), seguida por *C. sapidus* y *L. dubia* con 117 (24%) y 75 (15%) zoeas respectivamente. Al comparar las zonas de colecta del transecto "D" no se encontraron diferencias significativas entre las zonas ( $P=0.1103$ ). Sin embargo, la estación de muestreo III presentó el valor más elevado de riqueza específica (8), la estación II muestra los valores más altos de equitatividad (0.8913) y de diversidad de Shannon H (1.734 bits/ind.) (Fig.10).

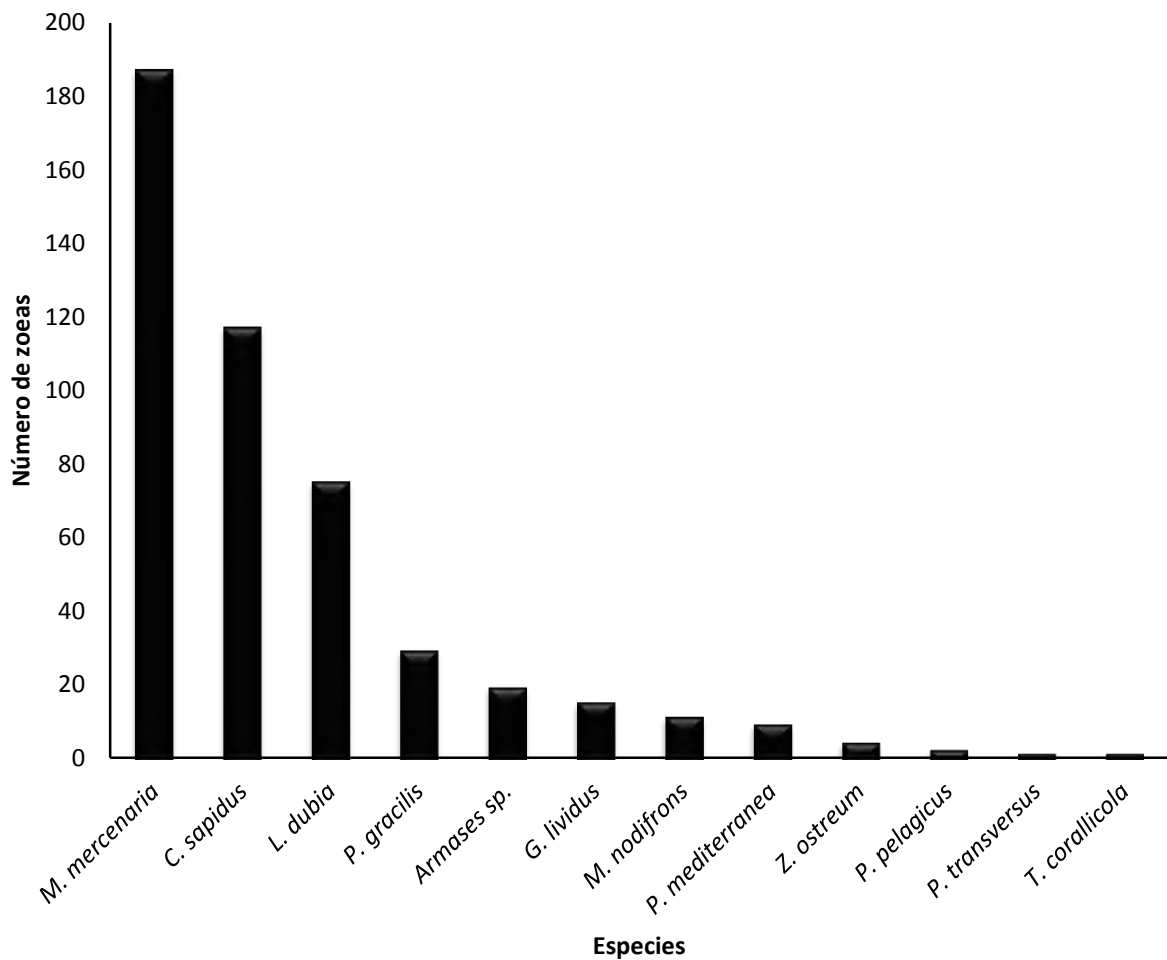


Figura 10. Abundancia de zoeas en el transecto D en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano de 2011 a 2013.

## Diversidad espacial

En general la diversidad espacial de todos los muestreos fue menor a los 2 bits/ind. El máximo valor encontrado del índice fue en el transecto "C" (Fig.11), que también presentó la mayor riqueza específica y abundancia de larvas zoeas en los transectos muestreados con 14 especies y 562 organismos, respectivamente.

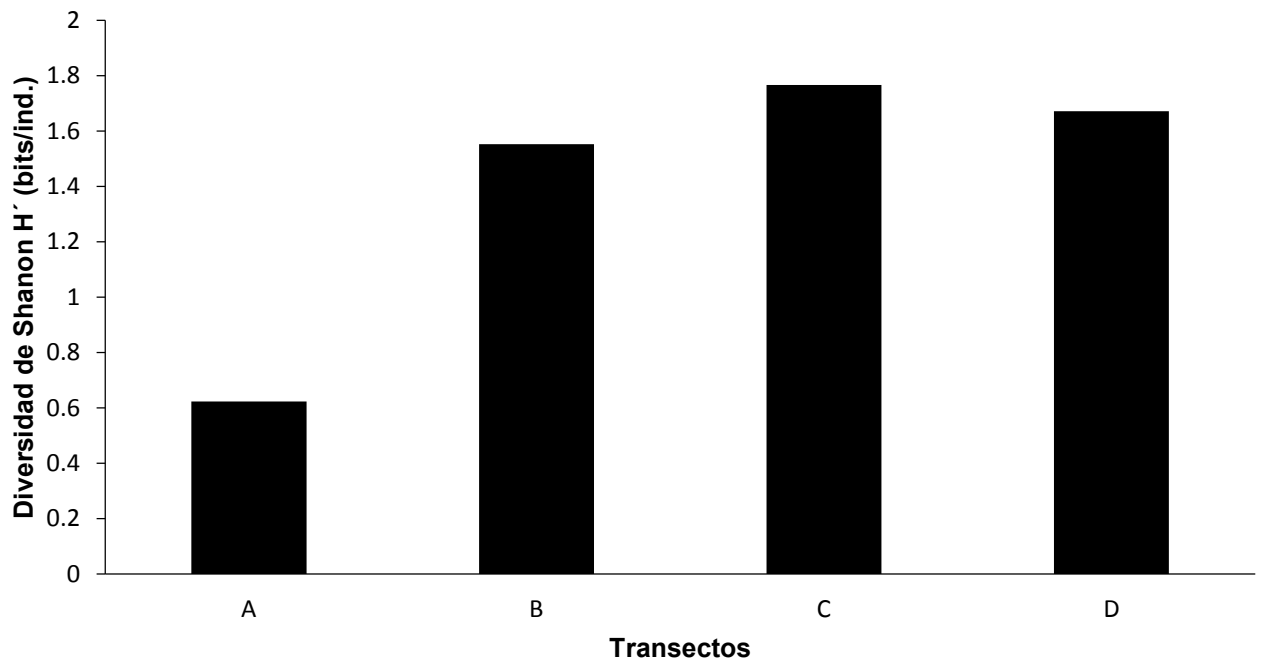


Figura 11. Valores (de transectos) del índice de diversidad de Shannon H' en zoeas durante los años de muestreo en el PNSAV

## Abundancia, riqueza y diversidad por año (2011-2013) en el PNSAV

El valor más alto de larvas se presentaron en la última estación del transecto B en enero de 2013, además de ser la cantidad más alta de todo el año, también fue la más alta de todo el estudio. Al comparar los transectos muestreados no se encontraron diferencias significativas entre los años de colecta ( $P=0.9565$ ). Sin embargo, el año 2013 presentó el valor más elevado en el número de especies (17) y de diversidad de Shannon H (1.65 bits/ind.). El año 2012 muestra los valores más altos de equitatividad (0.6861) (Fig.12).

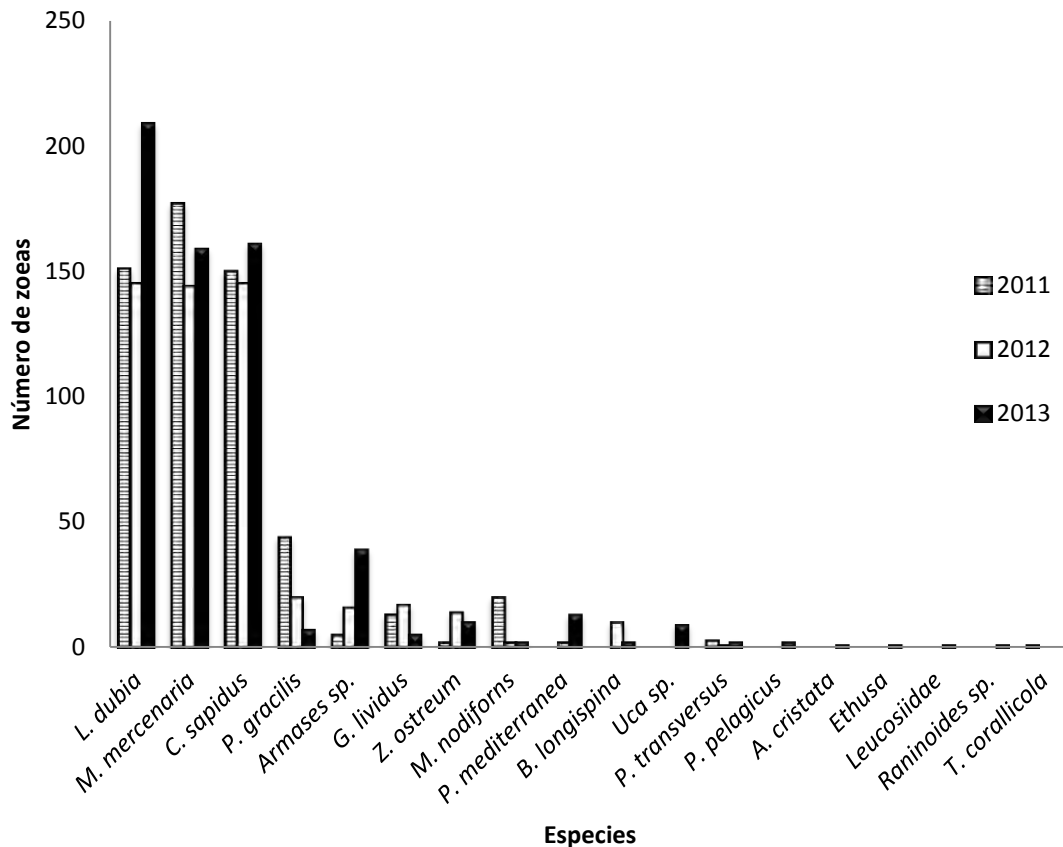


Figura 12. Número de zoeas de cada especie por año de estudio en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano de 2011 a 2013.

En el año 2011 se encontraron 566 zoeas pertenecientes a nueve géneros y 10 especies. La especie que presentó la mayor abundancia fue *M. mercenaria* con 177 zoeas (31%), seguida por *L. dubia* y *C. sapidus* con 151 (26.6%) y 150 (26.5%) zoeas respectivamente (Fig.13)

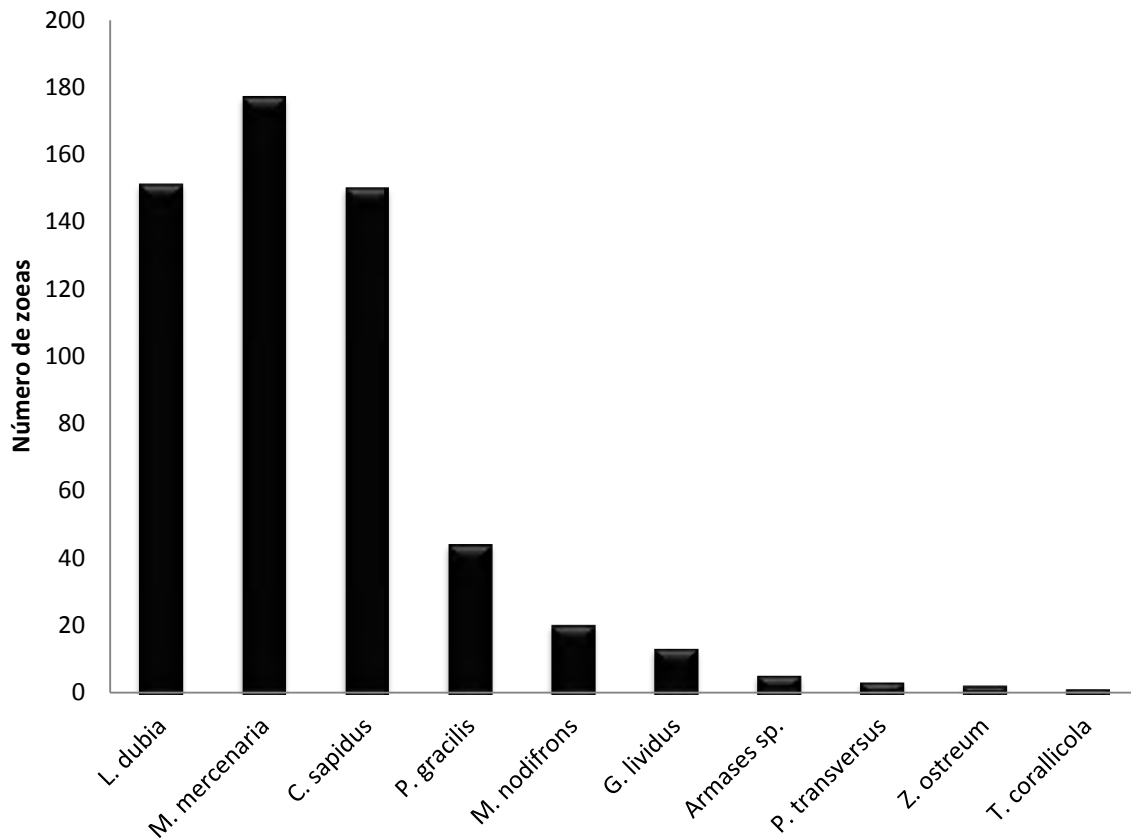


Figura 13. Número de zoeas de cada especie en el año 2011 en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.

En 2011 los valores más altos de larvas se presentaron en octubre con un total de 446 larvas de las cuales 136 fueron de *C. sapidus* (31%) (Fig.9), el mes que presentó menos abundancia fue agosto. Al comparar los transectos muestreados se encontraron diferencias significativas entre los meses de colecta ( $P=0.0068$ ), las diferencias se presentan entre junio y



octubre, agosto y octubre y septiembre y octubre. Los meses que presentaron el valor más alto en la riqueza específica fueron agosto y octubre (8), agosto muestra los valores más altos de equitatividad (0.9121) y de diversidad de Shannon H (1.897 bits/ind.) (Fig.14).

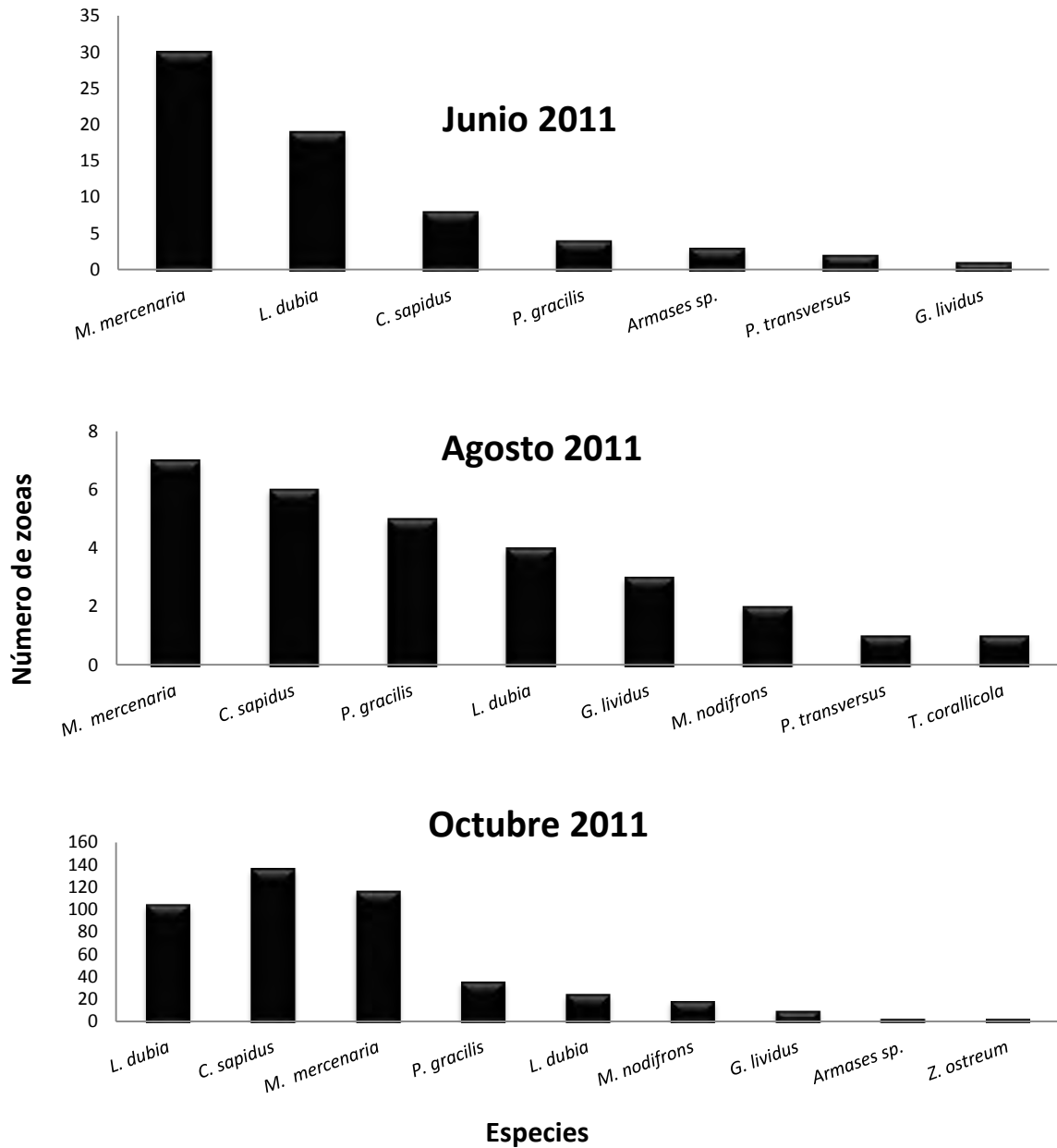


Figura 14. Abundancia de zoeas en los meses de muestreo del año 2011 en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.

