



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

“Composición del zooplancton marino de la zona litoral frente a Antón Lizardo y la zona arrecifal, en la isla Santiaguillo, Veracruz”

Tesis

para obtener el título de:

Biólogo

Presenta

Blanca Estela Huerta García

Directora

Biol. Angélica Elaine González Schaff



Ciudad de México, 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

"ZARAGOZA"

DIRECCIÓN

**JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
P R E S E N T E.**

Comunico a usted que la alumna **HUERTA GARCÍA BLANCA ESTELA**, con número de cuenta **306301098**, de la carrera de Biología, se le ha fijado el día **11 de junio de 2019** a las **17:00 hrs.**, para presentar examen profesional, el cual tendrá lugar en esta Facultad con el siguiente jurado:

PRESIDENTE Dr. GUILLERMO ARTEMIO BLANCAS ARROYO

VOCAL BIOL. ANGÉLICA ELAINE GONZÁLEZ SCHAFF

SECRETARIO Dr. ANTONIO VALENCIA HERNÁNDEZ

SUPLENTE BIOL. JOSÉ LUIS GUZMÁN SANTIAGO

SUPLENTE BIOL. LISANDRO HERNÁNDEZ ANAYA

El título de la tesis que presenta es: **Composición del zooplancton marino de la zona litoral frente a Antón Lizardo y la zona arrecifal, en la isla de Santiaguillo, Veracruz.**

Opción de titulación: Tesis.

Agradezco por anticipado su aceptación y hago propia la ocasión para saludarle.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Ciudad de México, a 14 de mayo de 2019.

DR. VICENTE JESÚS HERNÁNDEZ ABAD
DIRECTOR

DIRECCIÓN

RECIBI
OFICINA DE EXÁMENES
PROFESIONALES Y DE GRADO

V.O. BO.
Dr. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ
JEFE DE CARRERA

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México, quién ha sido mi casa máxima de estudios desde la Escuela Media Superior hasta la universidad y que por medio de sus profesores, me brindaron el conocimiento necesario para enriquecer mis conocimientos como estudiante.

Particularmente, a la Biól. Angélica Elaine González Schaff, que con su paciencia y tolerancia, me brindó la oportunidad de trabajar con ella, permitiendo así la realización de este trabajo. Además de brindarme su apoyo y enseñanzas fuera y dentro del aula. De verdad le agradezco por eso y muchas cosas más.

A los sinodales asignados para la revisión y defensa de este trabajo, brindando valiosas observaciones que ayudaron a la mejora de la misma y por ende a su presentación.

A mi familia por estar para bien o para mal en el transcurso de mi vida académica y personal, así como a amigos que me brindaron experiencias y recuerdos especiales que se quedarán en mí por el resto de mi vida.

Contenido

Resumen	6
Introducción	7
Marco teórico	9
• Componentes del zooplancton.....	9
Antecedentes	14
Planteamiento del problema	17
Hipótesis	17
Objetivos	17
Área de estudio	18
Método	21
Resultados	23
• Parámetros físicos y químicos del agua.....	23
• Composición zooplanctónica presente en la zona de playa y en la zona de arrecife.....	27
• Densidad total y relativa de los organismos.....	34
Discusión de resultados	39
Conclusión	39
Referencias	48
Anexos	58
Anexo 1. Fotografías de algunos grupos del zooplancton identificados en este estudio.	

Índice de Tablas

Tabla 1. Parámetros físicos y químicos del agua de los meses de muestreo en las zonas de estudio.

Tabla.2. Valores de p de normalidad y homoscedasticidad obtenidos para cada parámetro.

Tabla 3. Valores- p calculados en la prueba de t-Student de cada parámetro.

Tabla 4. Categorías taxonómicas reportadas en trabajos previos y su comparación con el presente trabajo.

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano DOF (2012), en el cual se muestran las zonas de estudio

Figura 2. Isla del Arrecife de Santiaguillo.

Figura 3. Material coralino presente en el Arrecife de Santiaguillo.

Figura 4. Playa de Antón Lizardo.

Figura 5. Comportamiento de los parámetros entre ambas zonas de estudio durante Julio 2012 a Mayo 2013.

Figura 6. Diagramas de caja y bigote de los parámetros registrados en la zona de playa y la zona arrecifal.

Figura 7. Densidades totales registradas en la zona arrecifal y la zona de playa.

Figura 8. Meses y densidades de grupos dominantes en la zona de playa.

Figura 9. Meses y densidades de grupos dominantes en la zona de arrecife.

Figura 10. Gráfico Múltiple de Caja y Bigote para Densidades por Mes y donde 7=Julio, 9=Septiembre, 11=Noviembre, 1= Enero, 3= Marzo y 5= Mayo.

Figura 11. Gráfico de caja y bigote para la densidad por zona.

Figura 12. Jerarquización de los grupos registrados en la playa mediante el Diagrama de Olmstead-Tukey.

Figura 13. Jerarquización de los grupos registrados en el arrecife mediante el Diagrama de Olmstead-Tukey.

Resumen

Se realizó un estudio anual en el transcurso de Julio- 2012 a Mayo-2013, en el cual se determinó la composición, distribución y densidad de grupos zooplanctónicos presentes en la playa frente a Antón Lizardo y en el arrecife de Santiaguillo, que se encuentran dentro del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Mediante muestreos bimensuales se obtuvieron las muestras de zooplancton además de tomar registro de los parámetros hidrológicos tales como salinidad, pH, oxígeno disuelto y temperatura. Se realizaron análisis exploratorios, de normalidad, homoscedasticidad y pruebas de varianza, t-Student y Kruskal- Wallis, para identificar si había o no diferencias entre ambas zonas de estudio, sin dejar de mencionar los diagramas de asociación de Olmstead- Tukey, para jerarquizar los grupos de zooplancton de cada zona. La prueba de la t- Student, mostró que no había una diferencia significativa entre los parámetros de cada sitio; sin embargo, los parámetros tuvieron variaciones estacionales, provocadas por las diferentes temporadas presentes en el lugar: La época de lluvias, secas y de nortes. La composición del zooplancton en la zona de la playa estuvo compuesta de 13 phyla con 23 especies, mientras que la zona arrecifal presentó 15 phyla con 38 especies, obteniendo mayor diversidad en la zona arrecifal. Los grupos dominantes para la zona de la playa fueron los copépodos, nauplios, poliquetos, tintínido, cladóceros, urocordados, bivalvos y huevos. En tanto la zona arrecifal, los grupos dominantes fueron los copépodos, bivalvos, gasterópodos, nauplios, cnidarios, equinodermos, poliquetos, mysis y huevos. La composición del zooplancton vario en relación a la presencia de grupos meroplanctónicos, migraciones diales y disponibilidad de alimento. La mayor densidad se obtuvo en la zona de playa con 6006 org/m³, en la temporada de lluvias; mientras que las menores densidades se mostraron en la temporada de nortes para ambas zonas, mostrándose así, mediante la prueba de Kruskal-Wallis, una diferencia significativa de las densidades durante los meses de muestreo. Finalmente, la prueba t-Student, determinó que no existía una diferencia significativa entre la zona de playa y la zona arrecifal en base a las densidades de zooplancton de cada sitio.

INTRODUCCIÓN

El litoral veracruzano se caracteriza por ser un área de sedimentación terrígena, en el cual se llevan a cabo diversos procesos relacionados con la atmósfera y el océano, obteniendo como resultado ambientes ricos en biodiversidad y con alta productividad, dentro de los cuales podemos encontrar a las playas y a los arrecifes de coral. Las playas se caracterizan por ser sitios con alta luminosidad de sus aguas, escasa profundidad y abundancia de nutrientes, resultado de la aportación de aguas continentales y sedimentos proporcionados por la erosión costera; además de tener aguas ricas en oxígeno, como consecuencia de las mareas, el oleaje y las corrientes marinas (Sánchez *et al.*, 2007).

Por otro lado, los arrecifes de coral son ecosistemas formados por organismos coloniales con esqueletos de carbonato de calcio que para sobrevivir requieren de condiciones específicas tales como aguas poco profundas y transparentes, lo que permite una buena iluminación, altas concentraciones de oxígeno y valores de salinidad propiamente marinas, considerándolas como zonas altamente productivas con condiciones oligotróficas. (Vargas-Hernández *et al.*, 1993, Álvarez-Cadena *et al.*, 2007).

Ambos ecosistemas presentan una gran riqueza de especies e importantes recursos energéticos y pesqueros, siendo éste último muy importante en el desarrollo de la población veracruzana. Dentro de esa gran biodiversidad encontramos al plancton, el cual se puede definir como el conjunto de organismos que habitan en la columna de agua y que por su poca capacidad para desplazarse, sus movimientos dependen de las corrientes marinas. Para su estudio se clasifica principalmente en fitoplancton (plantas) y zooplancton (animales); sin embargo, existen otras denominaciones tales como el bacterioplancton (bacterias) y el ictioplancton (huevos y larvas de peces) (Escribano y Castro, 2004).

En las zonas pesqueras, el plancton en general es muy abundante por lo que conocer la composición y distribución de sus componentes (fitoplancton y zooplancton), resulta de vital importancia, ya que se utilizan como indicadores de alimento disponible, obteniendo a su vez conocimiento de la productividad y transferencia de la energía mediada por estos organismos (Giraldo y Gutiérrez., 2007).

Particularmente, el zooplancton es el conjunto de especies animales del plancton constituido por consumidores primarios y secundarios, que tiene una gran importancia ecológica, ya que es el principal elemento que convierte y transfiere la energía que el fitoplancton fija mediante la fotosíntesis, hacia los niveles tróficos superiores, constituyendo una de las comunidades biológicas más importante dentro del ecosistema marino pelágico. Además de jugar un papel muy importante en la transferencia de carbono en las cadenas tróficas marinas y del flujo vertical en la columna de agua (Inda *et al.*, 2013).

Su composición y abundancia en un sitio determinado nos brinda datos característicos del lugar, encontrando una relación estrecha entre los factores abióticos del medio con su dinámica espacio- temporal (Morales., 2008), lo que hace que su estudio sea de gran interés para comprender mejor la dinámica de un ecosistema (Márquez *et al.*, 2007).

Dentro de la comunidad zooplanctónica se pueden encontrar organismos en sus diferentes etapas de su vida, encontrándolos desde sus estadios juveniles hasta su forma adulta, lo que lleva a clasificarlos en base a su permanencia dentro de la comunidad planctónica, en holoplancton o plancton permanente y en meroplancton o plancton temporal. No obstante, también puede ser clasificado en función de su forma, tamaño, afinidad ecológica y su distribución (Gasca y Suárez, 1996).

Las variaciones temporales de la biomasa zooplanctónica se encuentran ligadas a diversos factores, tales como las estructuras de naturaleza trófica o a las hidrodinámicas como lo son las estructura térmica, salinidad, turbulencias etc, (Márquez *et al.*, 2007); sin embargo, la composición y distribución espacial del zooplancton, en una zona específica, está dada principalmente por el patrón de circulación de las corrientes tanto regional como local, lo que permite identificar a algunos organismos indicadores de diferentes masas de aguas con características físicas y químicas únicas (Clark *et al.*, 2001).

Como se puede ver, el zooplancton al presentar una gran diversidad de organismos e importantes funciones dentro del medio marino su estudio proporciona importantes datos que nos ayudan a entender mejor las dinámicas que se llevan a cabo dentro de los ecosistemas en los que coexisten, por lo que al realizar este estudio se pretende dar a conocer la composición zooplanctónica de dos zonas altamente importantes tanto por sus características físicas, químicas y biológicas que presentan, como lo son la playa y los arrecifes de coral, pertenecientes al Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, esto estudiando la composición y densidad zooplanctónica en relación con los parámetros físicos y químicos del agua. Sin dejar de mencionar que a pesar de la importancia que representa esta comunidad no existen muchos estudios de la zona que estén dirigidos en este tema, por lo que también se espera poder aportar información que pueda a ayudar a futuros trabajos de la zona.

MARCO TEÓRICO

Componentes del zooplancton

El zooplancton es una de las comunidades más amplia y variada que existe en nuestro planeta, ya que incluye a casi todos los grupos de la escala zoológica, conformando así uno de los componentes biológicos más importante dentro de los ecosistemas pelágicos marinos (Cifuentes *et al.*, 2003). Algunos de los organismos que encontramos pueden presentar diversas características que ayudan para poder clasificarlos, las cuales pueden ser desde su tamaño, hábitos alimenticios, la zona del océano en donde habitan (nerítico u oceánico), o bien por el periodo de permanencia en el plancton (holoplancton o meroplancton).

Dentro de los grupos animales que conforman al zooplancton, encontramos a los protozoarios y crustáceos, seguidos por las medusas, algunos poliquetos, quetognatos, pequeños moluscos y fases larvianas de muchos animales que en su etapa adulta viven en el fondo del mar.

A continuación se describirán de manera breve algunos grupos zooplanctónicos del medio marino.

➤ Protozoarios

Se conocen tres grupos principales de protozoos en el medio marino, los ciliados, los foraminíferos y los radiolarios. Los ciliados más abundantes son los tintínidos, que son organismos que se encuentran en todos los mares y latitudes, encontrando el mayor número de especies en los mares tropicales y subtropicales. Se caracterizan por presentar una vaina tubular denominada lórica, la cual se cierra cerca de la punta del cono, mientras el otro extremo se mantiene abierto y con una corona ciliar (De Boyd., 1977). Su importancia ecológica reside en su funcionalidad como consumidor primario utilizando entre el 4% y el 62% de la producción primaria disponible y como eslabón importante entre la fracción microbiana y la de los consumidores de mayor tamaño, ya que son alimento de muchos carnívoros primarios del zooplancton (Boltovskoy., 1981; Thomson., 2001).

Los foraminíferos son casi exclusivamente marinos y se caracterizan por presentar una concha o testa compuesta de carbonato de calcio y pseudópodos de tipo granuloreticular. Pueden ser herbívoros, carnívoros u omnívoros, jugando un papel muy importante como consumidor primarios o bien como fuente de alimento de radiolarios, quetognatos, peces, tunicados y pterópodos. Estos organismos son de gran importancia, debido a su aplicación a problemas de exploración petrolera (Ayala-Castañares., 1966).

Los radiolarios, al igual que los foraminíferos, pertenecen a la Clase Rhizopodea y se caracterizan por presentar un esqueleto formado de sílice con prolongaciones alargadas y ordenadas radialmente, la cual encierra una masa central y una capa extra capsular más periférica, además de presentar pseudópodos con los cuales se desplaza (Newell y Newell.,

1963). Son organismos de ambientes pelágicos, que pueden llegar a encontrarse desde la zona superficial hasta grandes profundidades. Son los responsables de la formación de sedimentos silicios en las profundidades del medio marino, junto a las diatomeas y silicoflagelados, por lo que su presencia se encuentra limitada por la disponibilidad del sílice disuelto (Vergara *et al.*, 2008)

➤ Cnidarios

Comprende las Clases: Cubozoa, Scyphozoa, Hydrozoa y Anthozoa. Los tres primeros representan a las formas meduzoides, conformado principalmente por medusas y sifonóforos y se caracterizan por presentar organelos subcelulares denominados cnidoblastos del tipo nematocisto, los cuales funcionan para inyectar toxinas a sus presas (Gasca y Loman- Ramos., 2014). Los Anthozoos, comprende a los corales y anémonas y solo forman parte del plancton en su etapa larval, representada por la larva plánula (Newell y Newell., 1963). Se considera un grupo bastante abundante que habita un gran número de ambientes como áreas costeras y oceánicas; no obstante, presenta patrones bien definidos de distribución y abundancia. Son depredadores planctófagos que se alimenta de copépodos, quetognatos, larváceos, cladóceros, huevos, larvas de peces e incluso de otras medusas jugando un papel muy importante como consumidor secundario (Purcell., 2003; Loman- Ramos *et al.*, 2007).