En el año 2012 se encontraron 516 zoeas pertenecientes a 10 géneros y 11 especies. La especie que presentó la mayor abundancia fueron *L. dubia* y *C. sapidus* con 145 zoeas (28%), seguida por *M. mercenaria* con 144 (27%) zoeas respectivamente (Fig.15)

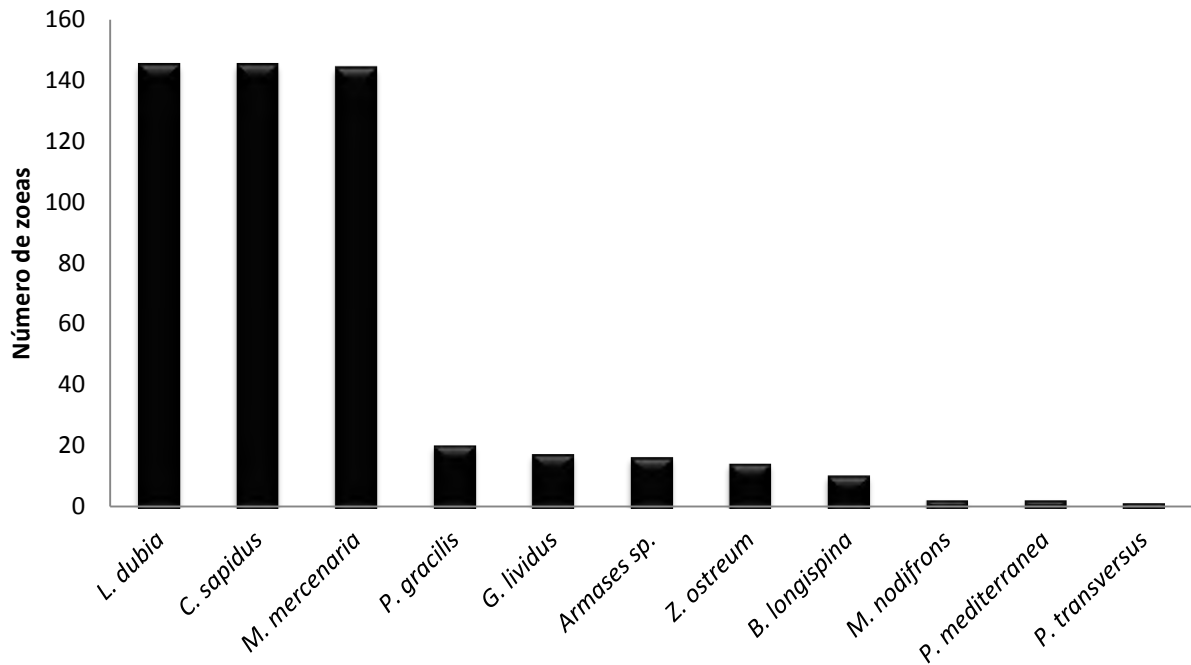


Figura 15. Abundancia de zoeas en el año 2012 en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.

En 2012 los valores más altos de larvas se presentaron en el mes de mayo con un total de 310 larvas, de las cuales, 110 fueron de *L. dubia* (36%), seguida por *C. sapidus* con 90 (29%). Al comparar los transectos muestreados se encontraron diferencias significativas entre los meses de colecta ( $P=0.01189$ ), las diferencias se presentaron entre mayo y agosto y entre mayo y noviembre. También el mes que presentó el valor más alto de riqueza específica fue mayo (10). Agosto mostró los valores más altos de equitatividad (0.8492) y mayo el más alto de diversidad de Shannon H (1.743 bits/ind.) (Fig.16).

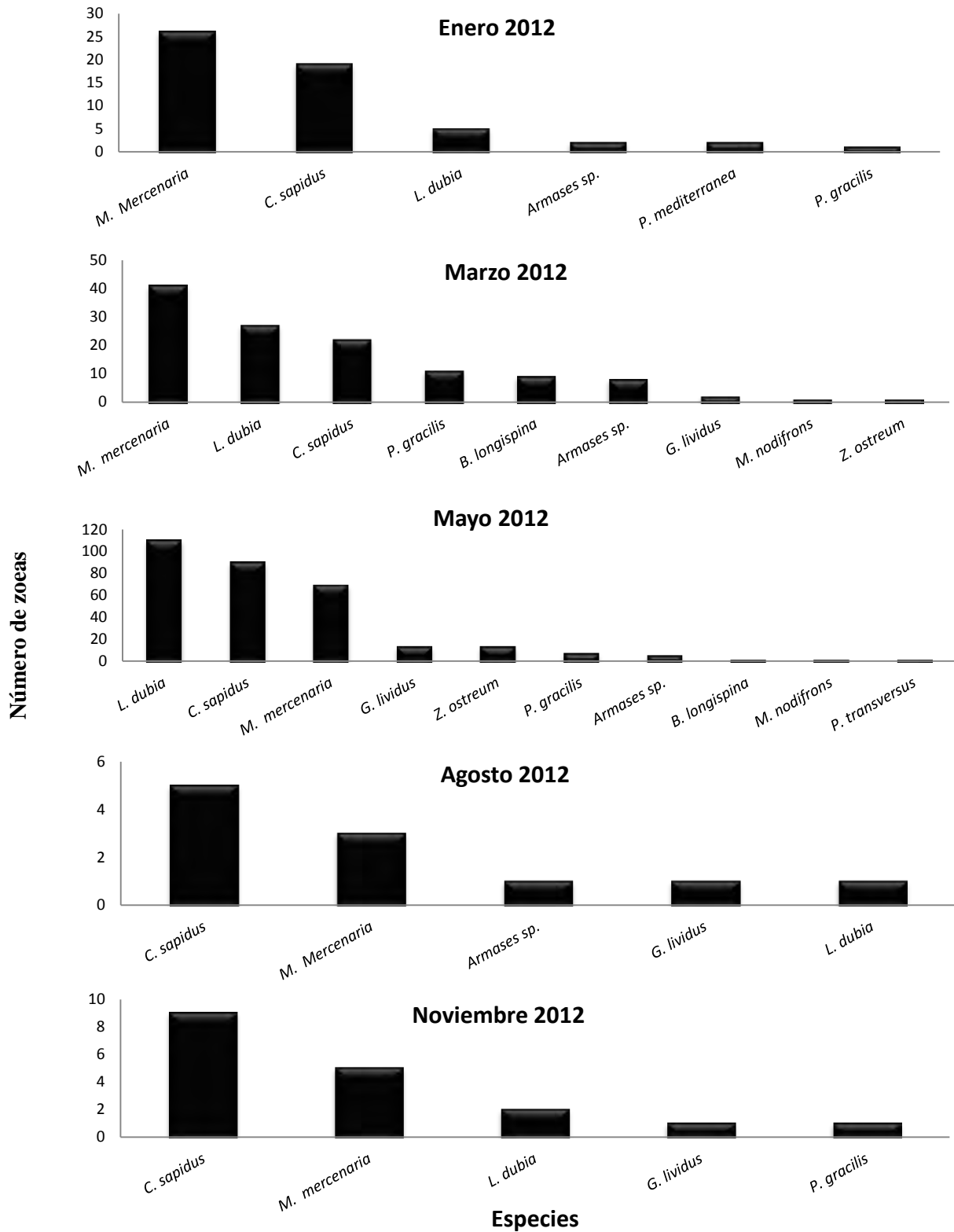


Figura 16. Abundancia de zoeas en los meses de muestreo del año 2012 en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.

En el año 2013 se encontraron 624 zoeas pertenecientes a 15 géneros y 17 especies, este es el año que presentó la mayor abundancia. La especie que presentó la mayor abundancia fue *L. dubia* con 209 zoeas (33%), seguida de *C. sapidus* con 165 (25%) zoeas (Fig.17).

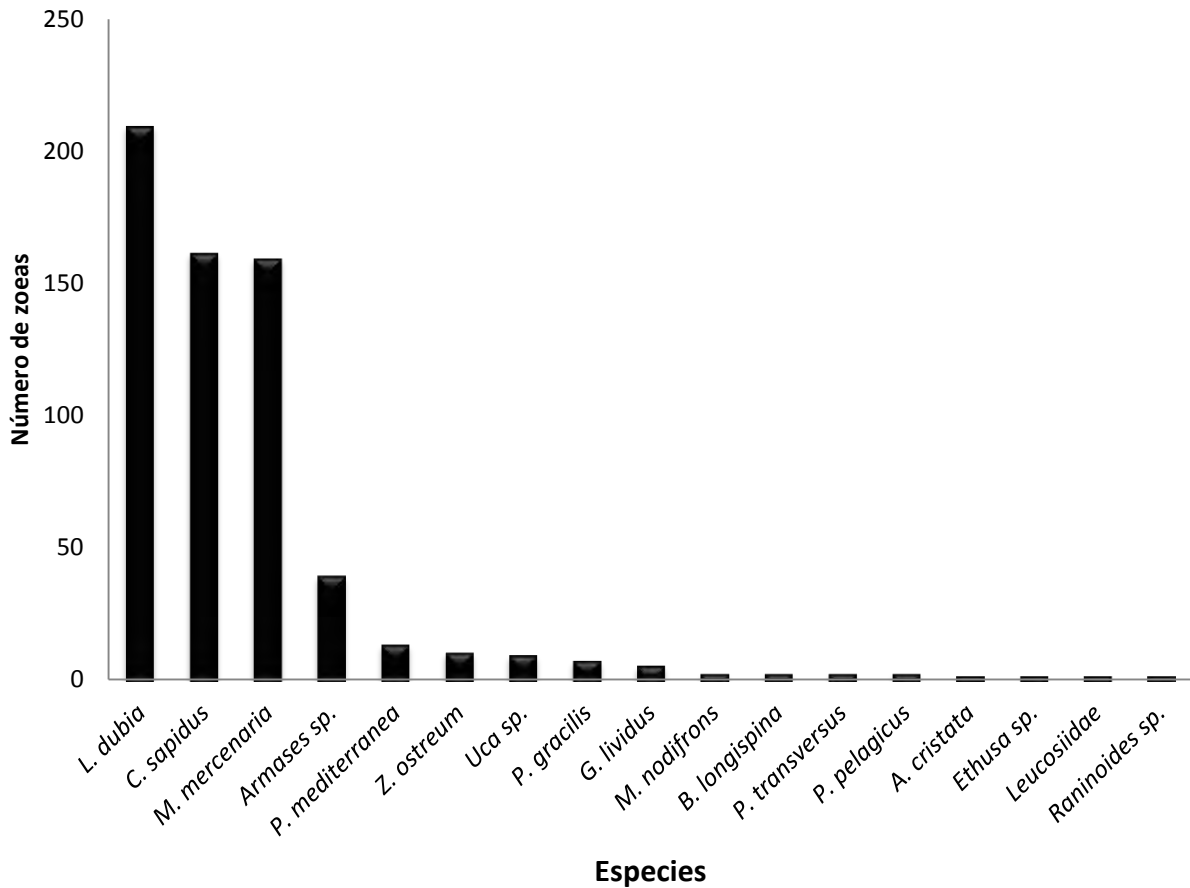


Figura 17. Abundancia de zoeas en el año 2013 en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.

El valor más alto de larvas se presentó en la última estación del transecto B en enero, además de ser la cantidad más alta de todo el año, también fue la más alta de todo el estudio. Los valores en enero fueron de 444 larvas, de las cuales 143 fueron de *C. sapidus* (32%). Al

comparar los transectos muestreados se encontraron diferencias significativas entre los meses de colecta ( $P=0.05$ ), la diferencia se presentó entre enero y junio. El mes de marzo presento los valores más altos en la riqueza específica (14) y de diversidad de Shannon H (2.063 bits/ind.), estos valores son los más altos comparados con los otros años, el mes de junio muestra los valores más altos de equitatividad (0.8919) (Fig.18)

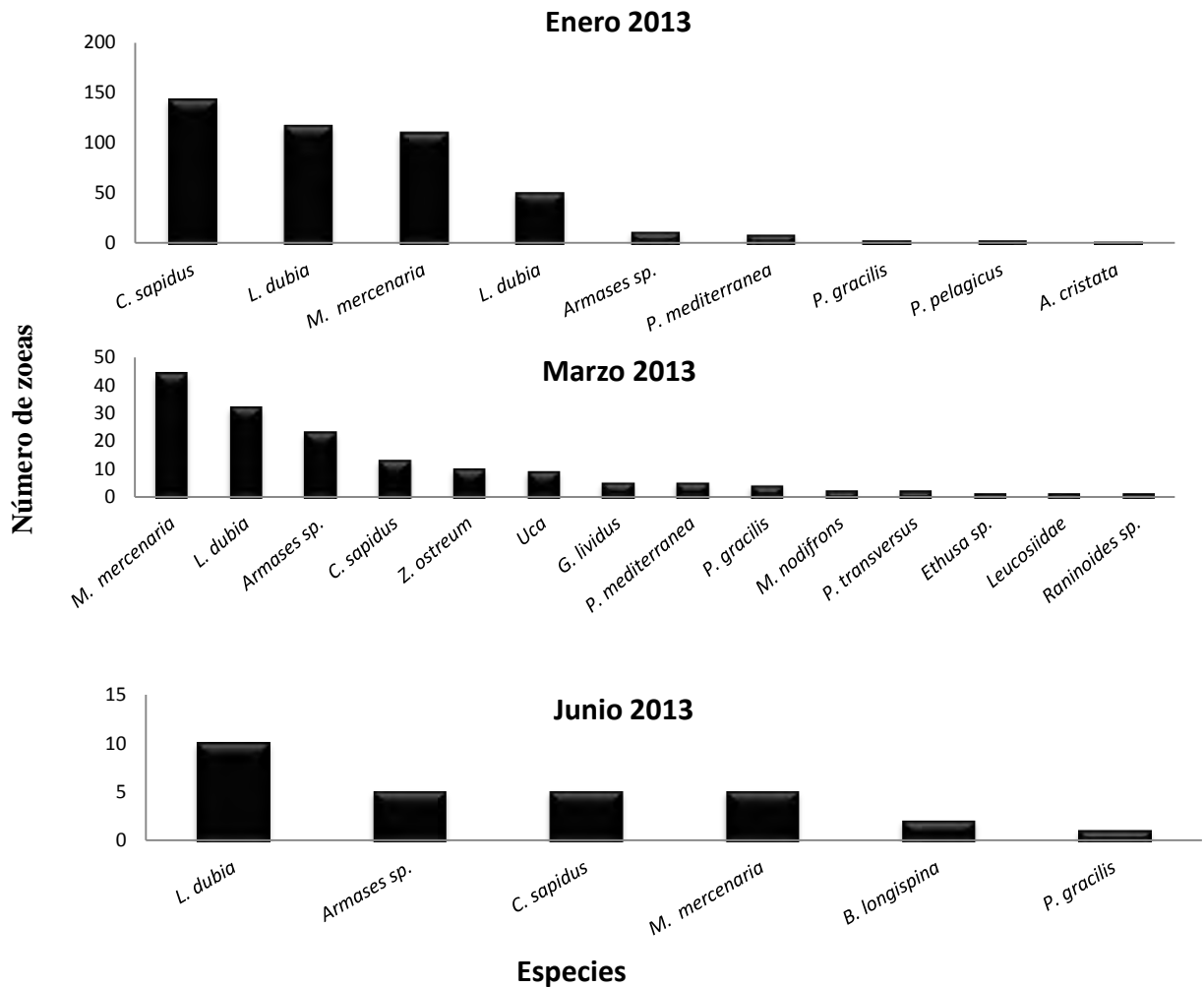


Figura 18. Abundancia de zoeas en los meses de muestreo del año 2013 en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.