➤ Ctenóforos

Constituye un grupo de animales marinos que viven suspendidos en la columna de agua. Poseen células no urticantes que utilizan para atrapar su alimento. Presenta luminiscencia producida por fotocitos y ocho hileras lineales de cilios, llamadas paletas natatorias o peines, los cuales utilizan para nadar. Algunas especies son muy frágiles, llegándose a romper cuando se les captura con las redes de plancton. Actualmente, se conocen más de 150 especies de ctenóforos en el mundo, divididos en dos clases: Tentaculata y Nuda (Conway., 2012).

➤ Nemertinos

Son gusanos en forma de cinta que viven en tubos gelatinosos que ellos mismos secretan, presentan una larva ciliada denominada pilidium, la cual presenta cierta semejanza con las larvas trocóforas de los anélidos y moluscos (Hickman *et al.*, 2009).

➤ Platelminetos

Representado por la Clase Turbellaria, se encuentra dentro del plancton de manera temporal. Este grupo está conformado por gusanos planos de vida libre que se pueden encontrar en el bentos en su forma adulta; sin embargo, en su fase juvenil se encuentra presente, en el plancton, en forma de larva llamada müller, la cual se caracteriza por tener proyecciones similares a dedos (De Boyd., 1977). En las muestras de plancton

generalmente presentan un color verde marrón o marrón oscuro y a veces sus manchas oculares son muy evidentes en su parte anterior final (Perry., 2003).

➤ Nematodos

Gusanos que se caracterizan por presentar un cuerpo cilíndrico alargado con extremos puntiagudos y cubierto por una película quitinosa. Son escasos en las muestras de plancton, encontrándose en el fondo de la misma. Actualmente se han descrito 750 géneros y 4500 especies, para los ambientes marinos y dulceacuícolas (De Jesús- Navarrete., 2012).

➤ Briozoarios

Los briozoos, son animales acuáticos que a menudo se encuentran incrustados sobre superficies duras. Su forma juvenil está representada por la larva cifonauta, la cual puede tener o no, una concha bivalva de forma ovalada o triangular, siendo muy común dentro de las muestras de plancton (Perry., 2003).

➤ Quetognatos

Animales marinos muy especializados para la vida planctónica, constituyendo un grupo de gran interés, por su amplia distribución a nivel mundial (Mille-Pagaza y Carrillo- Laguna., 2003). Su cuerpo es pequeño y muy delgado, parecido a un torpedo, por lo que se les conoce también como gusanos flecha. Presentan una longitud de 1 a 12 centímetros y unas cerdas falciformes de ambos lados de la boca. Se consideran importantes depredadores de larvas de peces y de otras especies zooplanctónicas (Mille-Pagaza y Carrillo- Laguna., 1999), constituyendo un importante eslabón en la transferencia de energía entre los consumidores primarios (Álvarez *et al.*, 2008).

➤ Poliquetos

Grupo de invertebrados marinos más numerosos y diversificado, comprendiendo 81 familias, 1 000 géneros y más de 9 000 especies (Vera., 2012). Estos organismos presentan en su cuerpo dos tipos de segmentos, los homómeros y los heterómeros, y en su parte anterior pueden presentar una amplia variedad de desarrollo de ojos, antenas, palpos, cirros tentaculares y branquias; además de que su locomoción está dada por medio de parápodos, que a su vez contienen setas (Tovar- Hernández., 2014). Las variaciones en sus apéndices y en los tipos de setas son fundamentales para la identificación a familia, género e incluso para especies (Tovar- Hernández., 2014; Harris *et al.* 2009). En algunas familias hay especies con estadios larvales denominada trocófora y postlarvales pelágicos que al madurar suben a la superficie formando enjambres (Gasca- Suárez., 1996).

➤ Artropodos

El Phyla Arthropoda, es el grupo más diverso de animales que existe en el planeta, representada por cuatro Clases: Arachnida, Pycnogonida, Insecta y Crustácea, siendo esta última, la más abundante dentro de las muestras de zooplancton. La Clase Crustácea, representa un grupo importante y abundante del zooplancton, ocupando el segundo nivel trófico en la cadena alimenticia de los océanos. Esta clase incluye a los copépodos, cladóceros, ostrácodos, decápodos, eufásidos y anfípodos.

El orden Copepoda, se considera como el de los metazoarios más abundantes del mundo hasta por encima de los insectos (Suárez- Morales., 2000). Presentan una gran diversidad de formas, hábitos alimenticios y una amplia distribución en todos los mares, por lo que se les considera un grupo muy importante dentro de la red trófica pelágica, considerándose como la vía principal de transferencia de energía (Hernández- Esqueda., 2002). Incluye unas 8 500 especies en su mayoría marinas y se divide en ocho ordenes: Calanoida, Misophrioida, Harpacticoide, Mormonilloida, Monstrilloida, Siphonostomatoida, Cyclopoida y Poecilostomatoida.

El orden Cladóceras, se caracteriza por presentar un caparazón bivalvo, que puede cubrir parcial o totalmente el cuerpo, dejando la porción cefálica libre (Boltovskoy., 1981). Existen diez especies marinas, que se pueden identificar con pocas dificultades, las cuales son componentes regulares del plancton costero (Manrique y Molina., 2003)

Los ostrácodos, presentan su cuerpo cubierto por un caparazón bivalvo, el cual cubre todos los apéndices, además de que presenta un ojo compuesto que rara vez se llega a ver (De Boyd, 1977). La longitud de su concha llega a ser mayor de unos cuantos milímetros, sin dejar de mencionar que su antena presenta un órgano natatorio. Se pueden dividir en dos órdenes, la Myodocopa en el que un corazón está presente, y el Podocopa que carecen de un corazón (Newell y Newell., 1963).

Los decápodos, son organismos que se caracterizan por presentar ocho pares de apéndices torácicos, de los cuales tres están modificados como maxilípedos, que son apéndices asociados con la cavidad bucal y que sirven para manipular el alimento y crear corrientes de agua que bañan las cámaras branquiales; y cinco pares de apéndices libres que funcionan para su locomoción (Alvárez *et al.*, 2014).

➤ Moluscos

El Phyla Mollusca, comprende organismos que se encuentran dentro del plancton temporal e incluye a los quitones, caracoles, babosas, nudibranchios, mariposas de mar, almejas, mejillones, ostras, calamares, pulpos y nautilus. Presenta una larva libre y nadadora denominada trocófora. En los gasterópodos y los bivalvos, el estado trocófora, es seguido por un estado larvario exclusivo de los moluscos denominado velígera, la cual es

una larva nadadora libre que tiene esbozos del pie, de la concha y del manto (Hickman *et al.*, 2009).

➤ Equinodermos

Está conformado por animales marinos, que se encuentran tanto en arrecifes coralinos, aguas someras y zonas abisales, representando un grupo importante dentro de las redes tróficas, ya que actúan como depredadores, detritívoros y filtradores (Calva., 2002). Este grupo presenta cinco clases las cuales son: La Clase Crinoidea, representada por los lirios de mar; Clase Asteroidea, que incluye a las estrellas de mar; Clase Ophiuroidea, que contiene a las estrellas quebradizas y estrellas canasta; Clase Echinoidea, que comprende a los erizos, galletas y bizcochos de mar y la Holothuroidea, conformada por los pepinos de mar. Estos organismos se encuentran presentes en el plancton en su estado larvario mediante larvas bilaterales de vida libre, las cuales difieren de acuerdo a la clase. La larva bipinnaria y braquiolaria pertenecen a los asteroideos; la larva ofioplúteo pertenece a los ofiuroideos; la larva equinoplúteo es de los equinoideos; la auricularia de los holoturoideos y la larva doliolaria de los crinoideos (Hickman *et al.*, 2009).

➤ Cordados

Los urocordados (tunicados), presentan formas muy variadas e indefinidas, encontrándolos en forma colonial o solitaria. Llegan a medir desde unos cuantos milímetros hasta unos veinte centímetros. Viven tanto en aguas superficiales como en las grandes fosas abisales (Hickman., 2009). Están divididos en tres clases: Ascidiacea, Appendicularia y Thaliacea. La clase Ascidiacea, solo se encuentra en el plancton en su forma larvaria; no obstante, las clases Appendicularia y Thaliacea, son grupos holoplácticos distribuidos en todos los océanos (Gasca y Suárez., 1996).

➤ Ictioplancton

Comprende los estadios tempranos del ciclo de vida de los peces, representa gran importancia desde un punto de vista científico como comercial. Su distribución, composición y abundancia nos brinda datos importantes sobre su ecología y abundancia poblacional, así como sus épocas de reproducción dentro de una zona determinada (Flores-Coto *et al.*, 2009), lo que nos permite manejar y conservar especies con importancia comercial, en áreas donde existe la sobrepesca ocasionando un decline de este recurso tan importante (Gasca- Suárez., 1996).

Antecedentes

El estudio del zooplancton en México se encuentra enfocado en temas ecológicos descriptivos y con mayor interés en los ambientes costeros como lo son las aguas litorales, arrecifes y lagunas costeras, siendo la zona con mayor interés el Mar Caribe en comparación con el Golfo de México. Algunos de los trabajos que se pueden incluir de esta zona son el de Suárez- Morales y Rivera (1998), quienes realizaron un análisis del zooplancton en las zonas costeras y arrecifales del Caribe Mexicano, encontrando como factores influyentes en la composición y distribución zooplanctónica, a los patrones hidrológicos y fisiográficos del lugar. Además, Campos- Hernández y Suárez- Morales (1993), ya de manera más especializada, presentaron una clave dicotómica ilustrada para la identificación de 12 especies de copépodos poecilostomatoides pertenecientes a la familia Corycaeidae, en la cual incluyen especies comunes identificadas en aguas superficiales del Golfo de México y zonas oceánicas y neríticas del Mar Caribe occidental. Y en 1994, crearon una clave taxonómica de copépodos pelágicos del Golfo de México y mar Caribe, con el fin de utilizarlo como instrumento de trabajo y consulta para especialistas en el tema, contribuyendo así al conocimiento de la taxonomía de los copépodos pertenecientes al sur del golfo de México, el mar Caribe Occidental y la Plataforma Cubana.

Algunos autores como Okolodkov (2003) y Suárez- Morales *et al* (2013) realizaron recopilaciones sobre estudios de plancton en general y de zooplancton dentro de estas zonas respectivamente. En el primer caso, mediante la revisión de artículos, reportes técnicos y un libro hechos por las expediciones soviético- cubanas, se obtuvo información importante sobre la circulación del agua dentro del Golfo de México, considerando como factor primordial de los cambios espaciales en la productividad, a la circulación horizontal ciclónica y anticiclónica presentes en el lugar. Suárez- Morales y colaboradores (2013), identificaron que las zonas costeras son las que mayor atención han tenido, con respecto al estudio del zooplancton y que los copépodos, larvas de peces, sifonóforos y quetognatos son los grupos zooplanctónicos más estudiados. Por otro lado, Flores- Coto *et al* (2009), realizó un compendio sobre el ictioplancton de los años 1976 hasta el 2003, reportando 306 especies, 283 géneros y 120 familias de larvas de peces, reconociendo mayor diversidad en la zona oceánica y mayor densidad en la zona costera; en cuanto a la distribución y abundancia de las larvas se encuentra determinada por las áreas y épocas de desove de las especies la disponibilidad de alimento, corrientes y las descargas de agua continental y mezcla.

Gasca (1993), realizó un estudio en la región sur del Golfo de México, en el cual se identificaron 32 especies de sifonóforos provenientes de dos cruceros realizados en enero y julio de 1991, encontrando como especies más abundantes en el mes de enero a *Eudoxoides spiralis* *Diphyes dispar*, *D.bojani* y en julio *D. dispar*, *D.bojani* y *Bassia bassensis*; además, de encontrar mayor abundancia en el mes de Enero, resultado que lo relaciona con la influencia negativa de las aguas surgentes en la localidad.

La abundancia y distribución de los anfípodos hipéridos, fue analizada por Gasca *et al* (2009), registrando 57 especies de hipéridos, de las cuales *Lestrigonus bengalensis* fue ampliamente dominante en las dos épocas en las que se realizó el estudio (verano e invierno). Además de identificar una correlación significativa con el sifonóforo *Muggiaea kochi*.

Flores- Coto *et al.* (2010), Analizó por primera vez la diversidad y distribución de las appendicularias, identificando 22 especies de las cuales *Fritillaria venusta* y *Pelagopleura opresa* se reportan como especies nuevas para el Golfo de México, mientras que las especies de *Oikopleura* se consideran comunes en toda el área siendo las más abundantes *O. fusiformis* y *Oikopleura longicauda*, ésta última caracterizada como una especie común en aguas tropicales.

En cuanto al Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano los estudios que se han realizado van desde la caracterización oceanográfica (Salas- Pérez y Granados- Barba., 2008); descripción de la circulación oceánica (Salas *et al.*, 2007) y su relación con la distribución del zooplancton (Salas-Monreal *et al.*, 2009), hasta recopilaciones de investigaciones científicas con temas relacionados a la ecología, invertebrados marinos y taxonomía (Granados *et al.*, 2007).

Algunos trabajos enfocados al estudio del plancton es el de Okolodkov *et al* (2011), quienes realizaron un estudio anual de la biomasa planctónica, registrando una alta producción en el mes de septiembre- octubre con 3637 mg m^{-3} , correspondiente al final de la temporada de lluvias. Además de reportar 275 especies de fitoplancton y 36 especies de zooplancton, de este último su abundancia fue durante abril y junio, mientras que en el mes de marzo se registraron los valores más bajos. En adición, Contreras (2016), caracterizó la variación espacio- temporal de la comunidad zooplanctónica en relación a la hidrografía, temperatura superficial del mar, concentración de clorofila-a e índice de turbidez de la desembocadura del río Jamapa durante la época de nortes y de lluvias, identificando 11 familias de copépodos y 2 familias de cladóceros agrupados en 3 géneros, con dominancia en temporadas de nortes y lluvias respectivamente. La comunidad zooplanctónica en ambas temporadas, se caracterizó por una baja diversidad y alta abundancia, debido a que existen menos grupos adaptados a vivir bajo el estrés fisiológico derivado de los cambios en las condiciones hidrográficas de estos sistemas.

De manera específica, el arrecife de Santiaguillo, a pesar de ser una zona núcleo, se encuentra pobremente investigado. A continuación, se describen algunos trabajos realizados en esta zona:

Góngora (2014), realizó un estudio anual sobre el plancton, perteneciente al arrecife Santiaguillo, Veracruz. Donde realizó un análisis de clorofilas “a”, “b” y “c” a dos profundidades, además de describir la variación de la biomasa por el método peso seco y

determinó taxonómicamente al fitoplancton y zooplancton. Como resultados obtuvo una concentración máxima de 6.8 mg/m³ de clorofila “a”, 5.50 mg/m³ de clorofila “b” y 4.06 mg/m³ de clorofila “c”; mientras que los valores de la concentración mínima fueron de 0.10 mg/m³, 0.17 mg/m³ y 0.74 mg/m³ respectivamente. En cuanto a la biomasa por el método de peso en seco se obtuvo una concentración máxima de 3.2 g/m³ y un mínimo de 1.9 g/m³. Por último, en la determinación taxonómica del fitoplancton, se obtuvieron 23 géneros, siendo los más abundantes *Asterionellopsis*, *Ceratium*, *Chaetoceros*, *Coscinodiscus*, *Rhizosolenia* y *Trichodesmium*. En tanto, para el zooplancton, los grupos más representativos fueron los foraminíferos, tintínidos, poliquetos, moluscos, copépodos, cladóceros, equinodermos y quetognatos.

Gaona (2016), Evaluó y comparo la composición y abundancia zooplanctónica entre el arrecife Santiaguillo y la playa de Antón Lizardo, localizados dentro del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, registrando valores altos en la salinidad y reportando 32 taxa, de los cuales 24 se identificaron para la zona de playa y 28 para la zona arrecifal, siendo ésta última, la zona de mayor diversidad; sin embargo, la zona de playa presento mayor densidad poblacional. Además de mencionar la importancia que los factores hidrológicos y los eventos atmosféricos tienen sobre la comunidad de zooplancton.

Pérez (2017), efectuó un estudio comparativo de la densidad y composición del zooplancton entre la zona occidental, en donde se localiza el arrecife y la zona oriental, que está más allá del arrecife, de la isla Santiaguillo, localizado en el Sistema Arrecifal Veracruzano, reportando la mayor densidad en la zona de arrecife y encontrando una diferencia significativa entre ambas zonas. Identificó 12 phyla, de los cuales 11 se encontraron en la zona arrecifal con 33 especies y 9 phyla para la zona oriental con 30 especies. En cuanto a los parámetros medidos, la salinidad y la temperatura, jugaron un papel importante en las densidades de los organismos obtenidos para este estudio.

Planteamiento del problema

¿Cuál será la composición y densidad temporal del zooplancton en las zonas litoral y arrecifal?

Hipótesis

Si la zona arrecifal y la playa presentan diferencias en los parámetros de temperatura, oxígeno disuelto, pH y salinidad, entonces se presentarán diferencias en la composición, distribución y densidad en la comunidad del zooplancton.

Objetivos

General

- Conocer y comparar la composición del zooplancton de la zona litoral, frente a las playas de Antón Lizardo y alrededor del arrecife Santiaguillo, Veracruz, teniendo en cuenta el registro de parámetros físicos y químicos.

Específicos

- Evaluar y comparar las condiciones ambientales generales de las zonas de muestreo.
- Determinar taxonómicamente a los organismos observados hasta el nivel más específico que se pueda de la zona de playa frente a Antón Lizardo y la zona del arrecife Santiaguillo, Veracruz.
- Comparar la composición, distribución y densidad de los grupos zooplanctónicos en relación a los parámetros hidrológicos y condiciones ambientales presentes en la zona litoral y la zona arrecifal.

Área de estudio

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (Figura 1), se localiza en la región centro-sur del Golfo de México, frente al litoral veracruzano, en los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado. Consta de una superficie de 65, 516 Ha, conformado por 23 complejos arrecifales de diferente tamaño, forma y profundidad dirigidos del noroeste a sureste como consecuencia de la acción del oleaje. El hecho de que este grupo de arrecifes se formen en una zona de sedimentación terrígena ocasionada por las descargas de los ríos La Antigua que limita al norte, el Papaloapan que se encuentra al sur y el río Jamapa que divide la región en dos áreas geográficas, hace de éste complejo un lugar único (Vargas- Hernández *et al.*, 1993; Salas- Pérez y Granados- Barba., 2008; CONANP., 2017).

La primera área geográfica se localiza frente al puerto de Veracruz e incluye 11 arrecifes: Punta Gorda, La Gallega, Galleguilla, Anegada de Adentro, La Blanquilla, Isla Verde, Sacrificios, Pájaros, Hornos, Bajo Paducah e Ingenieros. La segunda, se localiza frente a la población de Antón Lizardo y consta de 12 arrecifes: Giotte, Polo, Blanca, Punta Coyol, Chopas, Enmedio, Cabezo, Rizo, Santiaguillo, Anegada de Afuera, Anegadilla y Topatillo (Granados *et al.*, 2007). Cabe mencionar, que por el fácil acceso que presenta este sistema, resultado de su cercanía hacia la costa y por el aprovechamiento de los recursos costeros y marinos que nos brindan, se encuentra propenso a diversas adversidades como consecuencia de la acción antropogénica, lo que provoca que existan alteraciones en su estabilidad ambiental, afectando así su óptimo desarrollo (Ortiz *et al.*, 2010).

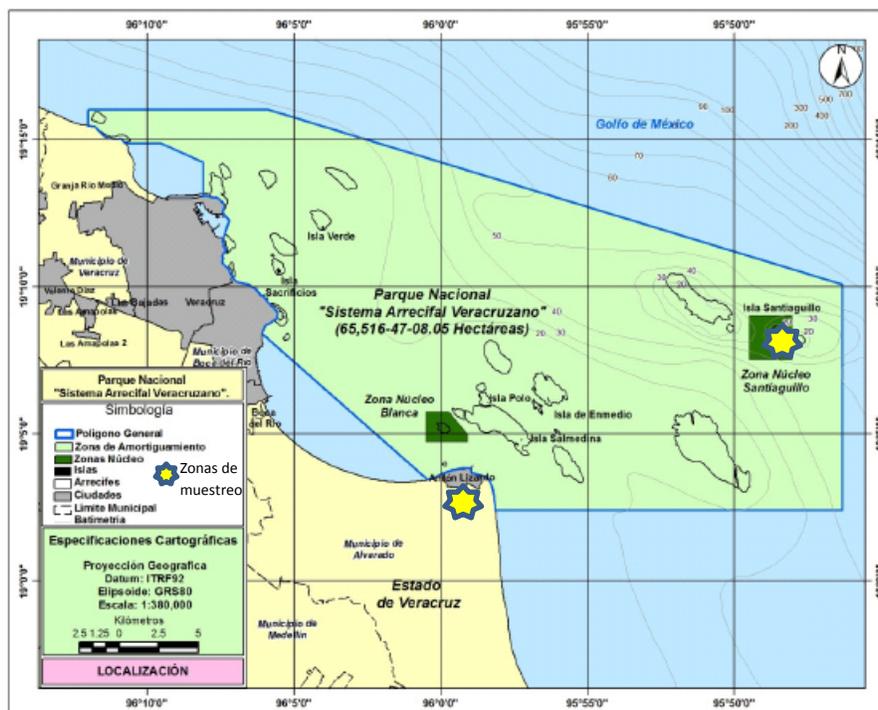


Figura 1. Ubicación del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano DOF (2012), en el cual se muestran las zonas de estudio

El clima de la región es cálido y húmedo con lluvias abundantes en el verano y parte del otoño. Presenta una corta estación seca que va de abril a mayo con una precipitación promedio anual de 1100- 2000 mm. La temperatura anual promedio es de 26°C con una mínima de 18°C durante enero y febrero (Salas- Pérez y Granados- Barba., 2008). Presenta valores de salinidad >32 ups y una temperatura > 25°C, por lo que se considera un área de alta evaporación (Salas- Monreal *et al.*, 2009). Por otro lado, los valores del oxígeno disuelto oscilan entre 2.4 ml/l. Éstos parámetros suelen ser variables a consecuencia de los cambios continuos e intensos en cada etapa estacional de la actividad biológica y topográfica, sin dejar de mencionar la mezcla de agua dulce continental con el agua marina, presente en al lugar (Lara- Domínguez., 2011).

De acuerdo a Rodríguez-Gómez y colaboradores (2013), las temporadas climáticas que se presentan en el PNSAV, son la época de lluvias (Julio y Septiembre), época de secas (Abril y Mayo) y la época de nortes (Octubre a Marzo). Además de los periodos de transición de una época a otra como la de Octubre que es el mes en el que se lleva a cabo la transición entre las lluvias y los nortes, Junio que es la transición de la época de secas a lluvias y Marzo que es el cambio del período de nortes a secas. Por otro lado, la temporada de ciclones tropicales se da de Junio a Noviembre, mientras que la temporada canicular, también conocida como “veranillo”, se da de Julio a Agosto (CONANP., 2017).

El PNSAV presenta una gran diversidad biológica en la que se incluyen poblaciones de invertebrados, corales, peces, cetáceos, tortugas marinas y aves, sin embargo al ser un sitio cercano a la costa se encuentra propensa al impacto de las actividades humanas descritas por Hernández- Vargas *et al.* (1993) y Ortiz- Lozano *et al.* (2015), lo cual ha llevado un largo camino en la realización de instrumentos de política ambiental que ayuden a conservar su riqueza tanto ecosistémica como biológica. Tales decretos de protección son: Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (2002); Sitios RAMSAR (importantes humedales) en 2004 y 2005 y Reserva de la Biosfera de la UNESCO (2006).

Dentro del polígono que conforma este complejo arrecifal encontramos dos áreas denominadas zonas núcleo que son “Blanca” y “Santiaguillo”. De acuerdo a la DOF (2013), una zona núcleo se define como una área de protección estricta, que tiene como objetivo la preservación a largo plazo de los ecosistemas teniendo solo como actividades la conservación, investigación y la educación ambiental.

El arrecife Santiaguillo (Figura 2), se localiza a 19.7 Km del sureste del PNSAV, cubriendo una superficie de 1,0 Km². Presenta un pequeño cayo, formado por escombros de coral (Figura 3), presentando como única vegetación a *Sesuvium sp.* Ya que es uno de los arrecifes más lejanos del complejo arrecifal que se encuentra frente a Antón Lizardo, no muestra daños significativos causados por los asentamientos humanos (Gutiérrez- Ruíz *et al.*, 2011).



Figura 2. Isla del Arrecife de Santiaguillo



Figura 3. Material coralino presente en el Arrecife de Santiaguillo

La playa de Antón Lizardo (Figura 4), se encuentra frente a la población pesquera de Antón Lizardo en las coordenadas $19^{\circ} 06'58''N$ y $95^{\circ} 48'00''O$. Algunas características que presenta es la gran cantidad de materia orgánica proveniente de los aportes terrígenos del río Jamapa y la Antigua. Es una zona con alto valor socioeconómico ya que es una de las atracciones turísticas de la región además de llevarse a cabo la pesca deportiva y comercial.



Figura 4. Playa de Antón Lizardo

Método

Se realizaron muestreos bimensuales en el transcurso de un año durante Julio del 2012 a Mayo del 2013 en la playa de Antón Lizardo y en el arrecife de Santiaguillo dentro del PNSAV. Para la zona de arrecife se eligieron 4 estaciones. En cada zona se registraron las coordenadas geográficas con un GPS (GARMIN- ETREX) y las condiciones ambientales como el viento, el oleaje, la presencia de la materia orgánica y la nubosidad.

Se colectó una muestra de agua con la ayuda de una botella Van Dorn de 3 L en la zona de arrecife, a una profundidad de 30 cm para la obtención de los siguientes parámetros:

- Temperatura °C (Hoyd's Register Quality Company -20 a 150)
- Salinidad ups (Salinómetro Tracer Pocketester La Motte)
- pH (Potenciómetro digital modelo E 1024)
- Oxígeno disuelto mg/l (Oxímetro: Hana Instruments, HI 9145)

Para la zona de playa se utilizó una botella de plástico de 500 ml y se prosiguió con el registro de los parámetros anteriores.

Las muestras de zooplancton se obtuvieron con una red de zooplancton de 150 μm de abertura y de 30 cm de diámetro, mediante arrastres superficiales a una velocidad mínima de 1 m/s (Sánchez y Ponce., 1996). Las muestras se colocaron en pequeños frascos de plástico de 50 ml previamente rotulados y se fijaron con formol al 4% como lo sugieren Gasca y Suárez (1996) y De Boyd (1977).

En el laboratorio, se observaron las muestras con la ayuda de un microscopio óptico (Zeiss West Germany) y empleando claves taxonómicas: Newell y Newell (1963), De Boyd (1977), Boltovskoy (1981), Kenneth (1971), Campos-Hernández y Suárez Morales (1993, 1994), Conway (2012) y Gasca y Suárez (1996) se identificaron los grupos a los que pertenecen los organismos capturados, registrando así en una lista previa, la determinación taxonómica a la que fue posible llegar.

Para el recuento de los organismos, la muestra se puso a sedimentar durante 24 horas en un lugar donde no hubiera ningún movimiento y mediante el microscopio invertido (Olympus M081 1x70), se eligieron 20 campos visuales al azar a 10X. Los datos obtenidos en este paso se extrapolaron a organismos por m^3 (Schwoerbell, 1975) para así obtener la densidad y la composición del zooplancton de cada muestra.

Posteriormente, con los datos obtenidos de las densidades y los grupos determinados se realizaron bases de datos y gráficos en hojas de Excel 2010, donde se mostraran las densidades totales de organismos, densidades por grupo y los grupos dominantes para cada zona de estudio.

Finalmente con el programa estadístico Statgraphics Centurion XV se realizaron análisis exploratorios, particularmente, los diagramas de caja y bigote, con los datos de las densidades de organismos con respecto a los meses y a las dos zonas de estudio (playa y arrecife); además de los datos obtenidos de los parámetros estudiados, lo que nos permitió observar que tan normal se comportaron nuestros datos de una manera visual y así poder comparar los diferentes parámetros y recuentos de las diferentes zonas de estudio (Márquez., 2001).

Se prosiguió con la realización de pruebas de normalidad, como la de KolgomorovSmirnov y la prueba de homoscedasticidad con la prueba de Levene (Salgado., 1992), para determinar si los datos presentaban una distribución normal e igualdad de varianzas respectivamente y así determinar el tipo de análisis que se utilizaría para comprobar si existía o no una diferencia significativa entre parámetros, densidades y zonas Así se procedió a realizar un análisis de varianza y una prueba de t- student para los datos que presentaran una distribución normal. Para los casos en que los datos no se comportaron normales y no presentaron igualdad de varianzas, se prosiguió con una prueba no paramétrica como la de Kruskal- Wallis (Sokal y Rohlf., 1981).