## Diversidad mensual

En general la diversidad mensual fue menor a los 3 bits/ind. El máximo valor encontrado del índice fue en marzo de 2013 y coincidió con la abundancia máxima de larvas en los años muestreados con 17 especies y un total de 624 organismos que contribuyen con el 37% de la abundancia total (Fig.19).

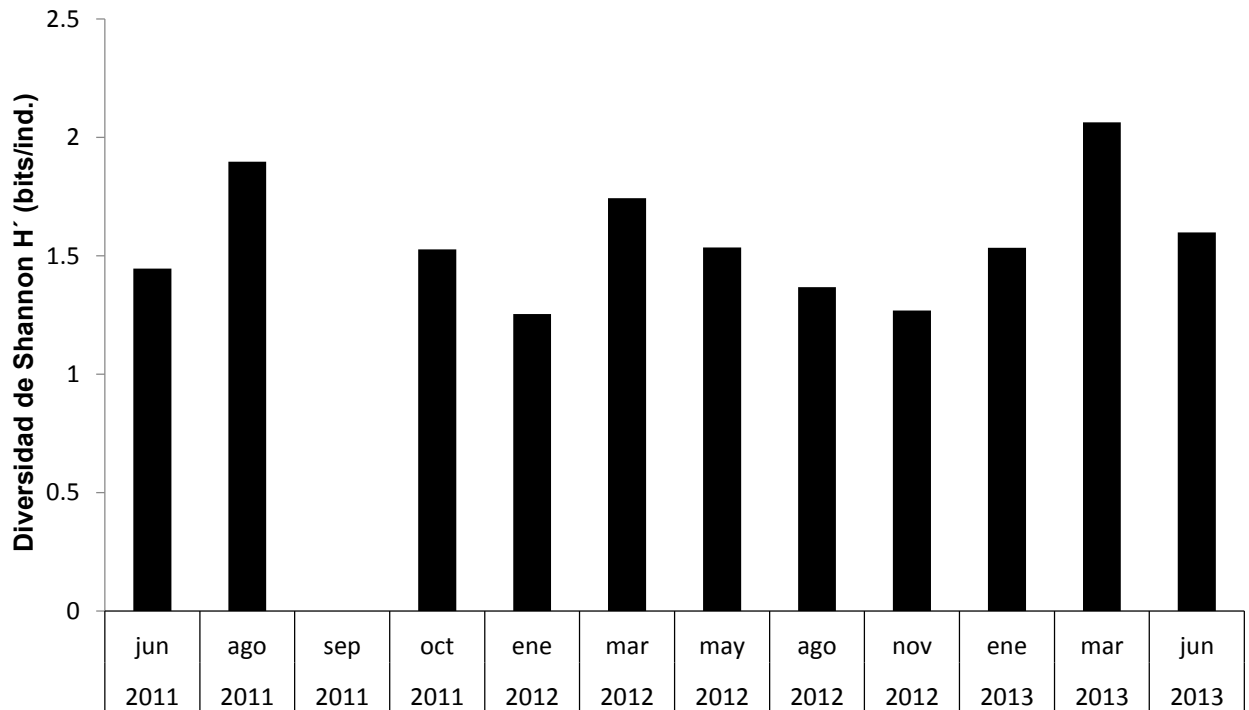


Figura 19. Valores mensuales del índice de diversidad de Shannon  $H'$  en larvas de zoeas durante los meses de muestreo en el PNSAV.

## Resultados para Isla Sacrificios

Se obtuvieron 20 607 zoeas de braquiuros, en los dos tipos de sustrato (arenoso y pastos), pertenecen a tres Superfamilias, cuatro familias, cuatro géneros y cuatro especies (Tabla 2).

Tabla 2. Clasificación de las especies de Brachyura en estadio de zoea I recolectadas en Isla Sacrificios perteneciente al Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.

Phylum Arthropoda

Subphylum Crustacea Brünich, 1772

Clase Malacostraca Latreille, 1806

Subclase Eumalacostraca Grobben, 1892

Superorden Eucarida Calman, 1904

Orden Decapoda Latreille, 1803

Suborden Pleocyemata Burkenroad, 1963

Infraorden Brachyura Linnaeus, 1758

Superfamilia Cryptochiroidea Paul'son, 1875

Familia Cryptochiridae Paul'son, 1875

Género *Troglocarcinus* Verrill, 1908

*Troglocarcinus corallicola* Verrill, 1908

Superfamilia Majoidea Samouelle, 1819

Familia Epiplatidae MacLeay, 1838

Género *Libinia* Leach, 1815

*Libinia dubia* H. Milne Edwards, 1834

Superfamilia Portunoidea Rafinesque, 1815

Familia Polybiidae Ortmann, 1893

Género *Bathynectes* Stimpson, 1871

*Bathynectes longispina* Stimpson, 1871

Familia Mithracidae MacLeay, 1838

Género *Macrocoeloma* Miers, 1879

*Macrocoeloma diplacanthum* (Stimpson, 1860)

### **Abundancia de zoeas en Isla Sacrificios**

La especie que presentó la mayor abundancia fue *L. dubia* con 16 058 zoeas, representando el (74%), seguida por *B. longispina* y *T. corallicola* con 2761 (12%) y 979 (4%) zoeas respectivamente (Fig. 20).

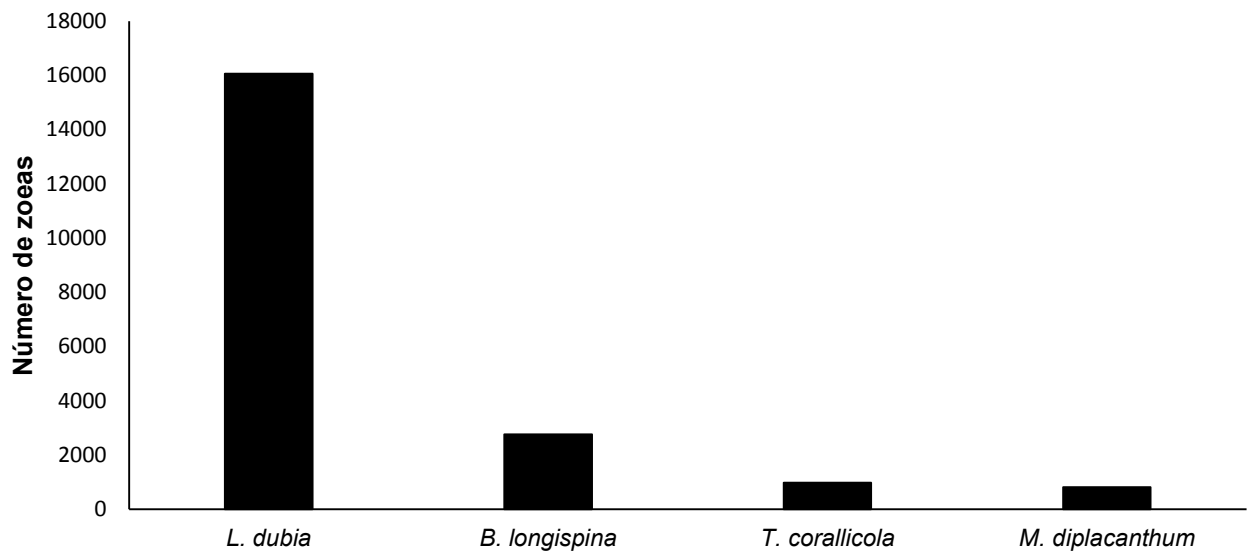


Figura 20. Número de zoeas por especie, recolectadas en Isla Sacrificios perteneciente al PNSAV.



De acuerdo con la abundancia por sustrato, *L. dubia* presentó el valor más alto en los dos. En el arenoso con 10 025 zoeas (77.4%), seguido por *B. longispina* con 1 457 (11.25%). En los pastos, *L. dubia* muestra 6 033 zoeas (78.6 %), seguido por *B. longispina* con 1 304 zoeas (17%) del total. La especie menos abundante fue *M. dipicanthum* con 809 zoeas (6.25 %), esta especie no se presentó en los pastos marinos. Sin embargo, al comparar los transectos muestreados no se encontraron diferencias significativas entre los sustratos ( $P=0.6385$ ). El sustrato arenoso presentó el valor más elevado de número de especies (4) y el más alto de diversidad de Shannon H (0.7672 bits/ind). Los pastos presentan el valor más elevado de equitatividad J (0.5689) (Fig. 21).

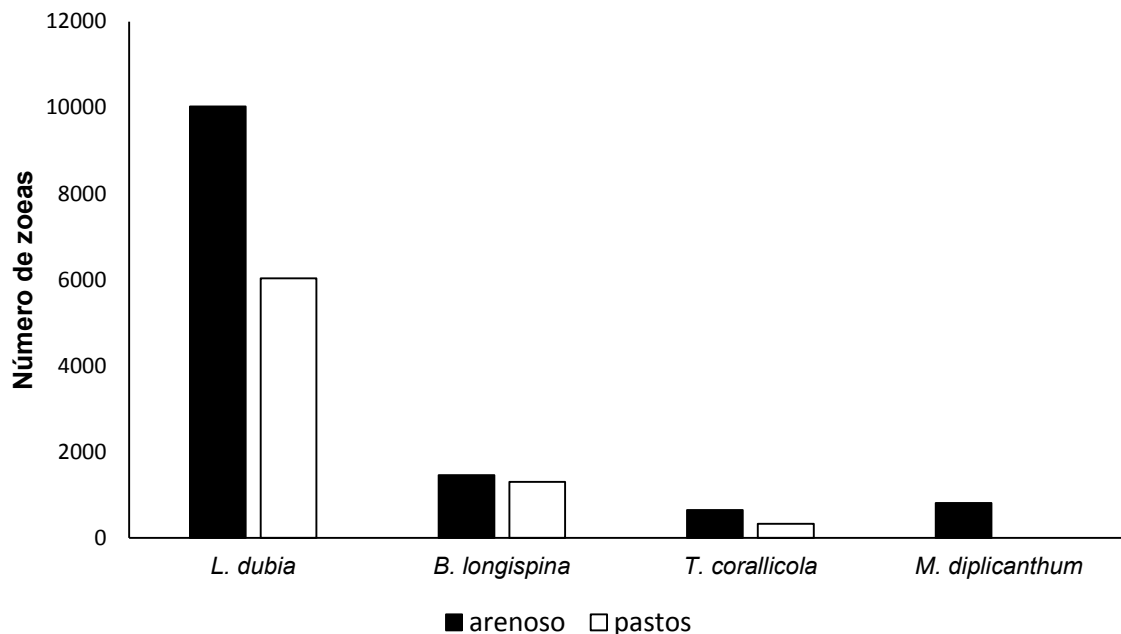


Figura 21. Número de zoeas por especie y sustrato, recolectadas en Isla Sacrificios perteneciente al PNSAV.

### **Diversidad espacial**

En general la diversidad espacial de todos los muestreos fue menor a 2 bits/ind. El máximo valor encontrado fue en el sustrato arenoso, en este sustrato también se encontró mayor riqueza específica y la mayor abundancia con 4 especies y 12 941 (63 %) zoeas respectivamente (Fig. 22).

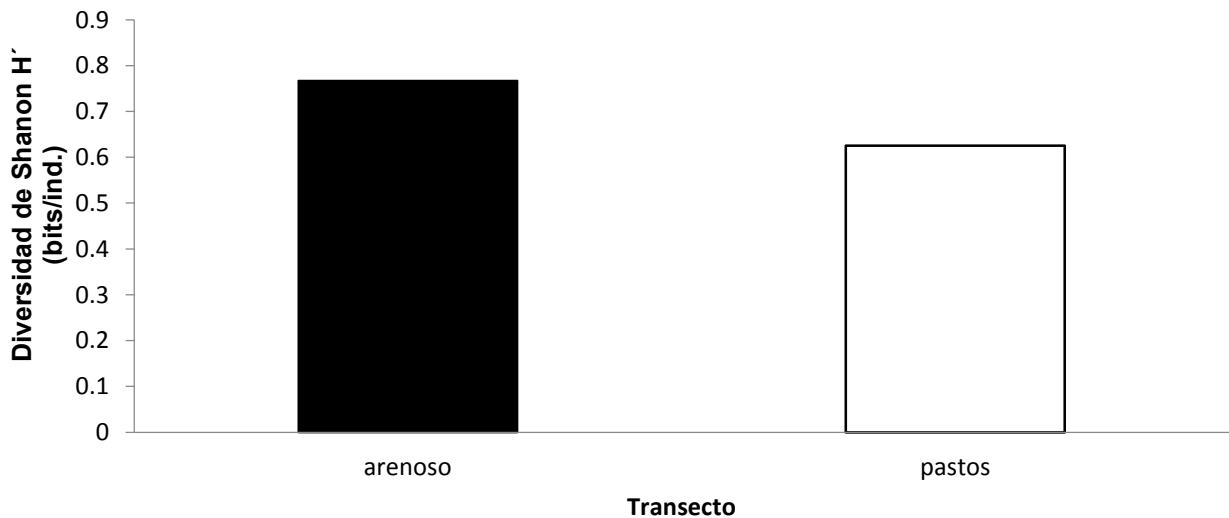


Figura 22. Valores por sustrato del índice de diversidad de Shannon H', en Isla Sacrificios perteneciente al PNSAV.

En Isla Sacrificios, los valores más altos de abundancia de zoeas se presentaron en septiembre con un total de 16 521 larvas de las cuales 13 767 fueron de *L. dubia* representando el 83.33%. El mes que presentó la menor abundancia fue junio con nueve larvas. Al comparar los transectos muestreados no se encontraron diferencias significativas entre los meses de colecta ( $P=0.273$ ) (Fig.23). Los meses que presentaron el valor más alto en la riqueza específica fueron julio agosto y septiembre (3), julio muestra los valores más altos de equitatividad (0.6194) y diversidad de Shannon H (0.6805 bits/ind.).

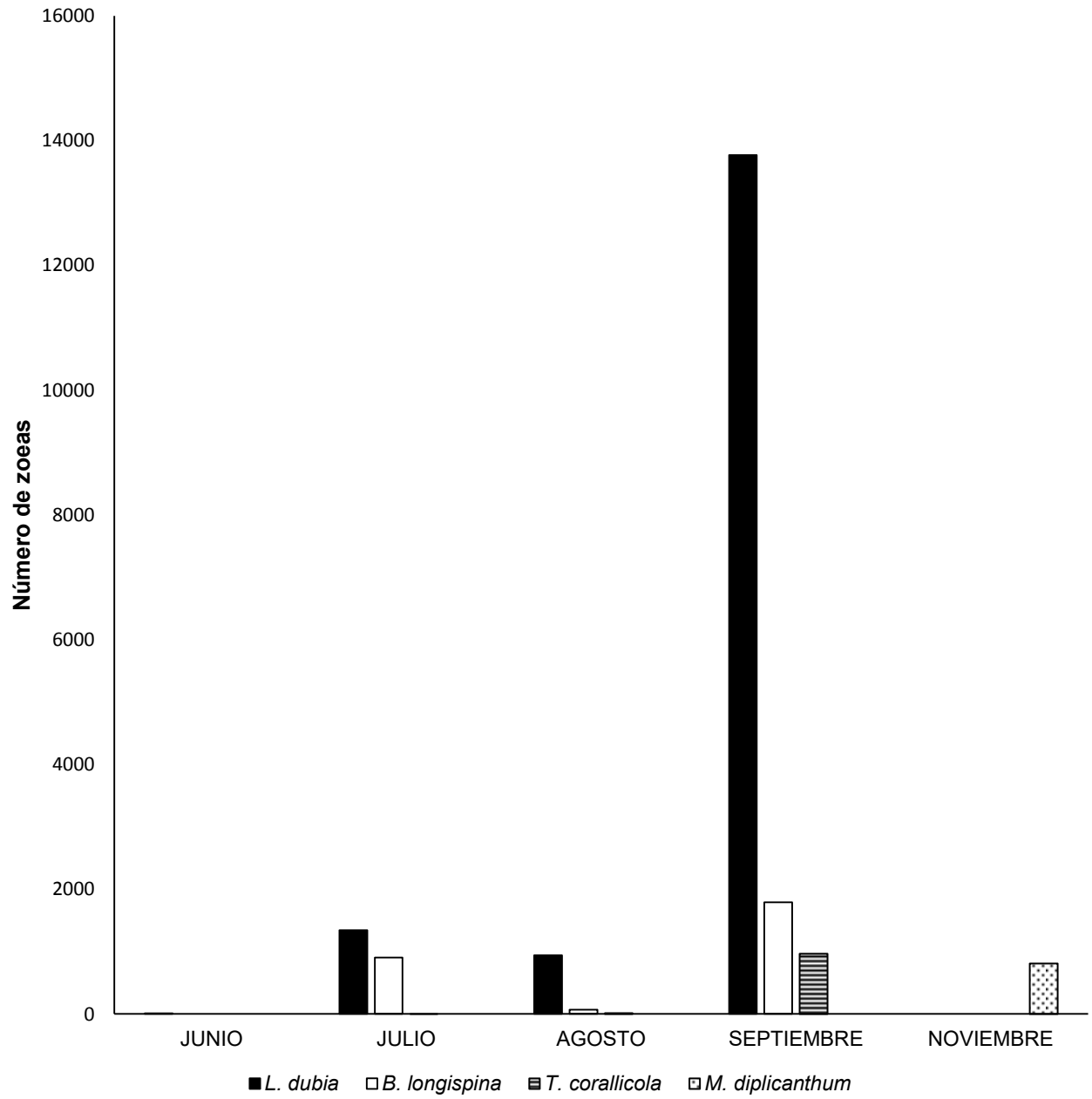


Figura 23. Número de zoeas por especie durante los meses de muestreo en Isla Sacrificios perteneciente al PNSAV.