Se elaboraron diagramas de asociación no paramétrica de Olmstead- Tukey para cada una de las zonas de estudio, en las cuales se utilizó las frecuencias de aparición y las abundancias de los grupos zooplanctónicos. La realización de este gráfico consistió en un diagrama de dispersión de los datos antes mencionados en los cuales se trazó la media de la frecuencia relativa de aparición en el eje de las “X” y para el eje de la “Y” la media del logaritmo natural de la sumatoria de la densidad total, obteniendo un gráfico dividido en cuatro cuadrantes que correspondieron a los grupos dominantes, que se caracterizan por presentar densidades y frecuencias mayores a ambas medias; los grupos constantes que muestran densidades menores a la media y frecuencia mayor a la media; las ocasionales que muestran densidades mayores a la media y frecuencia menor a la media y finalmente las raras que presentan los valores más bajos con respecto a ambas medias.

Resultados

Parámetros físicos y químicos del agua.

Durante este estudio se realizaron muestreos bimensuales durante un año, en los cuales se registraron los parámetros de la superficie del agua tales como: Salinidad, temperatura, pH y oxígeno disuelto. En la Tabla 1, se muestran los datos obtenidos en las dos zonas de estudio junto a los meses en los que se realizaron los muestreos y en donde se puede observar que la zona de arrecife obtuvo los valores más altos en la salinidad en el mes de marzo y en el oxígeno disuelto, en el mes de enero; mientras que en la playa, se registraron los valores más altos en la temperatura. Por otro lado, el pH obtuvo su valor mínimo en la zona de arrecife en el mes de Julio.

Tabla 1. Parámetros físicos y químicos del agua de los meses de muestreo en las zonas de estudio

Mes	Zona	Salinidad (ups)	Temperatura (°C)	Oxígeno (mg/l)	pH
Julio-2012	Playa	33.8	31.2	4.8	---
	Arrecife	34.4	29.9	4.5	7.7
Septiembre-2012	Playa	31.7	28	7.5	8.2
	Arrecife	35.2	27.7	9.3	8.2
Noviembre-2012	Playa	34.1	28	5	8.3
	Arrecife	36	27	4.5	8.2
Enero-2013	Playa	36.6	27.8	6.5	7.8
	Arrecife	40.4	19.9	25.8	8.6
Marzo-2013	Playa	38.3	27.7	8	7.8
	Arrecife	44.9	23.5	7.9	8.3
Mayo-2013	Playa	37.3	23	3.3	7.9
	Arrecife	36.3	20.5	3.8	7.9

En la Figura 5, se puede apreciar el comportamiento que tuvo cada parámetro durante el período en el que se realizó este estudio, visualizando así mayor variación en la zona de arrecife. Asimismo, la temperatura mostro cierta relación con el oxígeno disuelto, ya que cuando se registró el valor mínimo de la temperatura el oxígeno disuelto presento su mayor valor, por lo que se puede decir que a menor temperatura, mayor es la solubilidad del oxígeno. Además de que los valores más altos de la salinidad coincidieron con los valores más altos de pH.

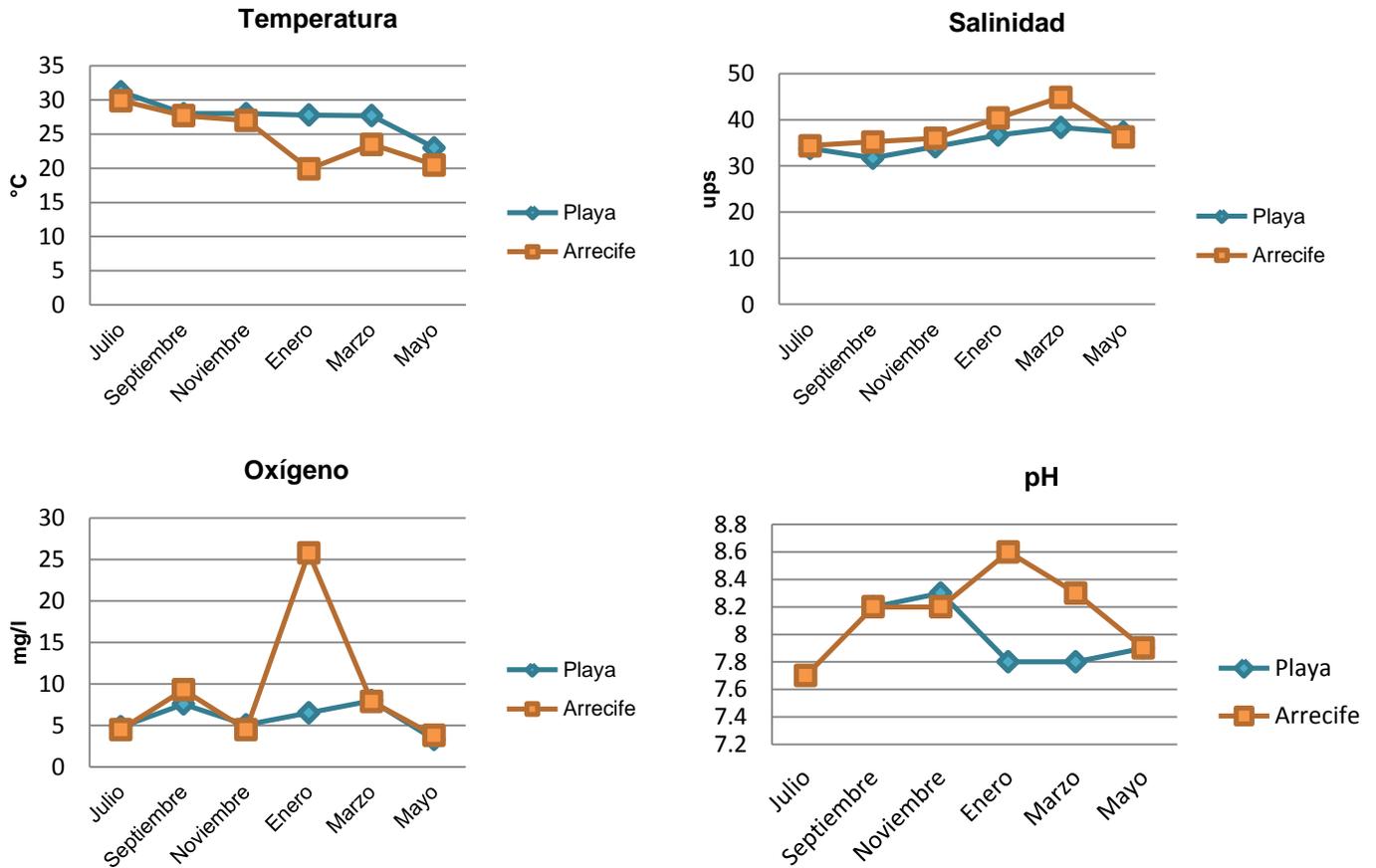


Figura 5. Comportamiento de los parámetros entre ambas zonas de estudio durante Julio.2012 a Mayo 2013

En el análisis exploratorio, para cada parámetro de ambas zonas, se pudo observar la amplitud, la distribución y los casos extremos del conjunto de datos registrados en este estudio. En la figura 6, se pueden apreciar los gráficos de caja y bigote obtenidos, en donde se observan casos extraordinarios en la temperatura y en el oxígeno disuelto, lo cual se explica con el registro de los valores más altos para ambos parámetros, además de notar una mayor amplitud y distribución en la zona de arrecife; no obstante, en todos los parámetros se puede ver el traslape de las muescas, por lo que no se presenta una diferencia significativa entre los parámetros de ambas zonas por medio de este análisis.

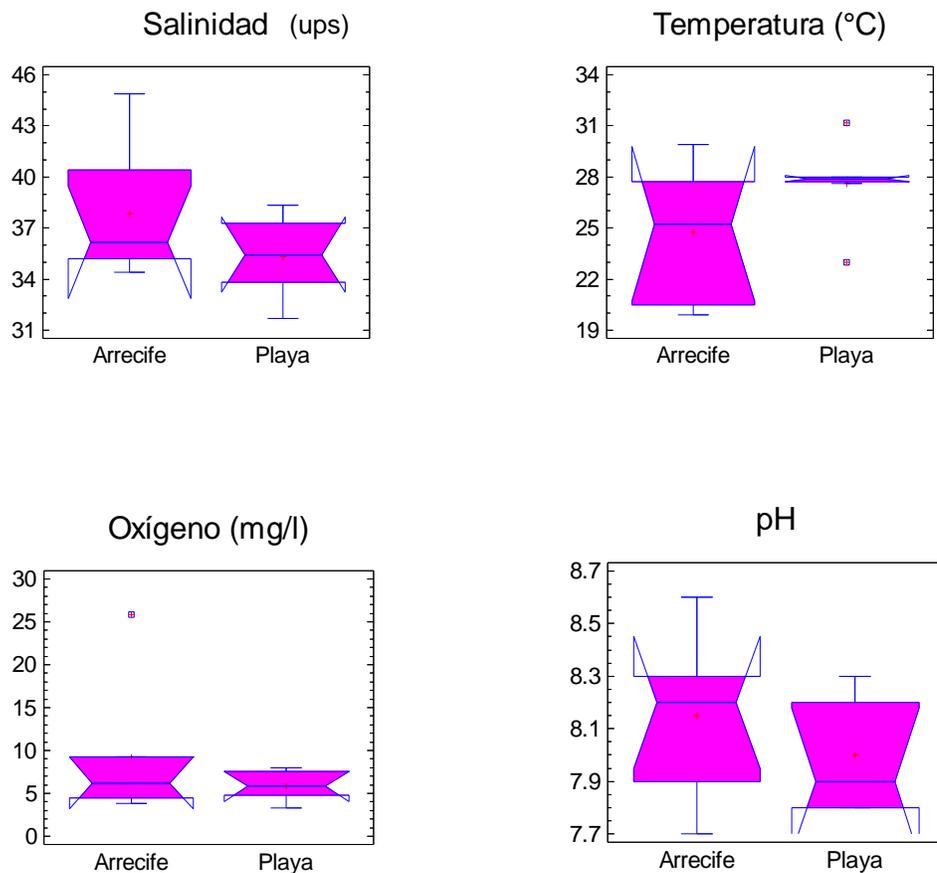


Figura 6. Diagramas de caja y bigote de los parámetros registrados en la zona de playa y la zona arrecifal

Asimismo, al realizarse la comprobación de normalidad y homoscedasticidad mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la prueba de Levene respectivamente, todos los parámetros aceptaron la hipótesis nula (H_0), en la que se aceptaba que los datos provenían de una distribución normal y en la que todos presentan igualdad de varianzas. En la Tabla 2, se muestran los valores de p obtenidos en ambas pruebas, estableciéndose que si p es igual o mayor a 0.05 ya sea que se acepte o se rechace la H_0 de normalidad y de igualdad de varianzas.

Tabla.2. Valores de p obtenidos para cada parámetro

Parámetro	Normalidad		Homoscedasticidad	
	Prueba Kolmogorov-Smirnov	Apreciación	Prueba de Levene	Apreciación
Salinidad	0.448738	Normal	0.699107	Presenta igualdad de varianzas.
Temperatura	0.666667	Normal	0.0973476	Presenta igualdad de varianzas.
pH	0.466667	Normal	0.761239	Presenta igualdad de varianzas.
Oxígeno	0.333333	Normal	0.254483	Presenta igualdad de varianzas.

Dado que los resultados muestran una distribución normal y que las varianzas son estadísticamente iguales, se prosiguió a la realización de la prueba t- Student, con la cual se determinó que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre ambas zonas de estudio con un nivel de confianza del 95%. Los valores de p se pueden ver en la siguiente Tabla 3.

Tabla 3. Valores- p calculados en la prueba de t-Student de cada parámetro

Prueba t-Student	
Parámetro	Valor de p ($p \geq 0.05$)
Salinidad	0.220815
Temperatura	0.178808
Oxígeno disuelto	0.352781
pH	0.402327

Composición zooplanctónica presente en la zona de playa y en la zona de arrecife.

Durante la realización de este estudio se identificaron 15 phyla, 21 clases, 27 órdenes, 47 familias, 47 géneros y 44 especies, de las cuales sólo 13 phylas se presentaron en la zona de la playa con 36 especies, mientras que en la zona arrecifal, se identificaron 15 phylas con 39 especies. Algunos grupos solamente se presentaron en una de las zonas de muestreo: Los pterópodos, sipuncúlidos, sifonóforos, platelmintos, copépodos harpacticoides, decápodos, taliáceos y las ascidias se registraron sólo en la zona arrecifal. Los flagelados, solo se presentaron en la playa. Cabe mencionar, que lo pterópodos, los sifonóforos y los taliáceos, se pudieron observar después de una revisión posterior al recuento de las densidades de cada muestra.

Dentro de los organismos que se identificaron, algunos se encontraron en su fase larvaria, por lo que en algunos casos sólo se pudo llegar al grupo al que pertenecían. Además, los organismos que no se lograron determinar, se agruparon en un apartado denominada “otros”.

En la tabla 4 se muestra el número de phylas, familias, géneros y especies que se han reportado en trabajos anteriores de la zona de estudio junto a las categorías taxonómicas reportadas en este trabajo y en donde se puede observar un mayor número de phylas para este estudio en comparación con lo reportado anteriormente; sin embargo, el número de especies es menor en comparación a lo reportado por Gaona (2016), lo cual como se mencionó anteriormente, se debe a que muchos de los grupos encontrados se presentaron en su forma larvaria, lo cual no permitió una determinación más específica.

Tabla 4. Categorías taxonómicas reportadas en trabajos previos y su comparación con el presente trabajo.

Referencia	Presente estudio		Góngora 2014	Gaona 2016		Pérez 2017
	Antón Lizardo	Arrecife Santiaguillo		Antón Lizardo	Arrecife Santiaguillo	
Zona	Antón Lizardo	Arrecife Santiaguillo	Arrecife Santiaguillo	Antón Lizardo	Arrecife Santiaguillo	Arrecife Santiaguillo
Phyla	13	15	10	10	11	11
Familias	20	35	19	30	48	30
Géneros	27	39	18	---	---	26
Especies	23	38	20	32	40	33

Por otro lado, la comunidad zooplanctónica en la playa estuvo conformada principalmente por los tintínidos, copépodos, nauplios y huevos de algunos invertebrados. Mientras que para el arrecife, los copépodos, gasterópodos, bivalvos, equinodermos y huevos de algunos invertebrados fueron los que se presentaron como grupos dominantes.

A continuación se muestra la lista taxonómica de los organismos que se registraron en las muestras analizadas. En el Anexo 1, se pueden observar algunas fotos de los organismos que se encontraron en este trabajo.

Lista Taxonómica de los organismos determinados en las zonas de estudio

Reino: Protista

Subreino: Protozoa

Phyla: Ciliophora Doflein, 1901

Clase: Oligotrichea Bütschli, 1887

Subclase: Oligotrichia Bütschli, 1887

Orden: Choreotrichida

Suborden: Tintinnina Kofoidy Campbell, 1929

Familia: Undellidae Kofoid & Campbell, 1929

Género: *Undella* Daday, 1887

Especie: *Undella subcaudata* Jörgensen, 1924

Familia: Ptychocyliidae Kofoidy Campbell, 1929

Género: *Favella* Jörgensen, 1924

Especie: *Favella ehrenbergii* Claparède & Lachmann

Familia: *Rhabdonellidae* Kofoidand Campbell, 1929

Género: *Rhabdonella* Brandt, 1906

Especie: *Rhabdonella spiralis* Fol, 1881

Clase: Oligohymenophora Doflein, 1901

Subclase: Peritrichia Stein, 1859

Orden: Peritrichida Stein, 1859

Suborden: Sessilina Kahl, 1933

Familia: Vorticellidae Ehrenberg, 1838

Género: *Vorticella* L., 1767

Especie: *Vorticella oceánica* Zacharias, 1906

Phyla: Sarcodina Hertwig & Lesser, 1876

Clase: Actinopoda Calkins, 1909

Subclase: Radiolaria Müller, 1858

Superorden: Polycystina Ehrenberg, 1938 Riedel, 1867

Orden: Spumellaria Ehrenberg, 1875

Familia: Actinommididae Haeckel, 1862 emend Sanfilippo y Riedel, 1980

Género: *Hexacantium* Haeckel, 1881

Especie: *Hexacantium phaenaxonium* Haeckel, 1887

Género: *Acanthosphaera* Ehrenberg, 1859

Especie: *Acanthosphaera corloca* Boltosvskoy y Riedel, 1980

Género: *Actinomma* Haeckel, 1860

Clase: Sticholonchea Poche, 1913

Orden: Taxopodida Hertwing, 1877

Género: *Sticholonche* Hertwing, 1877

Especie: *Sticholonche zanclea* Hertwing, 1877

Phyla: Foraminifera

Clase: Globothalamea Pawlowski, Holzmann & Tyszka 2013

Orden: Rotaliida Delage & Hérouard, 1896

Familia: Globigerinidae Carpenter, Parker & Jones, 1862

Género: *Globigerina* d'Orbigny, 1826

Especie: *Globigerina bulloides* d'Orbigny, 1826

Género: *Globigerinoides* Cushman, 1927

Familia: Elphidiidae Galloway, 1933

Género: *Elphidium* Montfort, 1808

Phyla: Cnidaria

Clase: Hydrozoa

Subclase: Trachylinae Haeckel, 1879

Orden: Trachymedusae Haeckel, 1866

Familia: Geryoniidae Eschscholtz, 1829

Género: *Liriope* Lesson, 1843

Subclase: Hydroidolina Collins, 2000

Orden: Leptothecata Cornelius, 1992

Familia: Campanulariidae Johnston, 1836

Género: *Obelia* Péron & Lesueur, 1810

Orden: Anthoathecata Cornelius, 1992

Familia: Cytaeidae L. Agassiz, 1862

Género: *Cytaeis* Eschscholtz, 1829

Especie: *Cytaeis tetrastyla* Eschscholtz, 1829

Familia: Proboscidactylidae Hand & Hendrickson, 1950

Género: *Proboscidactyla* Brandt, 1835

Especie: *Proboscidactyla ornata* Mc Crady, 1859

Familia: Corynidae Johnston, 1836

Género: *Sarsia* Lesson, 1843

Orden: Siphonophorae Eschscholtz, 1829

Suborden: Calycophorae Leuckart, 1854

Familia: Abylidae L. Agassiz, 1862

Subfamilia: Abylopsinae Totton, 1954

Género: *Abylopsis* Chun, 1888

Especie: *Abylopsis eschscholtzi* Huxley, 1859

Familia: Diphyidae Quoy & Gaimard, 1827

Subfamilia: Diphyinae Moser, 1925

Género: *Lensia* Totton, 1932

Subclase: Trachylinae Haeckel, 1879

Orden: Narcomedusae Haeckel, 1879

Familia: Solmarisidae Haeckel, 1879

Género: *Solmaris* Haeckel, 1879

Larvas actínulas

Larvas Plánulas

Phyla Nemertea

Larva Pilidium

Phyla Platelmita

Clase: Turbellaria Ehrenberg, 1831

Larva Müller's

Phyla Nematoda

Clase: Enoplea Inglis, 1983

Phyla Bryozoa

Larva Cifonauta

Phyla Sipunculida

Larva Pelagosphaera

Phyla Chaetognatha

Clase: Sagittoidea

Orden: Aphragmophora Tokioka, 1965

Familia: Sagittidae Claus & Grobben, 1905

Género: *Sagitta* Quoy y Gaimard, 1827

Familia: Pterosagittidae Tokioka, 1965

Género: *Pterosagitta* Costa, 1869

Phyla Annelida

Clase: Polychaeta Grube, 1850

Subclase: Sedentaria Lamarck, 1818

Orden: Terebellida Rouse & Fauchald, 1997

Suborden: Terebellomorpha Hatschek, 1893

Familia: Terebellidae Johnston, 1846

Género: *Lanice* Malmgren, 1866

Orden: Spionida Rouse & Fauchald, 1997

Familia: Spionidae Grube, 1850

Subclase: Errantia Audouin & H Milne Edwards, 1832

Orden: Phyllodocida Dales, 1962

Familia: Typhloscolecidae Uljanin, 1878

Género: *Typhloscolex* Busch, 1851

Familia: Polynoidae Kinberg, 1856

Larva trocófora

Larva metatrocófora

Phyla Arthropoda

Clase: Branchiopoda Latreille, 1817
Subclase: Diplostraca Gerstaecker, 1866
Superorden: Cladocera Latreille, 1829
Orden: Onychopoda G.O. Sars, 1865
Familia: Podonidae Mordukhai-Boltovskoi, 1968
Género: *Pseudevadne* Claus, 1877
Especie: *Pseudevadne tergestina* Claus, 1877

Género: *Podon* Lilljeborg, 1853

Orden: Ctenopoda G.O. Sars, 1865
Familia: Sididae Baird, 1850
Género: *Penilia* Dana, 1852
Especie: *Penilia avirostris* Dana, 1849

Clase: Hexanauplia Oakley, Wolfe, Lindgren & Zaharof, 2013
Subclase: Thecostraca Burmeister, 1834
Infraclase: Cirripedia Burmeister, 1834

Larva Cypris
Larva nauplio

Clase: Ostracoda Latreille, 1802
Subclase: Myodocopa Latreille, 1802
Orden: Halocyprida Dana, 1853
Suborden: Halocypridina Dana, 1853
Familia: Halocyprididae Dana, 1853

Clase: Maxillopoda
Subclase: Copepoda Milne–Edwards, 1840
Orden: Calanoida Sars G. O., 1903
Familia: Acartiidae Sars, 1900
Género: *Acartia* Dana, 1846
Especie: *Acartia lilljeborgii* Giesbrecht, 1889
Acartia danae Giesbrecht, 1889
Acartia tonsa Dana, 1852
Acartia negligens Dana, 1852

Familia: Calanidae Dana, 1849
Género: *Mesocalanus* Bradford y Jillet, 1974
Especie: *Mesocalanus tenuicornis* Dana, 1849
Especie: *Nannocalanus minor* Claus, 1863

Familia: Calocalanidae *M. Bernard*, 1958
Género: *Calacalanus* Giesbrecht, 1888
Especie: *Calocalanus pavo* Dana, 1852

Familia: Candaciidae Giesbrecht, 1892
Género: *Candacia* Dana, 1846
Especie: *Candacia curta* Dana, 1852

Familia: Centropagidae Giesbrecht, 1889
Género: *Centropages* Kroyer, 1848

Familia: Lucicutiidae Sars, 1903
Género: *Lucicutia* Giesbrecht, 1888
Especie: *Lucicutia flavicornis* Claus, 1863

Familia: Metridinidae G. O. Sars, 1902
Género: *Pleuromamma* Giesbrecht, 1898
Especie: *Pleuromamma xiphias* Giesbrecht, 1889

Familia: Temoridae
Género: *Temora* Baird, 1843
Especie: *Temora stylifera* Dana, 1852
Temora turbinata Dana, 1852

Superorden: Podoplea
Orden: Cyclopoida Burmeister, 1843
Familia: Oithonidae Dana, 1853
Género: *Oithona* Baird, 1843
Especie: *Oithona similis* Claus, 1863
Oithona nana Giesbrecht, 1892
Oithona brevinicornis Giesbrecht, 1891
Oithona simplex Farran, 1913
Oithona plumifera Baird, 1843

Orden: Harpacticoida
Familia: Clytemnestridae A. Scott, 1909
Género: *Clytemnestra* Dana, 1848

Familia: Ectinosomatidae Oloffson, 1917
Género: *Microsetella* Brady y Robertson, 1873
Especie: *Microsetella rosea* Dana, 1848

Familia: Miraciidae Dana, 1846
Género: *Miracia* Dana, 1842
Especie: *Miracia minor* Scott, 1893

Género: *Macrosetella* A. Scott, 1909
Especie: *Macrosetella gracilis* Dana, 1848

Familia: Tachidiidae Boeck, 1864
Género: *Euterpina* Norman, 1903
Especie: *Euterpina acutifrons* Dana, 1852

Orden: Poecilostomatoida
Familia: Corycaeidae Dana, 1849
Género: *Corycaeus* Dana, 1846
Subgénero: *Agetus* Kroyer, 1849
Especie: *C. (A) limbatus* Brady, 1883
C. (A) typicus Kroyer, 1849

Subgénero: *Corycaeus* Dana, 1845
Especie: *C. (C.) speciosus* Dana, 1852

Género: Farranula Wilson, 1936
Especie: *Farranula gracilis* Dana, 1853
Farranula rostrata Claus, 1863

Familia: Oncaeidae Giesbrecht, 1892
Género: *Lubbockia* Claus, 1863
Especie: *Lubbockia squillimana* Claus, 1863

Género: *Oncae* Philippi
Especie: *Oncae confifera* Giesbrecht, 1891
Oncae mediterránea Claus, 1863
Oncae venusta Philippi, 1843

Clase: Malacostraca Latreille, 1802
Sub-clase: Eumalacostraca Grobben, 1892
Super-orden: Eucarida Calman, 1904
Orden: Decapoda Latreille, 1803
Familia: Luciferidae Burkenroad, 1938
Género: *Lucifer* J.V. Thompson, 1829
Especie: *Lucifer faxoni* Borradaile, 1915

Orden: Euphausiacea Dana, 1852
Familia: Euphausiidae Dana, 1852

Orden: Mysida Boas, 1883
Familia: Mysidae Haworth, 1825

Larvas zoea

Orden: Amphipoda Latreille, 1816
Familia: Hyperiididae Dana, 1852

Familia: Gammaridae Leach, 1814

Phyla Equinodermata

Larva Bippinaria
Larva Echinopluteus
Larva Pluteus
Larva Ophiopluteus
Larva Braquiolaria
Larva Auricularia
Juveniles

Phyla Mollusca

Clase: Bivalvia
Juveniles

Clase: Gastropoda Cuvier, 1795
Orden: Pteropoda Cuvier, 1804
Familia: Creseidae Rampal, 1973
Género: *Creseis* sp Rang, 1828

Larva Echinospira
Larva veliger

Juveniles

Phyla Chordata

Subphylum: Tunicata Lamarck, 1816
Clase: Appendicularia
Familia: Oikopleuridae Lohmann, 1915
Género: *Oikopleura* Mertens, 1830
Especie: *Oikopleura longicauda* Vogt, 1854

Clase: Thaliacea Van der Haeven, 1850
Orden: Salpida Forbes, 1853
Familia: Salpidae Lahille, 1888

Clase: Ascidiacea Blainville, 1824
Larva Tadpole

Subphylum: Vertebrata
Clase: Pisces
Huevos

Densidad total y relativa de los organismos.

En la figura 7 se muestran las densidades totales para ambas zonas de estudio, observando una mayor densidad en septiembre para la zona de playa con 6006 org/m³ y su menor densidad en el mes de enero con 89 org/m³; mientras que en la zona arrecifal, la densidad mayor se mostró en el mes de Noviembre con 2684 org/m³ y su mínima en el mes de enero con 64 org/m³. Con lo anterior se puede observar que ambas zonas presentaron su declive en la densidad en el mes de enero, asimismo se puede ver que en el mes de noviembre, la zona de arrecife, fue la única vez en la que se visualizó mayor densidad en comparación a la zona de la playa.

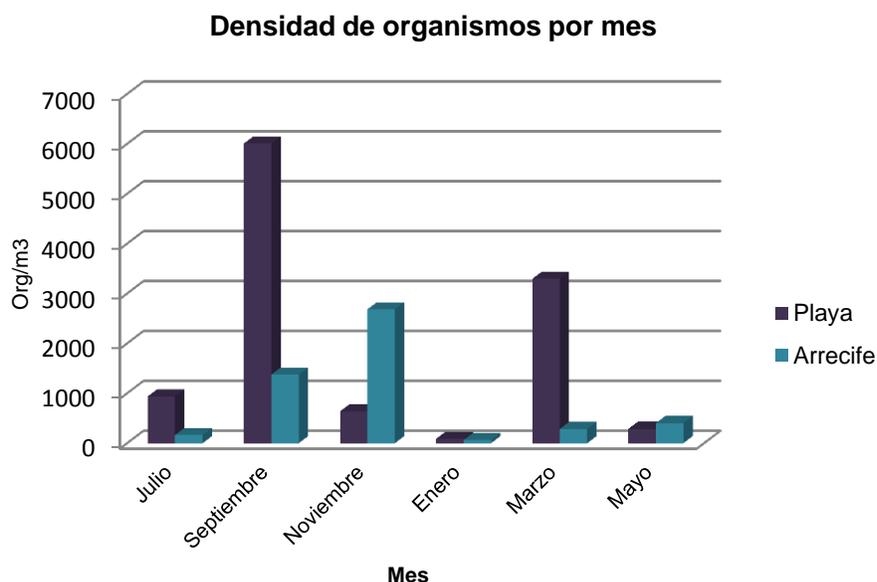


Figura 7. Densidades totales registradas en la zona arrecifal y la zona de playa

En la figura 8 se puede observar la presencia de los grupos de zooplancton de la zona de la playa junto a los meses en los que éstos se encontraron, percibiendo así que los copépodos y los nauplios estuvieron presentes en todo los meses de muestreo, seguido de los tintínidos que fueron el segundo grupo que prevaleció casi durante toda la realización de este estudio, incluso llegando a superar a los copépodos en el mes de septiembre, mientras que los grupos que solo estuvieron presentes en tres meses o menos, encontramos a los radiolarios, cnidarios, nemátodos, quetognatos, cladóceros, gasterópodos juveniles, larvas de equinodermos y huevos de algunos invertebrados.