### **Diversidad mensual en Isla Sacrificios**

En general la diversidad mensual de todos los muestreos fue menor a 2 bits/ind. Se encontraron tres especies en julio y 2249 zoeas, que contribuyen con el 11% del total de zoeas (Fig. 24).

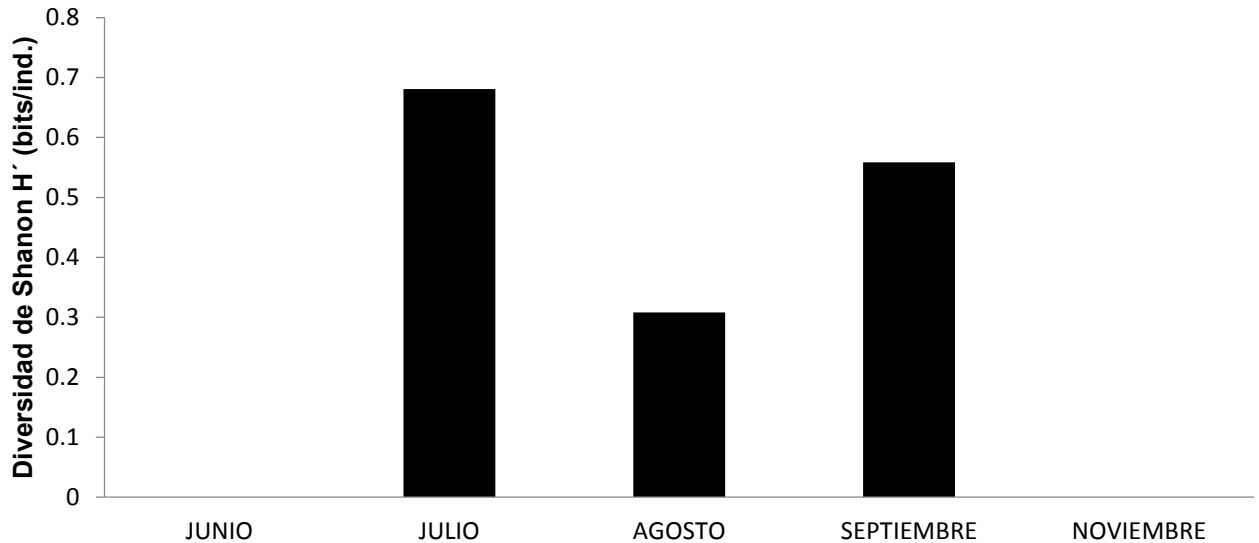


Figura 24. Diversidad de Shannon H' durante los meses de muestreo en Isla Sacrificios perteneciente al PNSAV.

El periodo en el que se registró la mayor abundancia fue de las 21:00 a las 22:00 h, *L. dubia* presentó 9 307 ejemplares los cuales representan el 86.2%, es seguido por *B. longispina* con 759 representa el 7%. En el periodo de 24:00 a 01:00 am presentó menos especies (Fig. 25). Al comparar las horas muestreadas no se encontraron diferencias significativas entre ellos ( $P= 0.2774$ ). Los periodos de 21:00 a 22:00 h y de 23:00 a 24:00 h presentaron las cuatro especies cada uno. De las 22:00 a 23:00 h se presentó el valor más alto de diversidad de Shannon (0.9049 bits/ind). De 03:00 a 04:00 h se presentó el valor más alto de equitatividad J (0.9326).

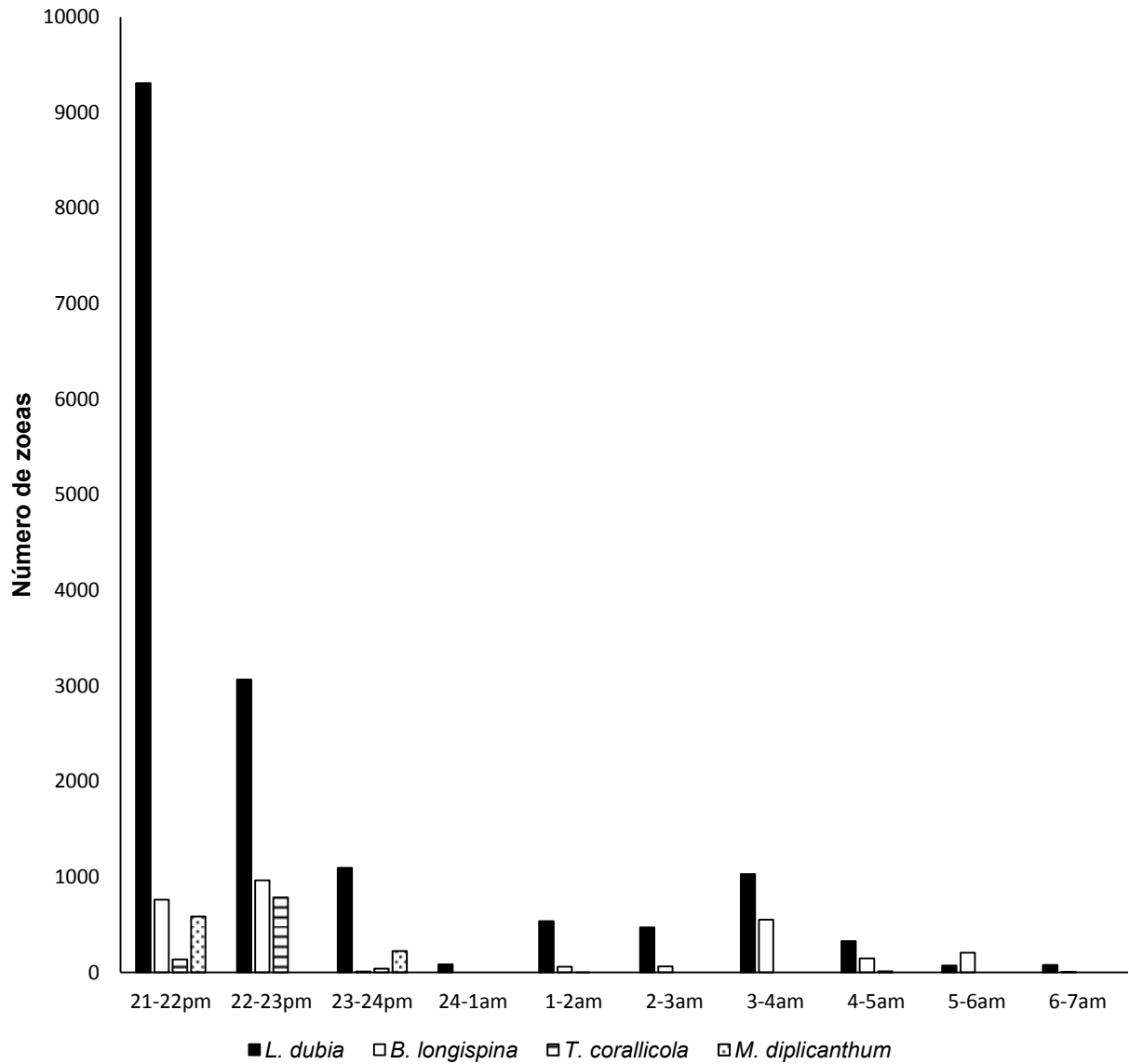


Figura 25. Número de zoeas por especie durante las horas de muestreo en Isla Sacrificios perteneciente al PNSAV.

### *Diversidad temporal*

En general la diversidad mensual fue menor a 2 bits/ind. (Fig. 26). El máximo valor encontrado fue en el periodo de 22:00 a 23:00 h, con tres especies y 4809 zoeas, lo que representa 23 % de los organismos recolectados.

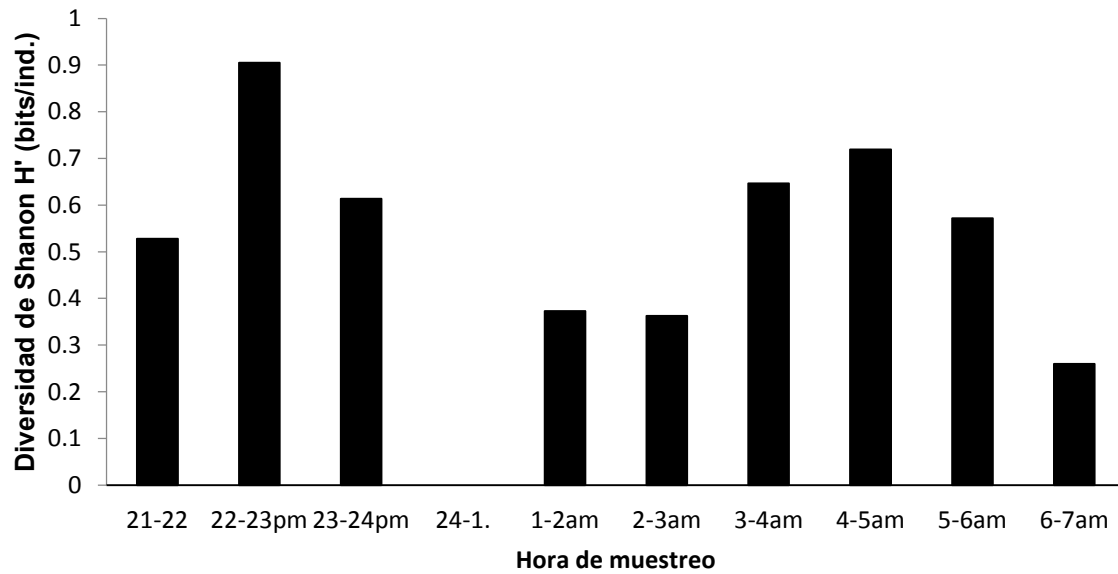


Figura 26. Diversidad de Shannon H' en las horas de muestreo en Isla Sacrificios perteneciente al PNSAV.

## **Biomasa**

La especie *B. longispina* presentó el valor más alto de biomasa con  $0.000054 \pm 4.0 \times 10^{-6}$  Kj/g, mientras que *Libinia dubia* fue la especie que presentó el valor menor de biomasa  $0.000036 \pm 1.8 \times 10^{-5}$  Kj/g.

Tabla 3. Biomasa de zoeas de braquiuros.

Especie	Total	%	Biomasa kj/g
<i>Troglocarcinus corallicola</i>	979	4%	$0.00004 \pm 2.5 \times 10^{-5}$
<i>Bathynectes longispina</i>	2 761	13%	$0.000054 \pm 4.0 \times 10^{-6}$
<i>Libinia dubia</i>	16 867	79%	$0.000036 \pm 1.8 \times 10^{-5}$
<i>Macrocoeloma diplacanthum</i>	810	4%	$0.000036 \pm 1.9 \times 10^{-5}$

*Descripción de las especies de Brachyura en estadio de zoea I*

***Raninoides sp.***

Zoea I. Caparazón con espinas dorsal, rostral y laterales tres veces más largas que el largo del caparazón, además de presentar espinas en a lo largo de las espinas. El telson presenta una furca no típica (Fig. 27).



Figura 27. *Raninoides sp.* Zoea I, vista lateral, muestra procesos espinosos a lo largo de todas las espinas.



***Ethusa sp.***

Zoea I. Caparazón con espinas laterales, la espina dorsal y la rostral son tres veces más largas que el largo del caparazón, además tienen un telson con furcas tres veces más largas que la base donde se bifurca el telson (Fig. 28).



Figura 28. *Ethusa sp.* Zoea I, vista lateral, caparazón con espinas laterales, la espina dorsal y la rostral son largas.

***Menippe mercenaria***

Zoea I. El caparazón presenta espina rostral, dorsal y un par de dorsales. La espina dorsal esta curvada posteriormente. La espina rostral no presenta espinas. El abdomen cuenta con cinco somitos y el telson con un par de furcas típicas con una espina lateral (Fig. 29).

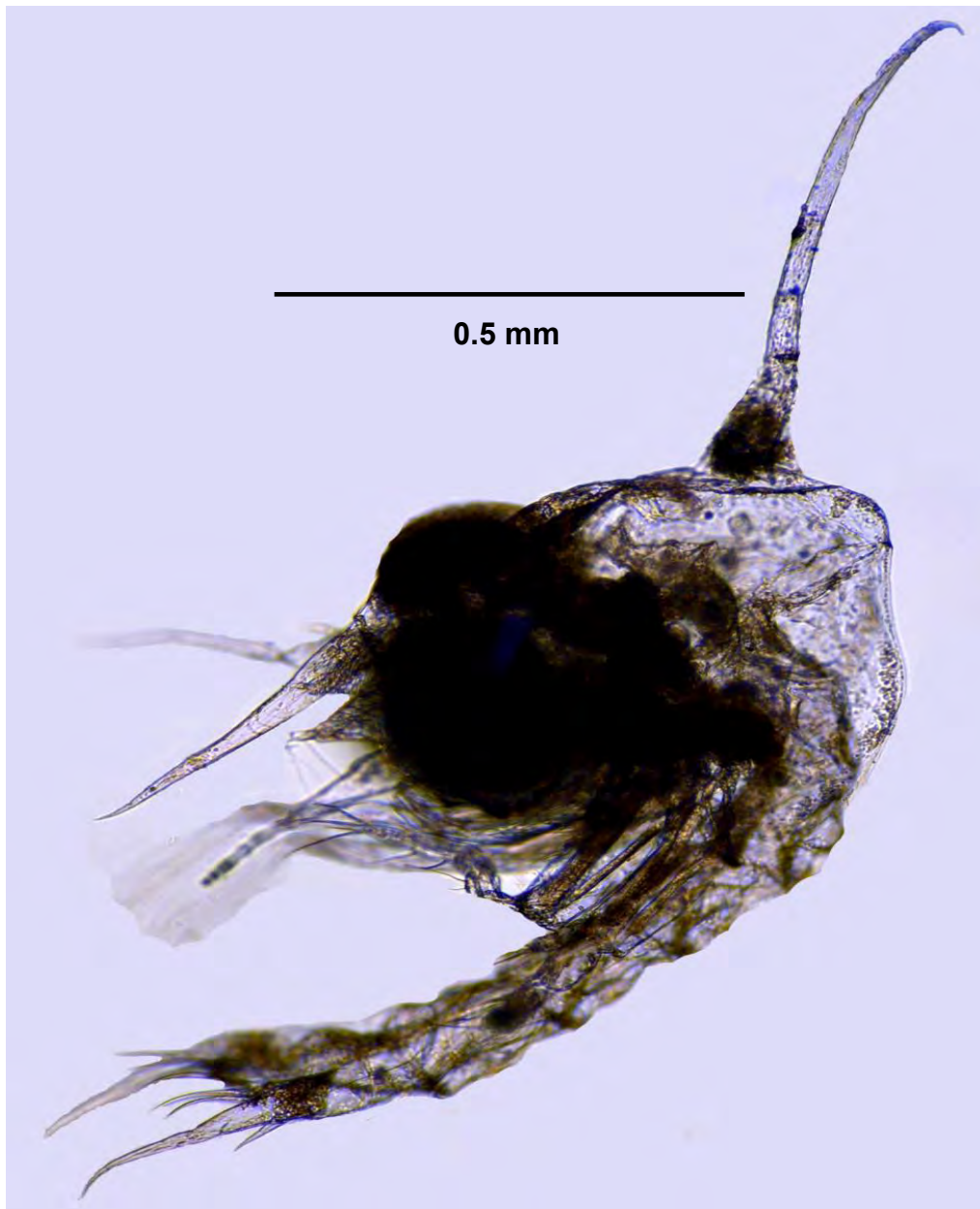


Figura 29. *Menippe mercenaria*. Zoea I, vista lateral, espina rostral sin espinas en la punta.

***Menippe nodifrons***

Zoea I. Caparazón con espinas laterales, la espina dorsal y la rostral son del mismo largo. La antena tiene la mitad del largo de la espina rostral. Además, el telson cuenta con un par de furcas típicas, cada una con una espina lateral. *M. nodifrons* se diferencia de *M. mercenaria* en que el quinto pleonito presenta una espina dorsal (Fig. 30).