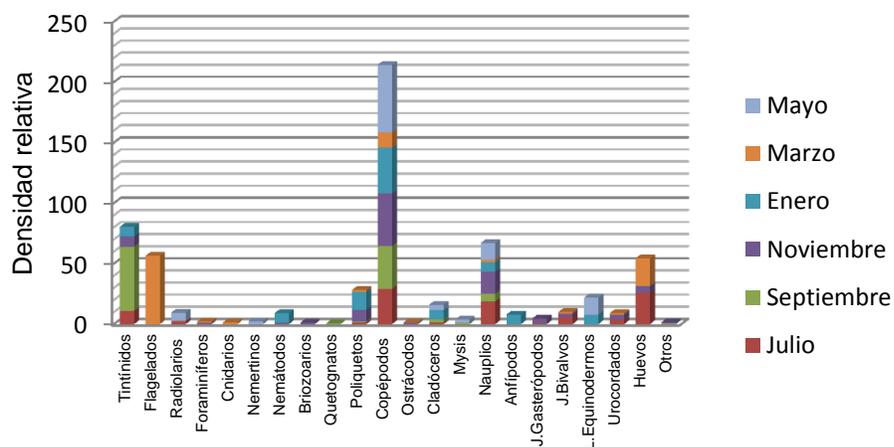


Figura 8. Meses y densidades de grupos dominantes en la zona de playa

En la figura 9, se puede observar que para la zona de arrecife, los grupos que estuvieron presentes durante todo el periodo de muestreo fueron los copépodos. Los cnidarios, nauplios, gasterópodos y bivalvos juveniles y los huevos, fueron los siguientes organismos que predominaron en las muestras colectadas; mientras que los ostrácodos, poliquetos equinodermos, foraminíferos, larvas de briozoarios, quetognatos, mysis y zoeas se pudieron observar en 4 o 3 meses, en las que se realizó el estudio. El resto de los grupos solo se pudieron observar solo 2 meses o uno.

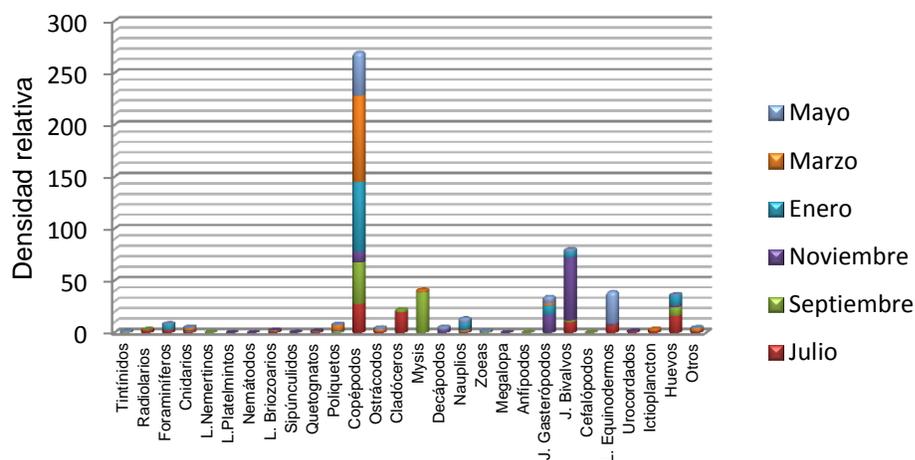


Figura 9. Meses y densidades de grupos dominantes en la zona de arrecife

Análisis comparativo de la densidad por mes

Como se puede observar en la Figura 10, el análisis exploratorio de cajas múltiples de las densidades por mes, nos muestra que las cajas correspondientes al mes de Enero (1), Mayo (5) y Julio (7) tienen un tamaño muy pequeño, dado que en esos meses fue donde se registraron los valores más bajos. Las cajas de los meses de Septiembre (9), Noviembre (11) y Marzo (3) muestran mayor amplitud y distribución. En adición, se puede observar también, la presencia de dos puntos muy alejados, lo cual nos indica una distribución altamente sesgada. Además, con esta herramienta se puede visualizar que existen diferencias entre las densidades registradas para cada mes, mostrando así que los meses de Enero y Septiembre presentan una diferencia estadísticamente significativa.

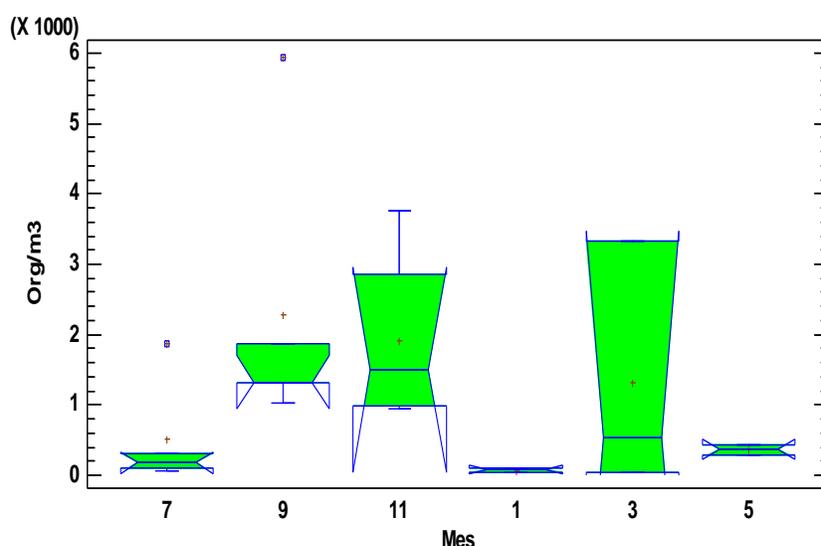


Figura 10. Gráfico Múltiple de Caja y Bigote para Densidades por Mes y donde 7=Julio, 9=Septiembre, 11=Noviembre, 1= Enero, 3= Marzo y 5= Mayo

Al tener la presencia de un sesgo estandarizado (fuera del rango -2 a +2), se puede decir que no existe una distribución normal de los datos, razón por la cual se realizó la prueba de Kruskal-Wallis para comparar las medianas en lugar de las medias.

La prueba de Kruskal- Wallis arrojó un valor de $P = 0.0294202$, lo que indicó que existe una diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95.0%, puesto que el valor de p es menor que 0.05, lo cual indicaría que las densidades del zooplancton se encuentra influenciada por las diferentes épocas que se presentaron: Época de nortes (enero) y época de lluvias (septiembre).

Análisis comparativo de las densidades por zona

Para la comparación de la densidad por zona, el análisis exploratorio nos muestra una caja más amplia para la zona de playa en comparación de la que se muestra en la zona de arrecife, ya que como se ha ido observando, la playa fue la que presentó mayor densidad. Tal y como se ve en la figura 11, las muescas se traslapan, por lo que se puede decir que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre ambas zonas por medio de esta herramienta.

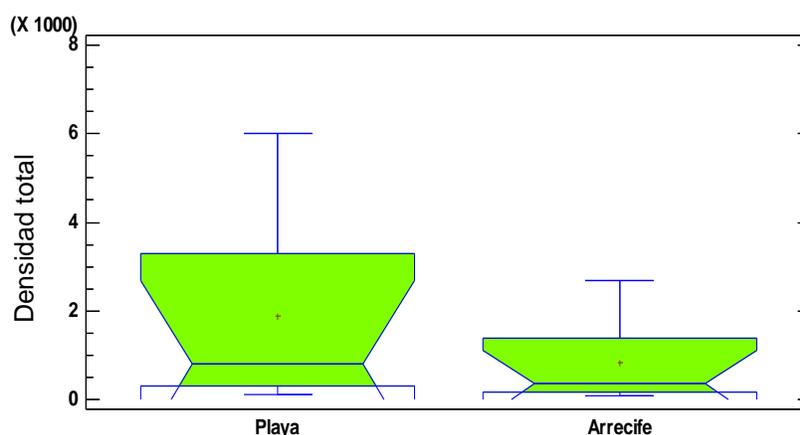


Figura 11. Gráfico de caja y bigote para la densidad por zona

La prueba de Kolmogorov- Smirnov mostró un valor de $p= 0.33333$, lo cual comprueba que los datos analizados se comportan de manera normal, ya que p es mayor a 0.05. La prueba de Levene's registró un valor de $p= 0.350853$, aceptando así, que existe una igualdad de varianzas. Dado que se cumplieron los supuestos de normalidad y de homoscedasticidad, se prosiguió a la realización de la prueba t- Student, la cual nos mostró que no existe una diferencia significativa entre ambas zonas, ya que el valor de $p= 0.338052$, siendo éste mayor a 0.05.

Otra herramienta que se utilizó en este trabajo fueron los diagramas de Olmstead- Tukey , el cual nos permitió observar de manera jerárquica los grupos zooplanctónicos en cuatro categorías: Dominantes, constantes, ocasionales y raras presentes en las dos zonas de estudio.

En la zona de playa se observaron como grupos dominantes a los copépodos, tintínidos, huevos, nauplios, poliquetos (larvas), cladóceros, bivalvos y urocordados, mientras que los flagelados resultaron ser ocasionales y el resto de los grupos raros. No hubo organismos constantes (Figura 12).

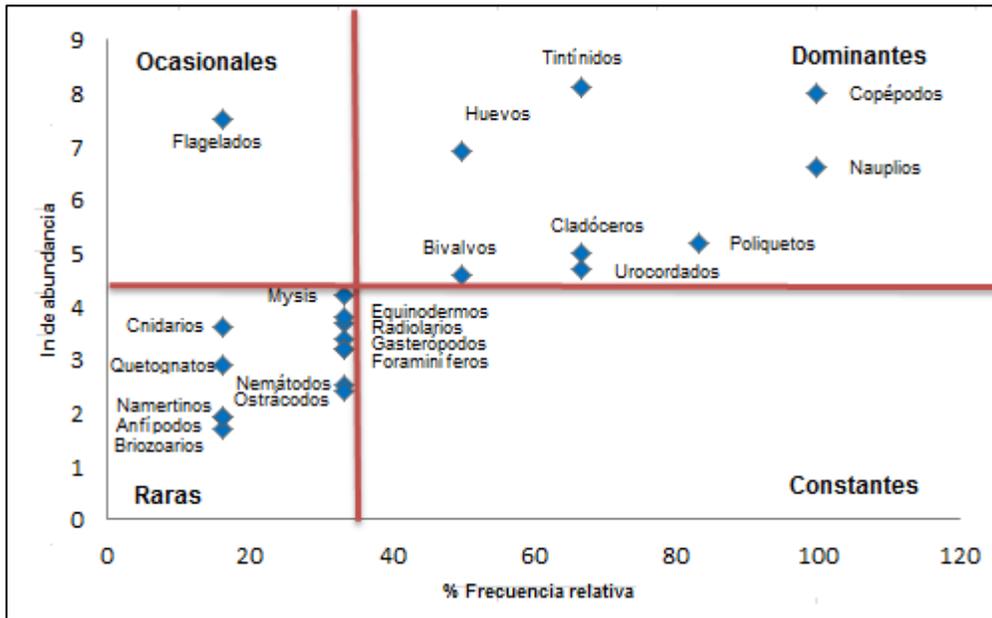


Figura 12. Jerarquización de los grupos registrados en la playa mediante el Diagrama de Olmstead-Tukey

En la zona de arrecife, los copépodos, bivalvos, gasterópodos (larvas), huevos, nauplios, mysis, cnidarios, larvas de equinodermos y poliquetos, se registraron como grupos dominantes; los decápodos y cladóceros fueron ocasionales y dentro de los grupos raros se encontraron a los tintínidos, urocordados, radiolarios, larvas de nemertinos y platelmintos, nematodos, anfípodos, sipúnculos e ictioplancton y sólo seis grupos resultaron ser constantes (Figura 13).

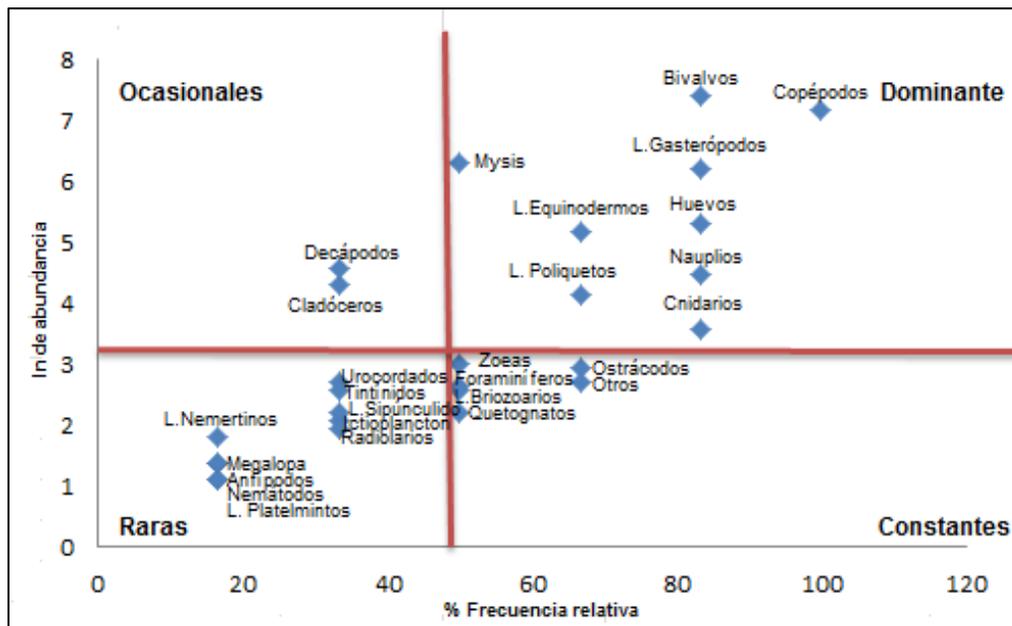


Figura 13. Jerarquización de los grupos registrados en la zona de arrecife Diagrama de Olmstead-Tukey

Discusión de resultados

Parámetros físicos y químicos del agua

Durante la realización de este estudio los valores obtenidos para la salinidad muestra los valores más altos en la zona de arrecife que van de los 34.4 hasta 44.9 ups, en comparación con los valores obtenidos en la zona de playa que presentaron un rango de 31.7 hasta 38.3 ups (Tabla 1; Figura 5). En contraste con los valores reportados por Okolodkov *et al.*, 2011; Salas- Monreal *et al.*, 2009 y Salas- Pérez y Granados- Barba., 2008, los valores aquí presentes son mayores.

Sin embargo, a pesar de que las salinidades registradas son mayores a lo reportado, específicamente en la zona arrecifal, Salas- Monreal *et al* (2009), considera que los arrecifes que se encuentran dentro del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, son áreas de alta evaporación caracterizadas por presentar valores de salinidad >34 ups, lo que concuerda con lo obtenido en este trabajo.

Por otro lado, la playa al encontrarse en contacto con las descargas fluviales provenientes del río Jamapa, se origina una masa de agua diluida (Salas- Pérez y Granados- Barba., 2008), por lo que a diferencia con el arrecife, los valores de salinidad son menores.

Una de las condiciones que caracterizan al PNSAV, es la interacción de diferentes componentes de circulación oceanográficas y atmosféricas que se llevan a cabo en él, cómo son las temporadas de nortes, la de secas y la de lluvias, cada una con características propias, lo cual se ve reflejado en el agua superficial (Rodríguez-Gómez *et al.*, 2013). Para este estudio, la salinidad mostró los valores más altos, para ambas zonas, en el mes de Marzo, que es el mes en el que inicia la temporada de secas, por lo que la incidencia de los rayos del sol y la poca precipitación que se origina en esta temporada, podrían explicar los valores altos de este parámetro en este periodo.