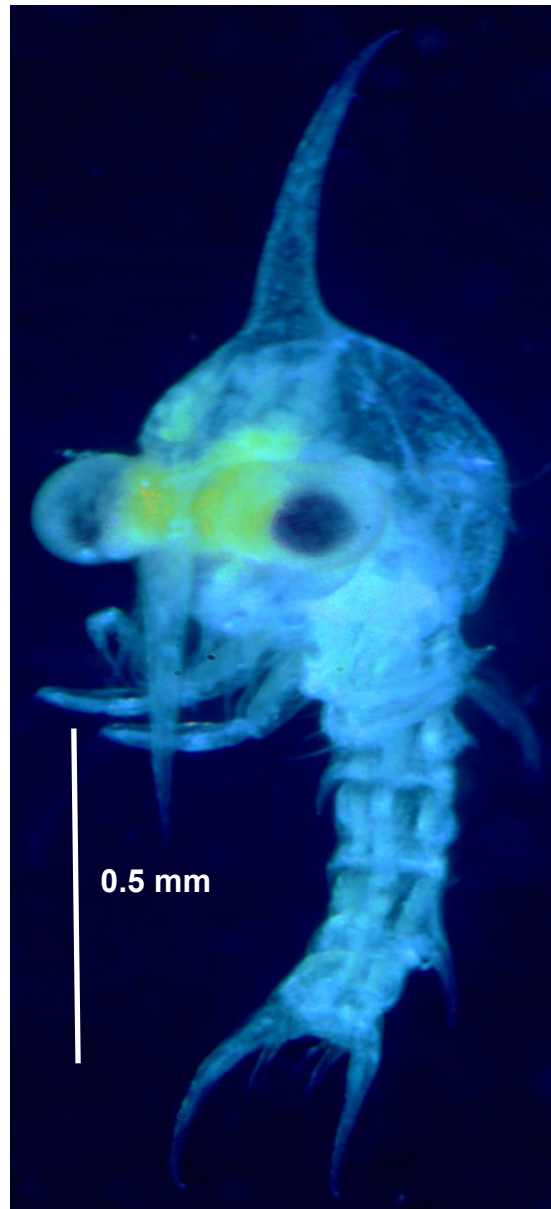


Figura 30. *Menippe nodifrons*. Zoea I, el quinto pleonito presenta una espina dorsal

***Troglocarcinus corallicola***

Zoea I. Caparazon con un par de espinas laterales, una dorsal y una rostral. Presenta el cuarto pleonito extendido en forma de ala. Además de tener un telson corto (Fig.31).



Figura 31. *Troglocarcinus corallicola* zoea I. Con el cuarto pleonito extendido.

***Persephona mediterránea***

Zoea 1. El caparazón tiene espina rostral, dorsal y lateral. La antena es reducida, con un gancho posterolateral en el segundo pleonito. El telson tiene una forma subtriangular, no es una forma típica (Fig. 32).

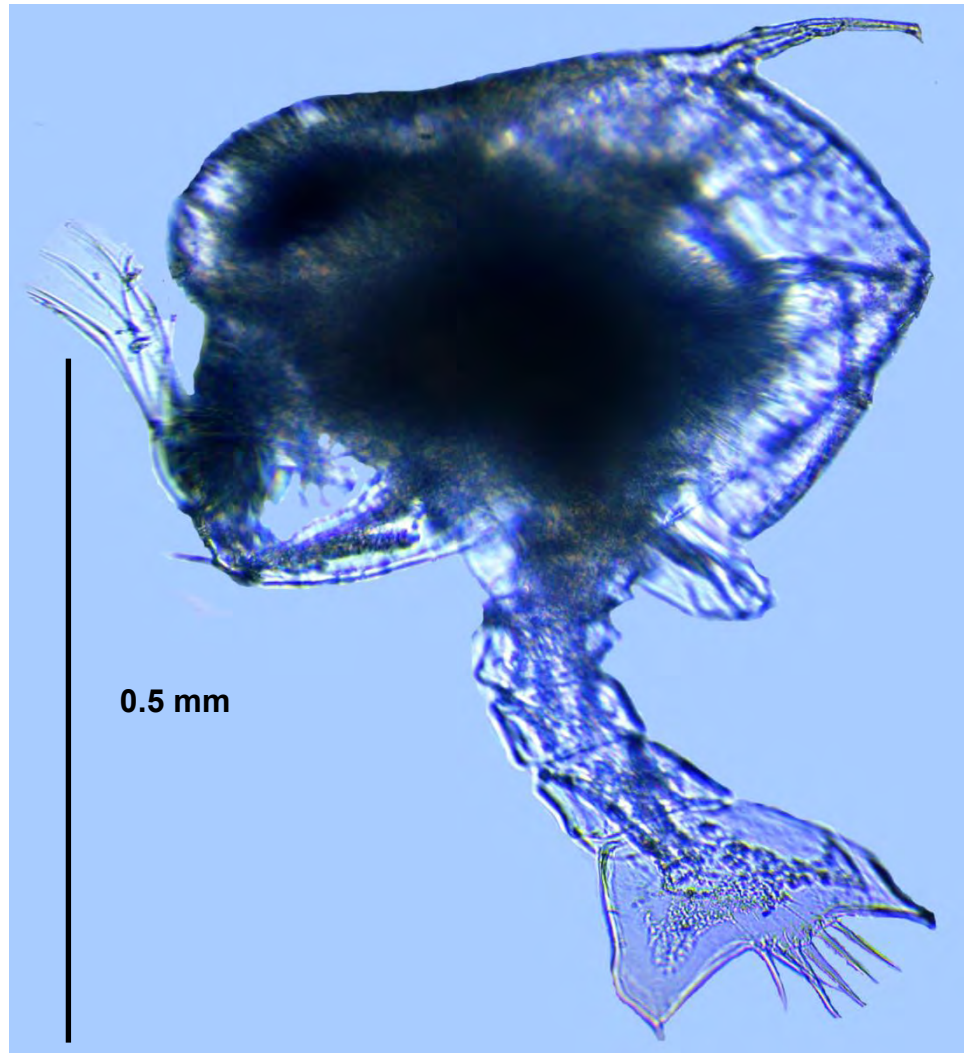


Figura 32. *Persephona mediterránea*. Zoea I. El telson tiene una forma subtriangular, no presenta una furca de forma típica.

***Libinia dubia***

Zoea I. El caparazón es grande y tiene espina rostral y dorsal, carece de espinas laterales. La espina rostral es más corta que las antenas. La espina dorsal es larga y curvada. El segundo pleonito presenta un par de ganchos. El telson presenta una furca típica con una espina en cada furca (Fig. 33).

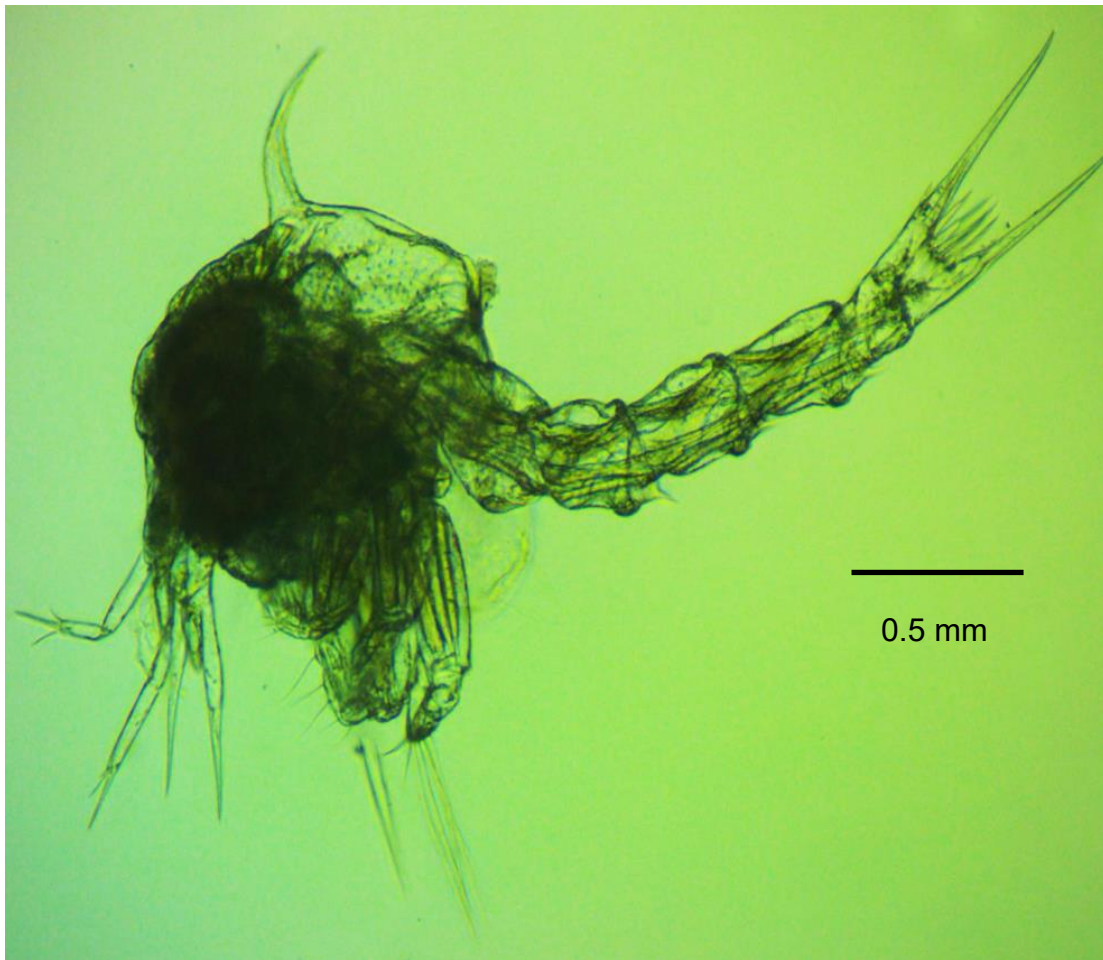


Figura 33. *Libinia Dubia*. Estadio zoea I, vista lateral, espina rostral más corta que las antenas.

***Bathynectes longispina***

Zoea 1. Caparazón con espinas laterales, espina dorsal y rostral. Una espina larga en el carpo del endópodo del primer maxilípodo lo distingue de las otras especies de su familia. Presenta un telson con furcas típicas, cada una presenta tres espinas una lateral larga una lateral corta y una dorsal (Fig. 34).

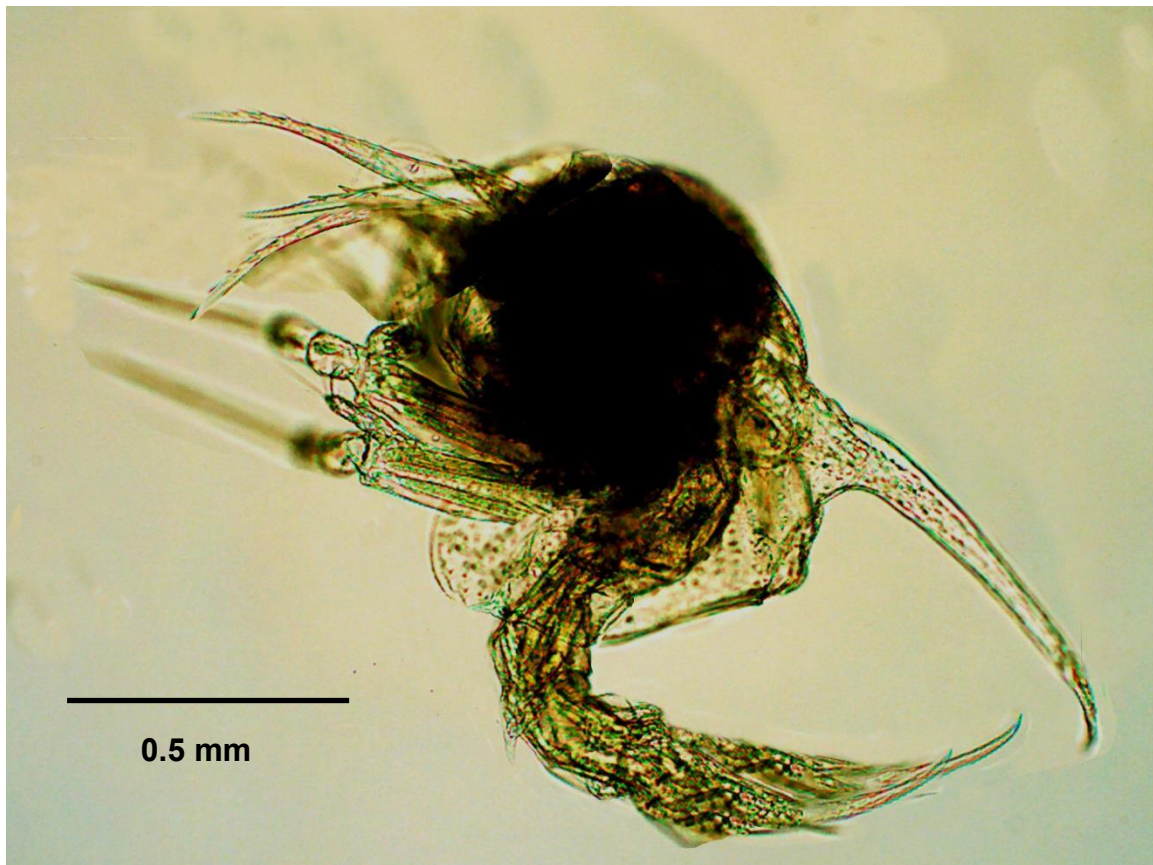


Figura 34. *Bathynectes longispina*. Zoea 1, vista lateral, Caparazón con espinas laterales, espina dorsal y rostral. Una espina larga en el carpo del endópodo del primer maxilípodo.

***Callinectes sapidus*.**

Zoea I. El caparazón presenta espina rostral corta, nunca más larga que los maxilípedos. Tiene pequeños ganchos en el segundo pleonito. El telson es bifurcado con una espina dorsal y dos laterales (Fig. 35).

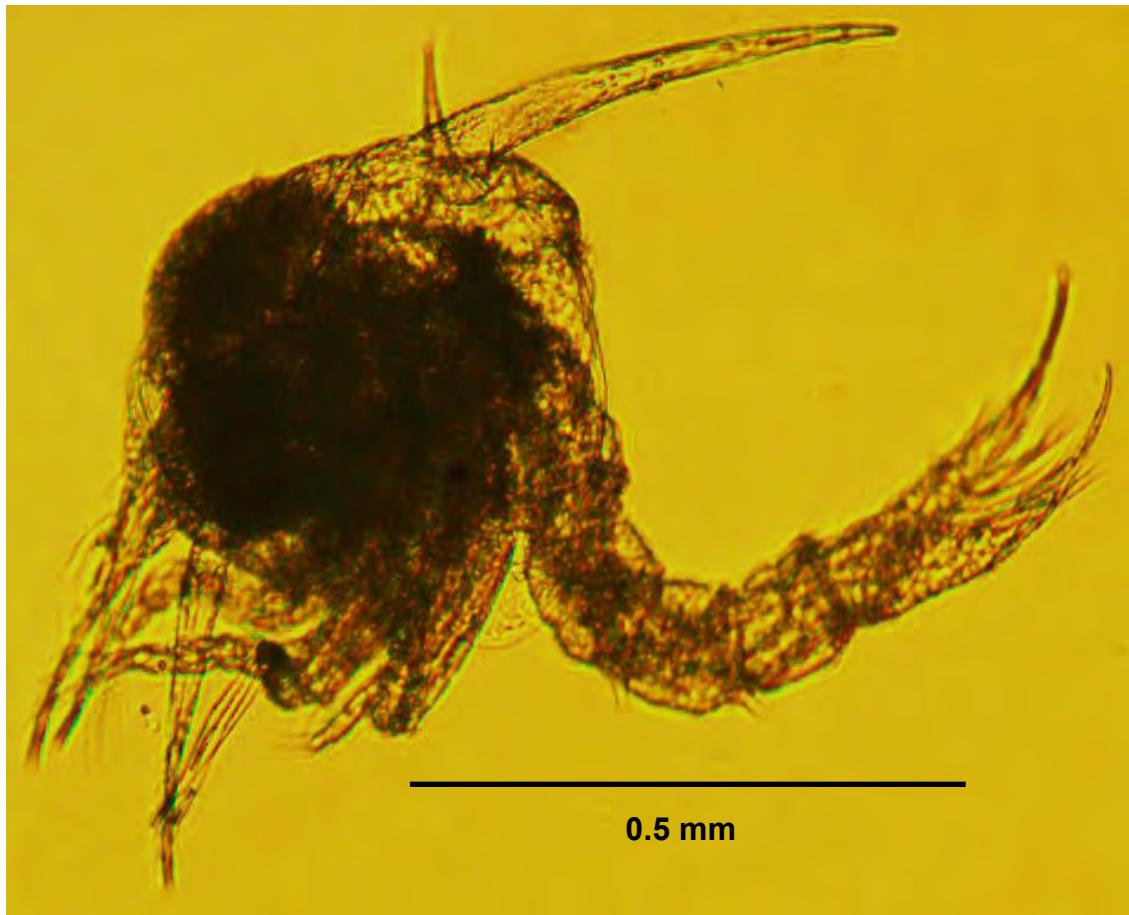


Figura 35. *Callinectes sapidus*. Zoea I, vista lateral, espina lateral en el caparazón y ganchos en el segundo pleonito.



***Portunus pelagicus***

Zoea I. Caparazón con un par de espinas laterales, una espina dorsal y una rostral largas. Anténula con dos estetes. El endópodo de la maxila presenta seis setas. El telson consta de un par de furcas típicas con dos espinas cada una (Fig. 36).



Figura 36. *Portunus pelagicus*. Zoea 1, vista lateral, caparazón con un par de espinas laterales, una espina dorsal y una rostral largas.

***Armases sp.***

Zoea I. El caparazón presenta espina rostral y dorsal, carece de laterales. La antena tiene el exópodo desarrollado con dos estetes. Anténula con tres estetes y una seta (Fig. 37). El telson con una furca típica, cada furca tiene una espina.



Figura 37. *Armases sp.* Zoea I, vista lateral, presenta espina rostral, dorsal y carece de laterales.

***Geograpsus lividus*,**

Zoea 1. Caparazón con ausencia de espinas laterales, la espina dorsal y rostral son más cortas que el largo del caparazón. El pleon consta de cinco pleonitos, desde el dos hasta el cinco con proyecciones posterolaterales. El telson consta de un par de furcas típicas (Fig. 38).

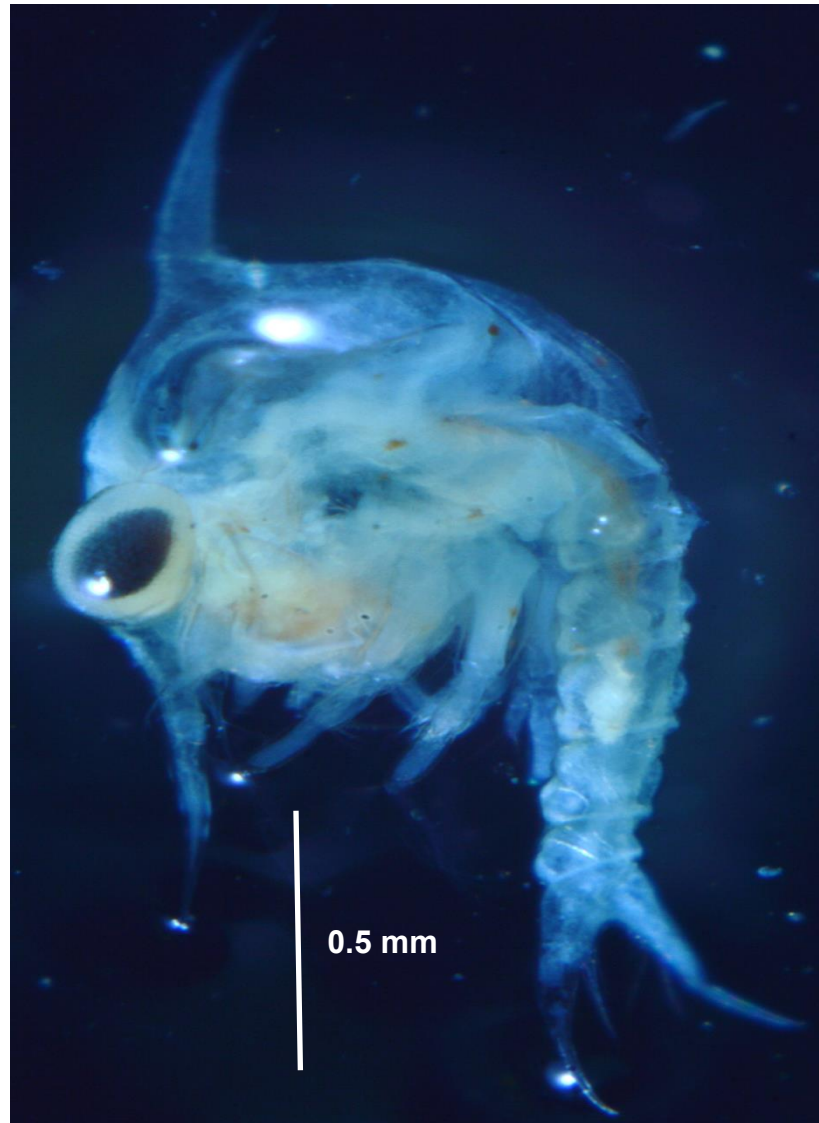


Figura 38. *Geograpsus lividus*. Zoea 1, vista lateral, carece de espinas laterales en el caparazón y en el telson.

***Pachygrapsus transversus***

Zoea I. El caparazón carece de espinas laterales. Presenta una espina dorsal y una rostral más cortas que el largo del caparazón. Del pleonito dos al cuatro se observan procesos dorsolaterales. Además presenta un telson con furcas típicas. Las espinas del protópodo antenal están claramente desarrolladas en la parte distal lo que permitió determinar a la especie (Fig. 39).



Figura 39. *Pachygrapsus transversus*. Zoea 1, vista lateral, el caparazón carece de espinas laterales, espinas del protópodo antenal están claramente desarrolladas.

***Pachygrapsus gracilis***

Zoea I. El caparazón carece de espinas laterales. Presenta una espina dorsal y una rostral más cortas que el largo del caparazón. Del pleonito dos al cuatro se observan procesos dorsolaterales. Además presenta un telson con furcas típicas. Presenta las espinas del protópodo antenal no desarrolladas en toda su extensión (Fig. 40).



Figura 40. *Pachygrapsus gracilis*. Zoea 1, vista lateral, el caparazón carece de espinas laterales, espinas del protópodo antenal no desarrolladas.

***Leucosiidae***

Zoea I. Caparazón con un par de espinas laterales, una dorsal y una rostral, todas más largas que el largo del caparazón, además de un abdomen y telson cortos (Fig. 41).

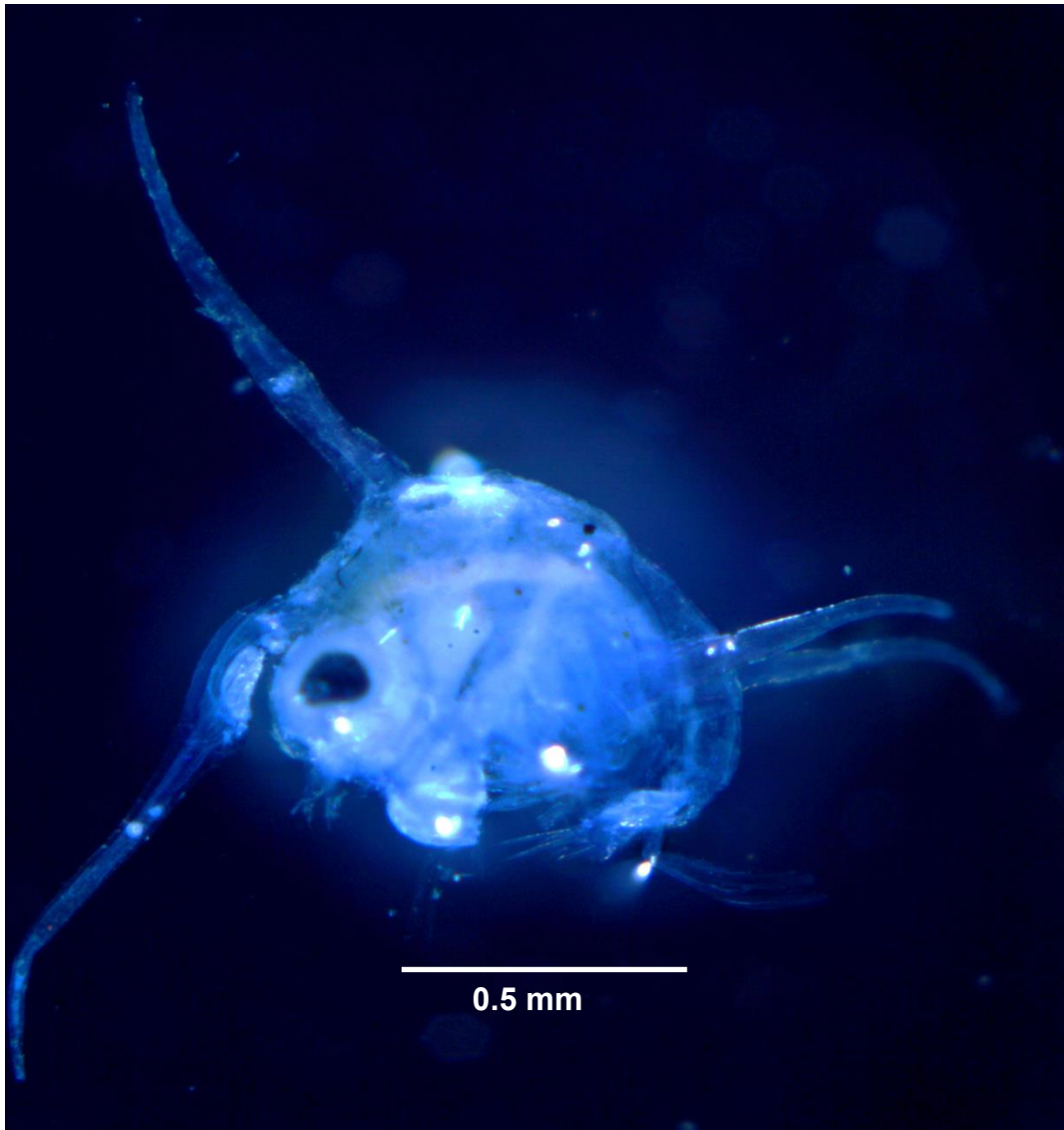


Figura 41. *Leucosiidae*. Zoea I, vista lateral, presenta la espina dorsal rostral y las laterales muy largas.

***Uca sp.***

Zoea I. Caparazón con espinas dorsal y rostral, carece de espinas laterales, la espina rostral están larga como la antena. El telson es bifurcado, las furcas no presentan espinas laterales o dorsales (Fig. 42).

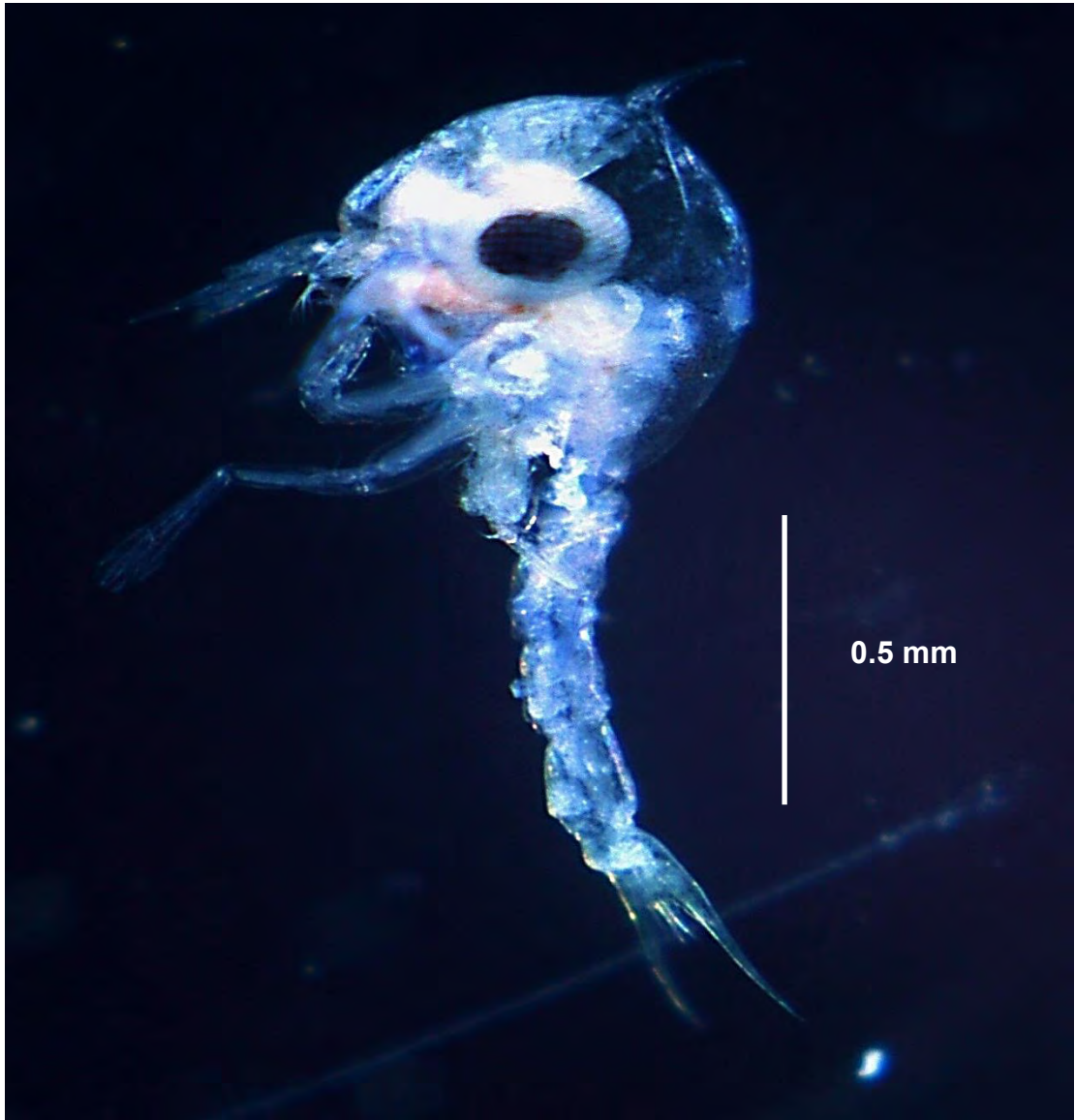


Figura 42. *Uca. Zoea 1*, vista lateral, presenta el caparazón sin espinas laterales y el telson sin espinas en las furcas.

***Zaops ostreum***

Zoea I. Caparazón carece de espinas laterales, espina dorsal y rostral. La antena es rudimentaria. El telson es subtriangular y no presenta furcas típicas (Fig. 43).



Figura 43. *Zaops ostreum*. Zoea 1, vista lateral, caparazón carece de espinas.



***Austinixa cristata*,**

Zoea I. Caparazón presentan espinas laterales, dorsal y rostral. El quinto pleonito cubre el telson, además presenta una muesca. El telson es bifurcado pero presenta furcas típicas, no presenta espinas laterales ni dorsales (Fig. 44).



Figura 44. *Austinixa cristata*. Zoea I, vista lateral, el quinto pleonito cubre el telson.

***Macrocoeloma diplacanthum***

Zoea I. Difiere de otros májidos por la setación posterolateral del caparazón que presenta 1+6 setas. El escafognatito de la maxila tiene 11 setas (Fig. 45).



Figura 45. *Macrocoeloma diplacanthum*. Zoea I, vista lateral, caparazón presenta setas en margen posterolateral.

## **Discusión.**

### **Abundancia Riqueza y Biomasa**

De los 16 géneros encontrados en el área de estudio, 11 coinciden con el trabajo de Álvarez *et al.* (1999) y Felder y Camp (2009). Álvarez *et al.* (2014) mencionan a 114 familias de crustáceos decápodos adultos en México, de las cuales ocho fueron encontradas en este trabajo.

Las abundancias más altas de zoeas de braquiuros fueron obtenidas durante el mes de octubre, mes perteneciente al periodo de lluvias en el PNSAV, esto puede tener relación con la disponibilidad de alimento durante esas épocas en la zona debido al acarreo de nutrientes por la descarga del río Jamapa, además, de acuerdo a Okolodkov *et al.* (2011) y Ayala-Rodríguez *et al.* (2014) en esta temporada se presentan los valores más altos de biomasa zooplanctónica. Los valores más altos de abundancia de zoeas se presentaron cerca de las últimas estaciones del transecto "D", en la parte sur del sistema arrecifal, resultado similar al encontrado por Ayala-Rodríguez *et al.* (2014) para la abundancia de ictioplancton.

El aumento de la abundancia del zooplancton que se encuentra cerca de las desembocaduras de los ríos, se debe al incremento de los nutrientes y materia en suspensión que están disponibles gracias al transporte y a las descargas de los ríos (Álvarez-Cadena *et al.* 1984). Para el Golfo de México, Sánchez-Ramírez (1997) obtuvo los valores más altos de biomasa zooplanctónica en la desembocadura de los sistemas Grijalva-Usumacinta y en los ríos Tuxpan y Cazones.

El mes que presento la mayor abundancia de todo el estudio fue octubre. Al respecto Okolodkov *et al.* (2011), mencionan que el valor más alto de abundancia se presenta en septiembre-octubre al final de la temporada de lluvias cuando las corrientes cambian de dirección.