En la temperatura, los valores obtenidos para la zona arrecifal oscilaron de los 19°C a los 29.9 °C; mientras que para la zona de la playa los registros fueron de los 23 °C a los 31.2 °C. Teniendo en cuenta que el PNSAV, se encuentra dentro del Golfo de México, éste se ve influenciado por la formación de giros ciclónicos y anticiclónicos que se caracterizan por presentar aguas frías y cálidas que van de los 19°C a los 22°C, originando variaciones de este parámetro dentro de la columna de agua, esto junto la influencia de los vientos que se da con mayor fuerza en el invierno, disminuyen la temperatura (Salas- Monreal *et al.*, 2015), lo cual coincide con el valor mínimo que se presentó en este trabajo, ya que el valor mínimo fue en enero para la zona de arrecife, lo cual también se observó en el trabajo de Góngora (2014), quién trabajo en el arrecife Santiaguillo.

Por otro lado la influencia de los ríos hacia las costas ejerce una variación de 20°C a 33.5°C (Salas-Monreal *et al.*, 2009), rango que se presentan para la zona de la playa, lo cual se

podría atribuir a que dentro de la zona se presentan dos masas de agua: la masa de agua costera que va de los 21- 29°C originada por la mezcla del agua común del golfo de México y las aguas cercanas a la costa y la masa de agua diluida que va de los 27- 33.5°C, que es el resultado de la mezcla de las descargas de los ríos y la masa de agua costera (Salas-Monreal *et al.*, 2015). Por lo que la temperatura y la salinidad en esta zona se ven influenciadas por las diferentes épocas del año y las descargas fluviales por parte de los ríos que se encuentran en la región.

En adición, el pH es un parámetro que juega un papel muy importante dentro de los ecosistemas marinos ya que influye en la disposición de nutrientes y movilidad de metales pesados a nivel ecosistémico, mientras que en niveles inferiores interviene en los procesos de permeabilidad de la membrana celular, regulando la estructura y función de macromoléculas y organelos y en la capacidad para desarrollar conchas, esqueletos y estructuras basadas en CaCO_3 (Talavera *et al.*, 1998). La variación de este factor abiótico puede verse afectado por la temperatura, salinidad y procesos biológicos como la fotosíntesis y la respiración, ocasionando variaciones en la dinámica de las poblaciones (Villegas *et al.*, 2017).

Los valores registrados para este parámetro en el arrecife oscilaron de 7.7 a los 8.6, en tanto la playa fue de 7.8 a 8.3. Los valores menores predominaron en la zona de la playa, los cuales fueron en los meses correspondientes a la época de transición de nortes a secas (enero-marzo) y secas (abril- mayo), lo cual puede atribuirse a la incidencia solar que es mayor en esta periodo, lo cual produciría mayor actividad fotosintética y por tanto mayor densidad de organismos que a su vez incrementaría el proceso de respiración que contribuye a la disminución del pH. Por otro lado en la zona arrecifal, su valor más alto de pH se presentó cuando la salinidad presentó uno de sus valores más altos, lo cual sucedió en la transición de la época de nortes a secas.

El oxígeno disuelto es la cantidad de oxígeno gaseoso que se encuentra disuelto en el agua, presenta un comportamiento cíclico dentro de los océanos, obteniéndose así de la atmósfera para luego ser disuelto en el agua, para luego ser aprovechado por los animales en el proceso de la respiración. El aumento de este parámetro depende de las corrientes y las olas y por medio de la fotosíntesis, siendo inversamente proporcional a la profundidad (Carrillo., 2012). Por otro lado la temperatura y la salinidad influyen reduciendo la solubilidad de los gases cuando éstos aumentan, siendo las aguas más frías, agitadas y con abundantes organismos fotosintéticos las más ricas en oxígeno.

De acuerdo a la literatura, si los niveles de oxígeno disuelto en el agua están por debajo de 3.0 mg/L la vida de los organismos acuáticos se encontrará en peligro (Peña., 2003). Aquí es importante mencionar, que la temperatura juega un papel muy importante en la producción de oxígeno, puesto que a menor temperatura mayor producción de oxígeno tal y como sucedió en el mes de enero, que fue cuando se presentó el valor más bajo en la

temperatura y el valor más alto en el oxígeno disuelto para este trabajo. No obstante, la acumulación de materia orgánica aumenta el consumo de oxígeno y por ende el declive de éste, por lo que al ser zonas con alta aporte de materia orgánica, los valores del oxígeno llegaron a presentar valores de 3,3 mg/l en la playa y 3,8 mg/l en el arrecife.

En la figura 6, se puede observar que los registros para cada uno de los parámetros, a pesar de mostrar diferencias en cuanto a la dispersión de los datos para cada zona, el traslape de las muescas indican que no existen diferencias significativas entre cada uno de los parámetros de cada zona. La prueba de kolmogorov- Smirnov y la prueba de Levene, mostraron una distribución normal e igualdad de varianza respectivamente (Tabla 2 y Tabla 3), lo que permitió la utilización de la prueba t-Student, para comprobar si existía o no diferencia entre cada parámetro para cada sitio, mostrando que no existía una diferencia significativa entre ambas zonas en relación a los parámetros.

Lo anterior indica que las zonas de estudio forman en conjunto un ecosistema homogéneo en el cual la entrada y salida de agua oceánica así como las descargas fluviales interactúan de tal manera que crean una circulación local en la que intercambian propiedades de una zona a otra (Salas- Pérez y Granados- Barba, 2008), en este caso de la zona costera hacia el arrecife y viceversa. Por otro lado los parámetros que se analizaron presentaron variaciones estacionales (Avendaño., 2013), es decir, fueron acorde a la temporalidad presente en la zona de estudio que junto a la acción del viento, las descargas fluviales, la incidencia de los rayos del sol, y las lluvias provocaron las variaciones de la temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto en ambas zonas.

Composición zooplanctónica

Durante este estudio se registró un total de 15 phyla con 46 especies, 13 phyla y 23 especies para la zona de playa y 15 phyla con 38 especies en el arrecife. En comparación con reportes anteriores Gaona (2016) presenta 11 phyla con 40 especies en el arrecife y 10 phyla con 32 especies en la playa; mientras que Góngora (2014) y Pérez (2017), registran solo para la zona arrecifal 10 phyla con 20 especies y 11 phyla con 33 especies respectivamente (Tabla 4). Como se puede ver en este trabajo se presentó un mayor número de phyla en contraste con los reportado anteriormente; sin embargo, en el registro de especies es menor en comparación con el trabajo de Gaona (2016), lo cual puede atribuirse al diferente nivel taxonómico al que cada uno de los estudios trabajó, considerando además, la presencia y ausencia de grupos en cada investigación.

Con lo anterior, se puede deducir que el arrecife de Santiaguillo cuenta con mayor riqueza zooplanctónica en comparación con la zona de playa frente a Antón Lizardo. De acuerdo a Contreras (2016), el río Jamapa se considera como uno de los factores de estrés ambiental dentro del PNSAV, puesto que las descargas fluviales producidos por el mismo, provoca

cambios físico- químicos en el ambiente, por lo que en este caso la playa frente a Antón Lizardo, al presentar éste tipo de aportes fluviales, origina un ambiente más heterogéneo, trayendo como consecuencia la variación en la presencia y transporte de organismos zooplanctónicos.

Los organismos que se encontraron solo en una de las zonas fueron los pterópodos, sipuncúlidos (larvas), sifonóforos, platelmintos, copépodos harpacticoides, decápodos, taliáceos y las ascidias, que solo se visualizaron en la zona de arrecife, mientras que los flagelados solo estuvieron presentes en la playa.

Los pterópodos son moluscos oceánicos holoplanctónicos, que suelen habitar sitios con condiciones hidrológicas estables (Boltovskoy, 1981). De acuerdo a Flores- Coto *et al* (2013), las especies de afinidad tropical y hábitat nerítico suelen ser más abundantes en la capa superficial, mientras que las formas oceánicas presentan menor abundancia encontrándose en las capas profundas, como consecuencia de la entrada de agua oceánica a la plataforma en su parte más profunda.

Lo anterior, podría explicar la presencia de estos organismos solo en el arrecife, ya que al ser animales que habitan ambientes que no presenten alteraciones bruscas, la playa podría no ser propicia, como resultado de las descargas fluviales naturales y antropogénicas a las que está sometida. Sin embargo para el segundo punto sus pocos registros en este estudio, puede ser a consecuencia de que la mayoría de estos organismos presentan migraciones diurnas, encontrándolos en la noche en la superficie y de día en las profundidades (Parra., 2008).

En cuanto a los sifonóforos, son organismos pelágicos y marinos, que habitan todos los océanos, abarcando desde los estratos superficiales hasta las grandes profundidades; sin embargo, sólo unas cuantas especies logran avistarse en las muestras de plancton (Boltovskoy., 1981). Una de las razones por las cuales éstos organismos no pueden llegar a observarse, es por la utilización de redes, ya que algunas especies presentan la capacidad de evadirla (Gasca., 2002). Sin embargo, las especies pertenecientes al género *Lensia* presente en este estudio, se caracteriza por presentar ciclos diales de migración vertical (Gasca., 1993), lo cual puede explicar su única aparición en una sola de las muestras analizadas para este estudio. Por otro lado, dentro de la comunidad de sifonóforos también encontramos a *A. eschscholtzi*, caracterizada por habitar estratos superficiales en el Golfo de México

Cabe mencionar, que aunque éstos organismos solo se pudieron visualizar después de una post revisión del conteo de organismos para obtener las densidades totales, se ha considerado hacer mención de ellas, ya que forman parte de la composición zooplanctónica de las zonas de estudio sin dejar atrás su importancia como depredadores de crustáceos, huevos y larvas de peces (Flores-Galicia y De la Cruz-Francisco., 2018), que son

comunidades que se encuentran dentro de los arrecifes de coral, sitio en el cual se encontraron.

Dentro de los grupos que se identificaron, 8 formaron parte del meroplancton, es decir solo forman parte de la comunidad planctónica en sus formas juveniles. Tal es el caso de los nemertinos, briozoarios, poliquetos, moluscos (gasterópodos y bivalvos), peces (huevos), platelmintos, ascidias y sipunculidos, quienes de adultos pasan a formar parte del fondo marino o a la vida libre, por lo que su presencia en las zonas de estudio podría estar relacionado a las diferentes épocas de reproducción de cada phyla y a las migraciones que éstos realizan hasta llegar a su vida adulta.

De acuerdo, a Mecalco- Hernández *et al* (2018), el zooplancton presenta migraciones ontogénicas, proceso que lo define como el cambio en el cual los organismos pasan de un estadio a otro, cambiando la profundidad de residencia de manera estacional (migraciones estacionales), lo que se cumple con lo descrito anteriormente.

Los talíaceos, pertenecientes a la familia Salpidae, son tunicados pelágicos que se encuentran ampliamente distribuidos en todos los océanos del mundo en bajas densidades; sin embargo, cuando existe una alta concentración de fitoplancton llegan a incrementar su densidad considerablemente (Herrera *et al.*, 2015). Ante este panorama, la captura de este organismo en las muestras correspondientes en el mes de septiembre, que fue el mes en el que se presentó mayor densidad zooplanctónica, pudo haberse dado por la alta productividad presente en la zona a causa del aporte de nutrimentos por parte de las descargas fluviales de los ríos aledaños, que incrementaron a causa de las lluvias presentes en este mes.

Los copépodos harpacticoides son bentónicos y en algunos grupos se llegan a presentar hábitos pelágicos, por lo que su presencia en el zooplancton son escasos (Campos-Hernández y Suárez –Morales, 1994). Lo que podría explicar las pocas observaciones de este grupo en las diferentes muestras analizadas, ya que los arrastres se realizaron en la superficie.

Los flagelados que solo se avistaron en la zona de la playa, pertenecen a la especie *Vorticella oceánica*, que es un organismo epibionte que se caracteriza por fijarse a una gran variedad de superficies incluyendo crustáceos, algas, diatomeas y detritus. Entre los géneros de diatomeas que se encuentran alojando a este organismo está el género *Chaetoceros*, que es uno de los géneros con mayor frecuencia en la zona de estudio (Ortiz., 2016; Gouri *et al.*, 2016), por lo que la presencia de este organismo se puede atribuir a la abundancia y frecuencia de esta diatomea. Cabe mencionar, que para este estudio se tomó en cuenta cada célula presente en la diatomea, encontrando hasta 35 vorticelas en una sola diatomea, por lo que su densidad tuvo un valor mayor en comparación a otros grupos encontrados en la muestra.

Densidades totales y relativas del zooplancton

Asimismo, como se puede ver en la figura 7, la densidad total fue mayor en el mes de septiembre en la zona de la playa, en comparación con la zona arrecifal, lo cual puede deberse a que en este mes se presenta el nivel máximo de la temporada de lluvias, con un nivel de precipitación de $104.2 \text{ mm mes}^{-1}$ (Carrillo *et al.*, 2007), lo que origina una mayor descarga de nutrientes por parte del río Jamapa hacia las costas, por lo que la productividad de los sistemas costeros aumenta y por tanto la densidad zooplanctónica, lo cual concuerda con lo reportado por Okolodkov *et al* (2011), quien registro en el mes de septiembre un pico de mayor biomasa planctónica. Asimismo, Salas- Monreal y colaboradores (2009), hacen mención que durante este mes se presentan giros ciclónicos, que son los responsables de llevar aguas profundas ricas en nutrientes hacia la superficie, creando así zonas con alta productividad.

En contraste, las densidades menores se presentaron en el mes de enero en ambas zonas, la cual corresponde a la temporada de nortes, que se caracteriza por la presencia de temperaturas bajas provenientes del norte de Estados Unidos y Canadá que penetran en el Golfo de México, ocasionando una variación de temperatura y salinidad, dando origen a importantes procesos de mezcla en la columna de agua, además de inducir la suspensión de sedimentos favoreciendo la productividad (Salas- Pérez y Granados- Barba., 2008); sin embargo en este estudio, al presentar las densidades más bajas en esta época, sugiere que la turbidez que pudo haberse originado, a consecuencia de la suspensión de sólidos por la mezcla, pudo no haber permitido un óptimo desarrollo del fitoplancton y por tanto se originó un declive en la densidad de zooplancton, sin dejar de mencionar los fuertes vientos que se presentaron por la temporada de nortes, lo cual pudo originar una mayor dispersión de los organismos.

En cuanto a las densidades relativas por grupos registradas en el transcurso de los meses de muestreo para la zona de playa (figura 8), los copépodos muestran los mayores valores para esta variable, presentándose en todo los muestreos, con un rango de 12.5 % hasta 56%, los nauplios con 18% a 2.2%, seguido de los tintínidos, que mostraron valores 7.9% a 53% mientras que los demás grupos sus valores fueron menores al igual que su aparición en el transcurso de este estudio. Cabe mencionar que los tintínidos, en el mes de septiembre superaron a los copépodos, que como ya se mencionó anteriormente corresponde a la temporada de lluvias y por lo tanto a una mayor aportación de nutrientes.