La abundancia del zooplancton presenta las densidades más altas en enero (invierno) y mayo (primavera). Una situación similar fue registrada en el estudio realizado por Navarro-Rodríguez *et al.* (2002).

La riqueza de especies fue más alta en primavera, Okolodkov *et al.* (2011), menciona que la riqueza taxonómica del zooplancton fue más alta en los meses de abril y junio. Al respecto Álvarez-Cadena *et al.* (2007), encuentran que la mayor cantidad de zoeas de braquiuros se presentan durante la época de sequía. Es importante mencionar que la mayor parte de las especies de braquiuros presentes en las recolectas de este estudio presentan su mayor actividad reproductiva a finales de primavera y durante verano (Williams, 1984), lo que corresponde a secas y lluvias en el suroeste del Golfo de México.

Los géneros *Callinectes*, *Libinia* y *Mennipe* son los más abundantes del estudio. *L. dubia* es la especie más abundante con el 27 % del total obtenido. Respecto a esto Magaña-Gallegos *et al.* (2012), mencionan que *L. dubia* representó el 37 % de su muestra, también encontraron que los géneros *Callinectes*, *Libinia* y *Mennipe* son los más abundantes.

El estudio de la biomasa zooplanctónica, su distribución espacio-temporal puede ser utilizado como muestra de la producción secundaria del sistema pelágico (Boltovskoy, 1981). El zooplancton interactúa con otros componentes del sistema y gracias a él, la transferencia de energía y materia de un nivel trófico a otro puede llevarse a cabo (Raymont, 1983).

Además, los crustáceos tanto en estadios larvales, juveniles y adultos representan una fracción importante de la biomasa de los contenidos alimenticios de peces (Bedia-Sánchez y Franco-López, 2008).

El Golfo de México está caracterizado por presentar tres estaciones al año, de octubre a abril se presenta la época dominante (nortes), de abril a mayo la temporada seca y en verano (junio a noviembre) lluvias fuertes (Day *et al.*, 1996, Gutiérrez de Velasco y Winant, 1996). La situación particular del PNSAV es el resultado de las relaciones entre distintos componentes de la circulación tanto oceanográfica como atmosférica (Salas-Pérez y Granados-Barba, 2008). La temporada de lluvias presenta características particulares debido a la precipitación y a las descargas de los ríos (Gutiérrez de Velasco y Winant, 1996.).

Okolodkov *et al.* (2011) y Salas-Pérez *et al.* (2012) describen que el volumen de plancton en el PNSAV varía en el transcurso del año. Durante el periodo de secas se presentan los valores más bajos, aumentando en lluvias (verano), esto se debe a la contribución de materia orgánica por los ríos Jamapa y Papaloapan y a las velocidades del viento que mezclan la columna de agua provocando que los nutrientes del fondo se pongan a disposición de los organismos fitoplanctónicos (Salas-Monreal *et al.*, 2009). Lo cual coincide con los resultados obtenidos en la presente investigación.

La contribución de los ríos de materia orgánica y nutrientes en época de lluvias al sistema arrecifal, puede ser la causa de que se encontraran los valores más elevados en el mes de septiembre. Okolodkov *et al.* (2011), encontraron también los mayores valores de biomasa en esta época en el mes de octubre, además la riqueza de especies también es mayor.

El PNSAV se define por el influjo de la marea diurna. El curso de la marea se altera por la presencia de bajos poco profundos, arrecifes e islas. Estas barreras físicas favorecen la formación de giros ciclónicos y anticiclónicos al norte y sur del PNSAV, y frente a la desembocadura del río Jamapa. Estos giros generan el intercambio de material orgánico,

nutrientes y contaminantes (Salas-Pérez & Granados-Barba, 2008, Salas-Monreal et al., 2009; Chacón-Gómez, 2009; Jasso-Montoya, 2012, Salas-Pérez et al., 2012). Estas condiciones que presenta el PNSAV también han sido registradas en otros sistemas arrecifales por Wolanski, (1983).

Ayala-Rodríguez *et al.* (2014) describen que la diversidad de Shannon-Wiener  $H'$  en los años 2011, 2012 y 2013 es baja, por debajo de las dos unidades. Los valores más altos de diversidad y de abundancia que encontró fueron en el mes de marzo del año 2013. Lo cual coincide con los resultados de la presente investigación, ya que se encontró un valor de diversidad bajo y los valores más altos de diversidad se encontró en el mes que se presentó mayor abundancia

## **Morfología**

Los primeros criterios para la identificación de los estadios larvales son los propuestos por Lebour (1928) y Bourdillon-Casanova (1960), sin embargo, estas obras resultaban incompletas en diferentes aspectos (Cházaro-Olvera et al., 2014). Recientemente a través de internet y de las páginas de las revistas se conocen más documentos sobre descripciones de los estadios larvales de diferentes especies de braquiuros, lo que apoyó la realización del presente estudio.

Además de los criterios principales establecidos en material y métodos para la identificación de las zoeas se siguieron las descripciones originales y los criterios morfológicos complementarios entre los que destacan de Hyman (1924), Costlow y Bookhout (1959), Roberts (1969), Scotto y Gore (1981), Negreiros-Fransozo *et al.* (1989), Cuesta y Rodríguez (1994), Fransozo *et al.* (1998), Cuesta y Schubart (1999), Bullard (2001), Marques

*et al* (2003), Josileen y Menon (2004), Spivak y Luppi (2004), Koettker *et al.* (2012), Cházaro-Olvera *et al.* (2014), Martin *et al.* (2014), lo que sirvió para analizar que caracteres apoyan la diferenciación de las especies en estadio de zoea 1.

Uno de los caracteres que se ha utilizado para la separación inicial de las zoeas en estadio 1, es la presencia de espinas rostral, laterales y dorsales sobre el caparazón (Cházaro-Olvera *et al.*, 2014). Se puede distinguir a Sesarmidae, Grapsidae, Epialtidae, Ocypodidae por carecer de espinas laterales. Las familias Cryptochiridae, Ethusidae, Menippidae, Pinnotheridae, Polybiidae, Portunidae y Ranininae presentan las espinas rostral, laterales y dorsal. Particularmente de la familia Pinnotheridae *Zaops ostreum* no presenta ninguna espina sobre el caparazón.

Las larvas de los májidos como *Libinia dubia* la espina rostral es más corta que las antenas. *Macrocoeloma diplacanthum* difiere de otros májidos por la setación posterolateral del caparazón que presenta 1+6 setas.

En las larvas de grápsidos las especies del género *Pachygrapsus* se observan procesos dorsolaterales en los pleonitos dos al cuatro, presentan una espina dorsal y una rostral más cortas que el largo del caparazón. En *P. transversus* las espinas del protópodo antenal están claramente desarrolladas en la parte distal lo que permitió determinar a la especie. En el caso de *Pachygrapsus gracilis* las espinas del protópodo antenal no están bien desarrolladas en toda su extensión. Para la especie *Geograpsus lividus*, la espina dorsal y rostral son más cortas que el largo del caparazón. En *Armases sp* la anténula tiene el exópodo bien desarrollado con dos estetes.

La especie encontrada del género *Uca* tiene una espina rostral es tan larga como la antena. El telson es bifurcado, sin embargo, las furcas no presentan espinas laterales o dorsales.

Para las especies con la presencia de los tres tipos de espinas sobre el caparazón están los menípidos como *Menippe mercenaria* que no presenta espinulas en la espina rostral. En la especie *Menippe nodifrons* la antena tiene la mitad del largo de la espina rostral. Además, el telson cuenta con un par de furcas típicas, cada una con una espina lateral, *M. nodifrons* se diferencia de *M. mercenaria* en que el cuarto pleonito presenta una espina dorsal del mismo tamaño que el pleonito.

Los portúnidos como *Callinectes sapidus* tiene pequeños ganchos en el segundo pleonito, el telson es bifurcado con una espina dorsal y dos laterales. La zoea de *Bathynectes longispina* presentó una espina larga en el carpo del endópodo del primer maxilípedo, lo que la diferencia de otras especies de la familia Portunidae. En *Portunus pelagicus*, el caparazón presentó un par de espinas laterales, una espina dorsal y una rostral largas.

La especie *Troglocarcinus corallicola* también presentó un par de espinas laterales, una dorsal y una rostral cortas sobre el caparazón y como característica evidente presenta el cuarto pleonito extendido en forma de ala, además de tener un telson corto.

Otra especie con modificación en uno de los pleonitos es *Austinixa cristata* donde el quinto pleonito cubre hasta el telson, además presenta una muesca. El telson es bifurcado y no presenta espinas laterales ni dorsales.



En género *Raninoides* las espinas del cefalotórax están armadas con pequeñas espinas. El telson también es diferente siendo considerablemente ensanchado y de forma rectangular.

En la especie encontrada del género *Ethusa* las espinas laterales, dorsal y la rostral son tres veces más largas que el largo del caparazón, además, tienen un telson con furcas tres veces más largas que la base donde se bifurca el telson.

Las espinas laterales, dorsal y rostral en *Leucosiidae* son más largas que el largo del caparazón, además de que el abdomen y telson son cortos.

La morfología del telson es otro de los caracteres que ayudó inicialmente a la separación de las zoeas. En *Persephona mediterránea* el telson tiene una forma subtriangular.

Finalmente, en *Zaops ostreum* el caparazón carece de espinas laterales, dorsales y rostral, el telson también es subtriangular.

## Conclusiones

### PNSAV

Se obtuvieron 1706 zoeas de Brachyura en los cuatro transectos y tres años de muestreo, pertenecientes a 11 superfamilias, 12 familias, 15 géneros y 14 especies.

*Libinia dubia* fue la especie que presentó la mayor abundancia con 505 zoeas, representando el 29% del total de zoeas recolectadas.

El transecto C presentó el valor más elevado de taxa (14) y de diversidad de Shannon H (1.766 bits/ind).

En 2011 se encontraron 566 zoeas pertenecientes a 10 especies. La especie que presentó la mayor abundancia fue *M. mercenaria* con 177 zoeas.

Los valores más altos de abundancia se presentaron en octubre con un total de 446 larvas, de las cuales 136 fueron de *C. sapidus* representando el 31% del total. Los meses que presentaron el valor más alto de taxa fueron agosto y octubre (8).

En 2012 se encontraron 516 zoeas pertenecientes a 11 especies. Las especies que presentaron la mayor abundancia fueron *L. dubia* y *C. sapidus* con 145 zoeas representando el 28% del total cada una. Los valores de mayor abundancia, riqueza y diversidad se presentaron en el mes de mayo.

En 2013 se encontraron 624 zoeas pertenecientes a 17 especies, este año presentó la mayor abundancia. *Libinia dubia* fue la especie que presentó la mayor abundancia con 209 zoeas. El valor más alto de abundancia se presentó en la última estación del transecto B de enero.

*Libinia dubia* (505 individuos), aporta la mayor biomasa de zoeas al sistema, y es en enero cuando mayor biomasa se registra.

### **Isla Sacrificios**

En Isla Sacrificios se obtuvieron 20 607 larvas zoeas de braquiuros, que pertenecen a tres Superfamilias, Cryptochiridea, Majoidae, Portunoidea. Los majidos fueron los más abundantes, representando el 78% (16 058 larvas) del total. *Libinia dubia* fue la especie más abundante.

El mes que presentó mayor abundancia y riqueza de especies fue septiembre (16 521 larvas).

El periodo en que se observaron más abundancia y riqueza de organismos fue de 21:00 a 22:00 h (10 788 larvas).

El sustrato que presentó mayor abundancia y riqueza de especies fue el arenoso con 12 941 larvas

La especie que presentó la mayor biomasa fue *Bathynectes longispina*  $0.000054 \pm 4.0 \times 10^{-6}$  Kj/g. Aunque *Libinia dubia* por el número de organismos recolectados (16 058) fue la especie que más biomasa aportó.

La mayor riqueza de especies se encontró en las muestras que fueron colectadas mediante arrates en el PNSAV, mientras que la mayor abundancia de individuos se encontró en Isla Sacrificios.

## Bibliografía

1. Aikawa, H. 1929. On larval forms of some Brachyura. *Rec. Oceanogr. W. Japan*, 2(1): 17:55
2. Alldredge, A. M., J. M., King. 1977. Distribution, abundance, and substrate preference of demersal reef zooplankton at Lizard Island, Great Barrier Reef. *Mar. Biol.* 41:317-33
- Barnes, D. R. 1996. *Zoología de los invertebrados*. McGraw-Hill Interamericana, México. 1120 p.
- Beers, J. R. 1976. Volumetric methods. En: *zooplankton fixation and preservation*. Steedman, H.F. (edi.). Monographs on oceanographic methodology. UNESCO press, Paris. pp 56-50.
3. Álvarez F, J. L., Villalobos, M. E., Hendrickx., E., Escobar-Briones y G., Rodríguez-Almaraz. 2014. Biodiversidad de crustáceos decápodos (Crustacea: Decapoda) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: S208–S219.
4. Álvarez, F., J. L., Villalobos y S., Cházaro-Olvera. 2011. Camarones y cangrejos dulceacuícolas y marinos (Crustacea: Decapoda). En A. Cruz-Angón, F.G. Lorea-Hernández, V. Hernández-Ortiz y J. E. Morales-Mavil (Eds. y comps.). *La biodiversidad en Veracruz. Estudio de estado. Diversidad de especies: conocimiento actual* (v. II, pp. 287-293). México, D. F. CONABIO, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología.
5. Álvarez, F., J. L., Villalobos, Y. Rojas, y R. Robles. 1999. Listas y comentarios sobre los crustáceos decápodos de Veracruz. *Anales del Instituto de Biología, UNAM*, 70(1), 1-27.
6. Álvarez-Cadena J. N., U. Ordóñez-López, D. Valdés-Lozano, A. R. Almaral y A. Uicab-Sabido. 2007. Estudio anual del zooplancton: composición, abundancia, biomasa e

- hidrología del norte de Quintana Roo, mar Caribe de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 421-430.
7. Álvarez-Cadena, J. N., M. A. Aquino, F. Alonso, G. Millán y T. Torres. 1984. Composición y abundancia de las larvas de peces en el sistema lagunar Huizache-Caimanero. Parte 1 Agua Dulce 1978. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol.* UNAM, México D.F. 11 (1): 163-180.
  8. Ayala-Rodríguez, G. A., U. Ordóñez-López, M. Marín-Hernández y C. Meiners. 2014. Dinámica del ictioplancton en el parque nacional sistema arrecifal veracruzano (periodo 2011-2013). XXI Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar, Cozumel, Quintana Roo. 8 a 11 de octubre de 2014.
  9. Barnes, D. R. 1996. Zoología de los invertebrados. McGraw-Hill Interamericana, México. 1120 p.
  10. Bedia-Sánchez, C. y J. Franco-López. 2008. Peces de los sistemas costeros del Estado de Veracruz. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. 491 p.
  11. Boltovskoy, D. (Ed.) 1999. South Atlantic Zooplankton (pp. I-XVI + 1-1706). Leiden: Backhuys Publishers.
  12. Boschi, E. 1981. *Larvas de crustáceos decápodos*. 699-718. En: Boltovskoy, D. (Ed.). *Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino*. Publicación especial. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero – INIDEP. Mar de Plata, Argentina. 936 p.
  13. Bourdillon-Casanova, L. 1960. Le meroplancton du Golfe de Marseille: Les larves de Crustacés Decapodes. *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume*, 30 (18): 1-286.

14. Bullard, S. G. 2001. *Larvae of anomuran and brachyuran crabs of North Carolina. A guide to the described larval stages of anomuran (Families: Porcellanidae, Albuneidae, and Hippidae) and brachyuran crabs of North Carolina, U.S.A.* (Crustaceana monographs. Brill, Leiden. 137 p.
15. Calderón, L. E., H. Reyes-Bonilla, R.A. López-Pérez, L. Almicar, C. Magaña, D. Herrero-Perezrul, J.D. Carryquiry, P. Medina-Rosas. 2009. Fauna asociada a arrecifes coralinos del Pacífico mexicano *Ciencia y Desarrollo*. 35: 38–45.
16. Carricart-Ganivet, J.P. y G. Horta-Puga. 1993. *Arrecifes de Coral en México*. 80-90 p. En: Salazar-Vallejo S.I. y N.E. González (Eds.). *Biodiversidad Marina y Costera de México*. CONABIO/CIQRO, México, DF. 865 p
17. Chace, F. A. Jr. 1951. The number of species of decapod and stomatopod Crustacea. *Journal of the Washington Academy of Sciences* (41): 370-372.
18. Chacón-Gómez, I. C. 2009. *El análisis de procesos oceanográficos como apoyo al manejo costero*. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Nacional de Ciencias Biológicas. Puntarenas, Costa Rica. 99 pp.
19. Cházaro-Olvera, S., I. A., Windfield, M., Ortiz-Touzet, M. L., Jiménez-Badillo y M. A., Lozano-Aburto. 2014. *Larvas zoeas de cangrejos (Crustacea, Decapoda, Brachyura) del estado de Veracruz, México. Claves de indentificación*. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Tlalnepantla Estado de México, México. 68 p.
20. Contreras, F. y O., Castañeda. 2004. La biodiversidad de las lagunas costeras. *Ciencias*, oct.-dic., 76, 46-56.

21. Costlow, J. D., Jr., C. G., Bookhout, y R. Monroe. 1960. The effect of salinity and temperature on larval development of *sesarma cinereum* (bosc) reared in the laboratory. *Biol. Bull.* 118:183-202.
22. Costlow, J.D. y C.G. Bookhout. 1959. The larval development of *Callinectes sapidus* Rathbun reared in the laboratory (Brachyura, Grapsidae). *Biol. Bull.*, 116: 373-396.
23. Cuesta, J. A. y C. D. Schubart., 1999. First zoeal stages of *Geograpsus lividus* and *Goniopsis pulchra* from Panama: consistent larval characters within the subfamily Grapsinae (Crustacea: Brachyura: Grapsidae). *Ophelia*. 51: 163-176
24. Cuesta, J.A. y A. Rodríguez. 1994. Early zoeal stages of *Pachygrapsus marmoratus* (Fabricius), *P. transversus* (Gibbes) and *P. maurus* (Lucas) (Crustacea: Brachyura: Grapsidae), reared in the laboratory. *Scientia Marina*. 58: 323–327.
25. Day Jr., J. W., C. Coronado-Molina, F. R. Vera-Herrera, R. Twilley, V. H. Rivera-Monroy, H. Álvarez-Guillén, R. Day y W. Conner. 1996. A 7 year record of above-ground net primary production in a southeastern Mexican mangrove forest. *Aquatic Botany*. 55: 39-60.
26. De Grave, S., N. D. Pentcheff, S.T. Ahyong, T-Y. Chan, K.A. Crandall, P.C. Dworschak, D.L. Felder, R.M. Feldmann, C.H.J.M. Fransen, L.Y.D. Goulding, M. E.Y. Low, J.M. Martín, Martin, P.K.L. Ng, C.E. Schweitzer, S.H. Tan, D. Tshudy, y R. Wetzer. 2009. A classification of living and fossil genera of decapod crustaceans. *The Raffles Bulletin of Zoology Supplement*. 21:1-109.
27. Felder, D. L. y D. K. Camp. 2009. Gulf of Mexico: Origins, Waters, and Biota. Texas A & M University Press, Corpus Christi. 1393 p.

28. Fransozo, A., J.A. Cuesta y M.L. Negreiros-Fransozo. 1998. The first zoeal stage of two species of Grapsidae (Decapoda Brachyura) and a key to such larvae from the Brazilian coast. *Crustaceana*. 71: 331–343.
29. Gore, R. H. 1985. *Molting and growth in decapod larvae*. Larval Growth, Crustacean Issues. Balkema, Rotterdam, Boston. 1-53 p.
30. Gutiérrez de Velasco, G. y C. D. Winant. 1996. Seasonal patterns of wind stress and wind stress curl over the Gulf of México. *Journal of Geophysical Research* 101: 18127-18140.
31. Hermoso, S. A. M. 2007. Los estomatópodos y Decápodos del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. UNAM. México. 101-112.
32. Hermoso-Salazar, A. M. y K. Arvizu-Coyotzi. 2007. Los estomatópodos y decápodos del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. En *Investigaciones científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano*, A. Granados-Barba, L. G. Abarca-Arenas y J. M. Vargas-Hernández (eds.). Universidad Autónoma de Campeche, Campeche. p. 101-112.
33. Hyman, O. W. 1924. Studies on the larvae of crabs of the family Pinnotheridae. *Proc. U. S Nat. Mus.*, 64 (7): 1-9.
34. Ingle, R. W. 1992. *Larval stages of Northeastern Atlantic Crabs. An Illustrated Key*. London: Chapman & Hall, Natural History Museum. 363 p.
35. Jasso-Montoya, J. 2012. *Variación de los parámetros oceanográficos alrededor del Arrecife Verde en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (Golfo de México Occidental)*. Tesis de Maestría en Ecología y Pesquerías. Universidad Veracruzana, Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Boca del Río, Veracruz. 71 pp.



36. Johns, D. M., y W. H. Lang. 1977. Larval development of the spider crab *Libinia emarginata* (Majidae). *Fish. Bull.* 75: 831-841.
37. Johnson, W. S. y D. M. Allen. 2012. *Zooplankton of the Atlantic and the Gulf Coasts. A guide to their identification and ecology.* The Johns Hopkins University Press. Baltimore, Maryland. 452p.
38. Josileen J y N. G. Menon. 2004. Larval stages of the blue swimmer crab, *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) (Decapoda, Brachyura). *Crustaceana*, 77: 785-803.
39. Juárez-Sarvide J., D. Goeritz-Rodríguez, V.D. Murrieta-Martínez, J.M. Sánchez-Juárez, M.C. González-Rivera, A.M. Álvarez-Ríos, M. Osorio-Rivas, H.A. Barrientos-Escamilla y H. Kamio, 1991. Propuesta *Parque Marino Nacional "Chalchicueye"*. *Estación de Investigación Oceanográfica Veracruz*. Secretaría de Marina. 129 p.
40. Koettker, A., P., Y. Sumida, R. M. Lopes, y A. Freire. 2012. Illustrated key for the identification of the known zoeal stages of brachyuran crabs (Crustacea: Decapoda) from tropical and subtropical Brazil, southwestern Atlantic. *Zootaxa*, 3204, 1-19.
41. Krutak, P. R. 1997. *Petrography and provenance of siliciclastic sediments, Veracruz-Anton Lizardo Reefs, Mexico.* In: J. San-Joon Jan and Hi-Il, Y (Eds.) *Paleoceanography and Paleoclimatology in the Northwest Pacific Region*. Special Issue 3, *Ocean Research*, 19(3): 231-243.
42. Kurata, H., R.W. Heard, y J.W. Martin, (1981) Larval development under laboratory conditions of the xanthid mud crab *Eurytium limosum* (Say, 1818) (Brachyura: Xanthidae) from Georgia. *Gulf Research Reports*, 7: 19–25.
43. Lebour, M. V. 1928. The larval stages of the Plymouth Brachyura. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 98(2), 473-560. Lebour, M. V. (1994). Larval crabs from Bermuda. *Zoologica*, 29: 113-128.

44. Lot-Helgueras, A. 1971. Estudios sobre fanerógamas marinas en las cercanías de Veracruz. Veracruz. *An. Inst. Biol. Universidad Nacional Autónoma de México. Ser. Bot.*, 1: 1-48.
45. Magaña-Gallegos, E., E. Y., Chan-Vivas., G. R. Poot-López, y O. F. Reyes-Mendoza 2012. Estudio preliminar de la distribución y abundancia de crustáceos decápodos de interés comercial de la laguna Conil (Yum-Balam), Quintana Roo. Ponencia presentada en la conferencia 64th Gulf and Caribbean Fisheries Institute en Puerto Morelos, México.
46. Martin, J. W. 1984. Notes and bibliography on the larvae of xanthid crabs, with a key to the known zoeas of the western Atlantic and Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science*, 34(2): 220-239.
47. Martin, J. W. y G. E. Davis. 2006. Historical trends in crustacean systematics. *Crustaceana* (79):1347-1368
48. Martin, J. W., J. Olesen y T. J., Hoeg 2014. *Atlas of crustacean larvae*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, Maryland. 370 p.
49. McConnaughey, H. B. 1974. *Introducción a la biología marina*. En: Harvey, W.A. "Delayed metamorphosis in Florida hermitcrabs: Multiple cues and constraints (Crustacea: Decapoda: Paguridae and Diogenidae)", Marine Acrobia. Zaragoza, España. 136 p.
50. Medellín-Mora, J., Campos, N. H., Franco-Herrera, A. y Jaimes, J. C. (2009, jul-dic.). Taxonomía de larvas de zoeas de crustáceos decápodos en el área nororiental del Mar Caribe colombiano. *Boletín de investigaciones marinas y costeras- INVEMAR*, 38 (2): 55-73.

51. Mittermeier, R. y C. Goettsch. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. (pp. 57-62). En: Sarukhán, J. y R. Dirzo (Eds.). México ante los retos de la biodiversidad. CONABIO. México.
52. Monreal-Gómez M. A., D. A. Salas-de-León, y H. Velasco-Mendoza. 2004. La hidrodinámica del Golfo de México. En: Caso, M., I. Pisanty and E. Ezcurra (Eds.) Diagnostico ambiental del Golfo de México, vol. 1. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAT, México, 47-68.
53. Monreal-Gómez, M.A. y D., Salas de León 1997. *Circulación y estructura termohalina del Golfo de México. En: Contribución a la oceanografía física en México*. Lavín, M. (Ed.) Monografía 3, Unión Geofísica Mex., México, 183-199.
54. Mujica, A. y Medina, M., 2000. Distribución y abundancia de larvas de crustáceos decápodos en el zooplancton de los canales australes. Proyecto CIMAR-FIORDO 2. *Ciencia y Tecnología Marina*. Vol. 23: 49-68.
55. Navarro-Rodríguez M. C., R. Flores-Vargas y M. E. González-Ruelas 2002. Variabilidad espacio-temporal de la biomasa zooplanctónica y la estructura termohalina en la zona costera de los Estados de Jalisco y Colima, México. *Bol. Centro Invest. Biol.* 36 (3): 244-265.
56. Negreiros-Fransozo, M.L., A. Fransozo y N.J. Hebling, (1989) Larval development of *Persephona mediterranea* Herbst, 1794 (Brachyura, Leucosiidae) under laboratory conditions. *Crustaceana*, 57: 177–193.
57. Okolodkov, Y.B., J.A. Aké-Castillo, M.G. Gutiérrez-Quevedo, H. Pérez-España y D. Salas-Monreal. 2011. Annual cycle of the plankton biomass in the National Park

- Sistema Arrecifal Veracruzano, southwestern Gulf of Mexico. In: Kattel, G. (ed.). Zooplankton and phytoplankton. Nova Science Publishers, Inc. 63-88 p.
58. Ortiz, M., A. Martín y Y.J. Díaz, 2007. Lista y referencias de los crustáceos anfípodos (Amphipoda: Gammaridea) del Atlántico occidental tropical. *Revista de Biología Tropical*, 55 (2): 479-498.
59. Ortiz-León, H.J., A.J. de Jesus-Navarrete, y E. Sosa-Cordero. 2007. Distribución espacial y temporal del cangrejo *Callinectes sapidus* (Decapoda: Portunidae) en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical*, 55:235-245.
60. Ortiz-Lozano, L.D., A., Granados-Barba, Y I., Espejel 2009. Ecosystemic zonification as a management tool for marine protected areas in the coastal zone: Applications for the Sistema Arrecifal Veracruzano National Park, Mexico. *Ocean & Coastal Management*, 52: 317-323.
61. Paula, J., 1996. A key and bibliography for the identification of zoeal stages of brachyuran crabs (Crustacea, Decapoda, Brachyura) from the Atlantic coast of Europe. *J. Plankton Res.*, 18: 17–27
62. Pessani, D., Tirelli., T. y Flagella, S. 2004. Key for the identification of mediterranean brachyuran megalopae. Mediterranean Marine. *Mediterranean Marine science*, 5 (2): 53-64.
63. Petruzzi, H.J., N.P., Stritzler, C.M. Ferri, J.H. Pagella y C.M. Rabotnikof. 2005. Determinación de materia seca por métodos indirectos: utilización del horno a microondas. *Boletín de Divulgación Técnica*, 88: 1-11.

64. Porter, H. J. 1960. Zoeal stages of the stone crab, *Menippe mercenaria* Say. *Chesapeake Sci.* 1: 168-177
65. Rayment, J. 1983. *Plankton and productivity in the oceans*. Vol.2. Zooplankton. Pergamont. Oxford.824 p
66. Reeve, M. R. 1975. *The ecological significance of the zooplankton in the shallow subtropical waters of south Florida* p. 352-371. In L. E. Corwin (ed.). *Estuarine Research*. Vol. 1. Chemistry, Biology, and the Estuarine System. Academic, Nueva York.
67. Rice, A. L. 1981. The megalopa stage in brachyuran crabs. The podotremata Guinot. *Journal of Natural History*.15: 1003-1011.
68. Roberts, M. H. 1969. Larval development of *Bathynectes superba* (Costa) reared in the laboratory. *Biol. Bull. mar. biol. Lab., Woods Hole*, 137: 338-351.
69. Salas-Monreal, D., D.A. Salas-de-León., M.A. Monreal-Gómez y M. L. Riverón-Enzástiga. 2009. Current rectification in a tropical coral reef system. *Coral Reefs*. 28: 871-879.
70. Salas-Pérez JJ, D Salas-Monreal, MA Monreal-Gómez, ML Riverón-Enzástiga y C Llasat. 2012. Seasonal absolute acoustic intensity, atmospheric forcing and currents in a tropical coral reef system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 100(1): 102-112.
71. Salas-Pérez, J.J. & A. Granados-Barba. 2008, Oceanographic characterization of the Veracruz Reef System. *Atmosfera*, 21: 281-301.
72. Salman, S. D. 1982. Larval development of the spider crab *Eurynome aspera* (Pennant), reared in the laboratory, with a key to the known larvae of the subfamily Pisinae (Brachyura, Majidae). *Crustaceana*, 43(1): 78-88.

73. Sánchez-Ramírez, M. 1997. *Alimentación, crecimiento y mortalidad de larvas de Chloroscombrus chrysurus (orqueta) (Pisces: Carangidae), en el sur del Golfo de México*. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. UNAM., México D.F., 85 p.
74. Sandifer, P. 1972. *Morphology and ecology the Chesapeake bay decapod crustacean larvae*. Tesis, University of Virginia, Charleston, EE. UU. 38 p.
75. Sandifer, P.A. & van Engel, W.A. 1971. Larval development of the spider crab *Libinia dubia* H. Milne Edwards (Brachyura, Majidae, Pisinae) reared in laboratory culture. *Chesapeake Science*, 12(1): 18-25.
76. Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberón, J., Dirzo, R., Llorente-Bousquets, J., 2009. *Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. México: CONABIO.
77. Schmidt de Melo, G. A. 1996. *Manual de identificacao dos Brachyura (Caranguejos e Siris) do litoral Brasileiro*. Ed. Pleiade, 603 p.
78. Scotto L. E y R. H. Gore 1981. The laboratory cultured zoeal stages of the coral gall-forming crab *Troglocarcinus corallicola* Verrill, 1908 (Brachyura: Hapalocarcinidae) and its familial position: studies on decapod crustacea from the Indian River region of Florida, XXIII. *J. Crust. Biol.*, 1:486–505
79. Smith, P. E. y S. L. Richardson. 1977. Standard techniques for pelagic fish egg and larva surveys. FAO Fish. Tech. Pap. 175, 100 p.
80. Sorokin, Y. I. 1978. Microbial production in coral reef community. *Archives of Hydrobiology*, 83:281-323.

81. Souza, A. S. 2011. *Descrição larval de caranguejos brachyura (Crustacea: Decapoda) da região Amazônica, obtido em laboratório*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Bragança, Bragança, Programa de Pós-Graduação em Biologia Ambiental. 108 p.
82. Spivak, E.D. y T.A. Luppi. 2004. Morphology of *Coenophthalmus tridentatus* first zoea (Crustacea: Portunidae: Polybiinae) hatched in the laboratory. *Journal of Plankton Research*, 26: 5–10.
83. Stuck, K.C. y , F.M. Truesdale 1988 Larval development of the speckled swimming crab, *Arenaeus cribarius* (Decapoda: Brachyura: Portunidae) reared in the laboratory. *Bulletin of Marine Science*, 42: 101–132.
84. Tavares, M. 2002. *The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 1. Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes and chimaeras.*, FAO, Rome, Italy., 327-343.
85. Vargas-Hernández, J. M., A. Hernández-Gutiérrez y L. F. Carrera-Parra, 1993. *Sistema Arrecifal Veracruzano*. p 559-575. In: S. Salazar-Vallejo y N.E. González (Eds). Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO-CIQRO, México.
86. Wakida-Kusunoki, A.T., R. Solana Sansores, M. J. Solís-Ramírez, R. Burgos-Rosas, K. Cervera-Cervera, J. C. Espinoza-Méndez, y R. Mena-Aguilar. 2004. Análisis de la abundancia del pulpo rojo *Octopus maya* en la Península de Yucatán. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 55:450-458.
87. Williams, A. B. 1984. *Shrimps, lobsters, and crabs of the Atlantic coast of the Eastern United States*, Maine to Florida. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 550 p.

88. Williamson, D.C. 1982. *Larval morphology and diversity. The biology of crustacean.* Academic Press Inc., Nueva York. 286 p.
89. Williamson, D.C. y Rice. A. L. 1996. *Larval evolution in the Crustacea.* Crustaceana, Nueva York, 267-287.
90. Wolanski, E. 1983. Tides on the Northern Great Barrier Reef Continental Shelf. *J. Geophys. Res.* 88: 5953-5959
91. Zhang, Z. Q. 2013. Phylum Arthropoda. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) *Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic.* *Zootaxa*, 3703 (1): 17