Los tintínidos, se caracterizan por ser organismos que presentan una relación estrecha con las densidades fitoplanctónicas, ya que ésta es su base principal de alimentación, consumiendo más del 62% del total de producción de clorofila α en ambientes costeros y por lo tanto representan un papel fundamental en la producción secundaria ya que sirven como alimento de muchos grupos zooplanctónicos como los copépodos (Vanegas y Arregocés., 2015), que es un grupo que se encuentra presente en este mes. Ortiz (2016),

realizo un estudio de la densidad, abundancia y composición de los grupos de fitoplancton presentes en la playa frente a Antón Lizardo y el arrecife de Santiaguillo, reportando la mayor densidad en la zona de la playa en el mes de septiembre, lo cual podría corroborar el incremento de la densidad de los tintínidos en esta temporada.

Asimismo, la densidad relativa entre los meses de muestreo en la zona de arrecife (figura 9), los copépodos siguen siendo el grupo que más predomina, seguido de los cnidarios, nauplios, gasterópodos y bivalvos juveniles y huevos aunque con menores densidades con respecto a los copépodos, mientras que los ostrácodos, poliquetos, equinodermos, foraminíferos, larvas de briozoarios, quetognatos, mysis y zoeas representaron los grupos con menor densidad y con menos meses de aparición en las muestras analizadas.

Dentro de las comunidades presentes a las zonas arrecifales, encontramos una gran cantidad de organismos bentónicos pertenecientes al meroplancton y zooplancton que realiza migraciones diales, lo cual puede provocar variaciones locales de abundancia y composición dentro de la comunidad zooplantónica (Suárez- Morales y Rivera., 1998), desde este punto de vista, los grupos presentes en esta zona se encuentra compuesto principalmente por organismos juveniles perteneciente a los equinodermos, nemertinos, platelmintos, briozoarios, sipuncúlidos, mysis, gasterópodos, bivalvos y diversos tipos de huevos, de los cuales ya anteriormente se ha hecho mención de aquellos que presentan migraciones diales, por lo que el esperar que exista variación alguna en la composición zooplantónica presente en esta región es de alta probabilidad, encontrándolo como uno de los factores más influyente en la presencia y ausencia de cada grupo.

El diagrama de jerarquización realizado mediante la asociación de Olmstead-Tukey para la zona de la playa (figura 12), muestra que los copépodos, nauplios, poliquetos, tintínidos, cladóceros, urocordados, huevos y bivalvos, pertenecen a los grupos dominantes del lugar ya que muestran mayor frecuencia y abundancia con respecto a la mediana; mientras que solo uno se observó en la categoría de ocasionales (Flagelados) y 12 en la categoría de raros (equinodermos, radiolarios, gasterópodos, foraminíferos, mysis, nematodos, ostrácodos, cnidarios, quetognatos, nemertinos, anfípodos y briozoarios) sin ningún grupo en el cuadrante de constantes.

De acuerdo, a la literatura, los copépodos son los organismos más numerosos del zooplancton en los sistemas costeros tropicales (Ordoñez y Ornelas., 2003; Suárez-Morales y Gasca., 1998), por lo que al considerarse uno de los grupos dominantes dentro de esta área coincide con lo antes descrito.

Los tintínidos, son un grupo con gran importancia ecológica dentro de las comunidades planctónicas, ya que como se mencionó con anterioridad, además de servir como alimento a diversos grupos del zooplancton, su gremio alimenticio incluye a la materia orgánica

particulada y disuelta (Thomson, 2001), la cual se encuentra presente en la zona de la playa gracias a los aportes continentales.

En cuanto a los bivalvos, cladóceros, gasterópodos, equinodermos, briozoarios, son parte de la biota común dentro de las áreas costeras; sin embargo, en el caso de los equinodermos y briozoarios, al ser organismos que se encuentran establecidos en el suelo marino en su forma adulta, en las muestras de plancton, se presentan en forma de larvas y por tanto, esta sea una posible razón por la cual se encuentren como organismos raros.

En cuanto al grupo de los organismos ocasionales encontramos a los flagelados de la especie *Vorticella oceánica*, la cual al ser un organismo epibionte de la diatomea *Chaetoceros sp.*, su distribución está dada por ésta.

La zona costera que se encuentra frente a Antón Lizardo, se caracteriza por tener contacto con aportes continentales que enriquecen a la zona de nutrimentos generando una alta productividad y a su vez altas densidades de biomasa zooplanctónica (Zavala-García *et al.*, 2016), por lo que la ausencia de grupos constantes en esta zona concuerda, ya que las zonas costeras se caracterizan por ser zonas ricas en abundancia.

Por otro lado, la zona en el arrecife Santiaguillo (figura 13), presenta como grupos dominantes a los copépodos, bivalvos, gasterópodos (larva), huevos, nauplios, cnidarios, equinodermos (larvas), poliquetos y mysis; mientras que en el cuadrante de los grupos constantes se presentaron los ostrácodos, zoeas, foraminíferos, briozoarios y quetognatos; mientras que urocordados, tintínidos, sipuncúlidos, ictioplancton, radiolarios, nemertinos, anfípodos, nematodos y platelmintos, se observaron en el cuadrante de los grupos raros. Los grupos ocasionales, fueron los decápodos y cladóceros.

Tal y como se menciona anteriormente y como se puede ver, dentro de los grupos dominantes encontramos en su mayoría la presencia de invertebrados en sus estados larvales, acompañados de los copépodos que, como ya se dijo, son grupos que se encuentran ampliamente distribuidos, mientras que los cnidarios, se consideran organismos habituales de la zona.

Los cnidarios, al ser la base principal de la formación de los arrecifes, es razón principal por la que este grupo aparezca como uno de los grupos dominantes. Por otro lado, los bivalvos, gasterópodos y equinodermos juegan un papel muy importante en cuanto al aporte de material calcáreo a los arrecifes contribuyendo a la proporción de sustrato colonizable y refugio a diversos organismos (Ampuero., 2018).

En cuanto a los organismos que se encuentran en la categoría de raros, podemos ver a los urocordados, quienes son organismos que se caracterizan por ser pelágicos libre nadadores, que se encuentran comúnmente en aguas de plataforma que en mar abierto (Castellanos-

Osorio., 2003) por lo que este grupo aquí se encuentra en el grupo de los raros a diferencia con la playa que se encuentra dentro del grupo dominante.

Asimismo, en el cuadrante de los organismos ocasionales , encontramos a los cladóceros y a los decápodos, los cuales para el primer caso, se consideran integrantes del plancton de aguas costeras, sin embargo, en algunos casos se relacionan con las corrientes oceánicas (Boltovskoy., 1981).

De acuerdo a la prueba de Kruskal- Wallis la densidad zooplanctónica en el transcurso de los meses, presento una diferencia significativa, lo cual se debe a las temporadas climáticas que se presentaron en el transcurso del estudio las cuales fueron la época de lluvias (Julio y Septiembre), época de secas (Abril y Mayo) y la época de nortes (Octubre a Marzo), mostrando mayor diferencia la temporada de nortes con la de lluvias.

En la época de nortes, la presencia de temperaturas bajas incremento el oxígeno disuelto, sin embargo, la presencia de vientos fuertes y la mezcla que se presenta en este periodo, pudo haber influenciado en la distribución del zooplancton, por lo que en esta temporada se presentaron los niveles más bajos de la densidad, en comparación con otros trabajos que resulta ser una temporada con alto volumen planctónico (Okolodkov *et al.*, 2011); mientras que la temporada de lluvias, por los altos aportes continentales, mostro los valores más altos de densidad.

La salinidad, que es otro factor que se registró, parece haber influido en la densidad zooplanctónica, ya que cuando se obtuvieron los valores más altos (40.4 ups- 44.9 ups), que se atribuye por la incidencia del sol en el sitio, la densidad disminuyo considerablemente en la zona arrecifal, que fue el sitio que mostró dichos valores. En el medio marino, los organismos presentan características que les permiten vivir en el agua salada, mediante el intercambio osmótico, el cual es un proceso en el que se controla la presión osmótica de los fluidos corporales extracelulares mediante el control de la difusión de agua hacia o desde el ambiente a través de algún tejido u órgano permeable controlando así la cantidad de sales. Sin embargo, algunas especies que no pueden mantener la homeostasis de la salinidad de sus fluidos corporales, tienden a depender de la tolerancia de sus tejidos corporales a las alteraciones internas para sobrevivir o bien optan por migrar hacia sitios donde las condiciones sean más favorables y originando así grupos dominantes en el sitio (Cifuentes *et al.*, 1997). Lo anterior, podría explicar las pocas densidades presentes en este periodo correspondiente al mes de marzo, sin dejar de mencionar que algunos grupos de copépodos como *Calacalanus pavo* y *Acartia lilljeborgii* se presentaron durante esta época, las cuales se reportan como especies indicadoras de masas de agua con altas salinidades, reportadas también por Gaona (2016).

Finalmente las densidades entre ambas zonas, mediante la prueba de la t-Student, mostro que no existían diferencias significativas, lo cual puede deberse a que en ambas zonas se compartieron la mayoría de los grupos zooplanctónicos.

Conclusiones

- No se identificaron diferencias significativas entre los parámetros analizados con respecto a ambas zonas; sin embargo, sus variaciones estuvieron sujetas a las diferentes épocas del año que se presentaron en la zona, mostrando un comportamiento estacional.
- El arrecife de Santiaguillo al presentar los valores más altos de la salinidad (>32 ups), en comparación con la playa, se considera un área de alta evaporación, siendo uno de las variables que influye en la composición del zooplancton en esta zona.
- Las descargas continentales, materia orgánica, la incidencia del sol, los vientos y las corrientes fueron influyentes en las variaciones de los parámetros en cada una de las zonas, de los cuales los primeros dos tuvieron mayor influencia en la zona de la playa; mientras las demás afectaron en mayor grado al arrecife.
- Se identificaron 13 phyla con 23 especies en la zona de playa de Antón Lizardo y 15 phyla con 38 especies en el arrecife de Santiaguillo, siendo más diverso ésta última.
- Los grupos zooplanctónicos que integraron principalmente la playa fueron los copépodos, tintínidos, nauplios y huevos de algunos invertebrados. En la zona arrecifal los grupos principales fueron los copépodos, gasterópodos, bivalvos, equinodermos y huevos. Los pterópodos, sipuncúlidos, sifonóforos, platelmintos, taliáceos, ascidias, decápodos y copépodos harpacticoides fueron grupos que se presentaron de manera exclusiva en el arrecife de Santiaguillo; los flagelados, solo se observaron en la zona de la playa.
- La presencia de grupos meroplanctónicos y las migraciones diales de algunos grupos influyeron en la composición zooplanctónica, lo que ocasiono variaciones locales y temporales dentro de la comunidad en ambas zonas.
- La densidad zooplanctónica fue mayor en la zona de la playa con 6006 org/m^3 en el mes de septiembre, correspondiente a la temporada de lluvias, con su menor valor en enero con 89 org/m^3 (nortes). La zona arrecifal obtuvo su mayor densidad en el mes de noviembre (época de ciclones tropicales) y su menor densidad en el mes de

enero con 64 org/m^3 (nortes), razón por la cual para este estudio se presentan diferencias significativas entre los meses de muestreo.

- No se presentaron diferencias significativas entre las dos zonas de estudio en relación a las densidades zooplanctónicas,

Referencias

- Álvarez-Cadena, José N, Ordóñez-López, Uriel, Valdés-Lozano, David, AlmaralMendívil, Alma Rosa, & Uicab-Sabido, Amira (2007). Estudio anual del zooplancton: composición, abundancia, biomasa e hidrología del norte de Quintana Roo, mar Caribe de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78(2), 421-430.
- Álvarez-Cadena, J. N. Almaral-Mendivil, A. R., Ordóñez-López, U., & Uicab-Sabido, A. (2008). Composición, abundancia y distribución de las especies de quetognatos del litoral norte del Caribe de México. *Hidrobiológica*, 18, 37-48.
- Álvarez, F. Villalobos, J. L. Hendrick, M. E. Escobar- Briones, E. Rodríguez- Almaraz, G y E. Campos (2014). Biodiversidad de crustáceos decápodos (Crustacea: Decapoda) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: S208-S219.
- Ampuero L. A.A. (2018). Relación del pH y oxígeno disuelto de fondo con la distribución del bentos calcificante de la plataforma centro – norte peruana. Tesis de Maestría. Universidad Peruana. Cayetano Heredia. Perú.
- Ayala- Castañares, A. (1996). Investigaciones sobre foraminíferos recientes de México. Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 27: 7-21.
- Boltovskoy, D. (1981). Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. 533 p. Publicación Especial del INIDEP, Mar de Plata.
- Calva B. L. (2002). Hábitos alimenticios de algunos equinodermos. Parte 1. Estrellas de mar y estrellas serpiente. Laboratorio de Ecosistemas Costeros, Depto. *Hidrobiología*. D.C.B.S. UAM-I.
- Campos-Hernández A. y Suárez-Morales E. (1993).Clave para la identificación de las especies de corycaeidae (copépoda: poecilostomatoida) del Golfo de México y zonas adyacentes del Mar Caribe. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Centro de Investigaciones de Quinta Roo (CIQRO). México.
- Campos-Hernández A. y Suárez-Morales E. (1994). Copépodos pelágicos del Golfo de México y Mar Caribe: I Biología y Sistemática. Quintana Roo: Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO).
- Carrillo, L., Horta-Puga G. y J.P. Carrivart- Ganivet (2007). Clima y Oceanografía. En: Tunnell W.J. Chávez A.E., Withers K. (eds). Coral reefs of the southern Gulf of Mexico (pp. 34-40) Texas: A&M University Press.

Carrillo., P. (2012). Comportamiento del oxígeno disuelto en dos estaciones costeras La Libertad y Manta, como aporte al conocimiento del fenómeno “El niño”. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. 17(1): 21-29.

Castellanos- Osorio., I.A. (2003). Apendicularias del Golfo de México y Caribe mexicano. Cap.12:229-238. En: Barreiro- Güemes M.T., M.E. Meave del Castillo, M. Signoret- Poillon y M.G. Figueroa- Torres (eds) *Planctología Mexicana*, 300 p. Sociedad Mexicana de Planctología, A.C. México.

Cifuentes L.J.L., Torres-García P y Frías M.M. (1997). *El océano y sus recursos*. Fondo de cultura económica. México D.F.

Cifuentes, J. L., Torres-García P. y Frías Mondragón M. (2003). *El Océano Y Sus Recursos V: Plancton Mexico: Fondo de Cultura Económica-Secretaría de Educación Pública-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*.

Clark, D., K. Aazem & G. Hays (2001). Zooplankton abundance and community structure over a 4000 km transect in north-east Atlantic. *J. Plankton Res.*, 23: 365- 372.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas CONANP (2017). *Programa de Manejo Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano*. México

Contreras E. L (2016). Variación espacio-temporal de la estructura comunitaria del zooplancton y su relación con las variables hidrográficas en la desembocadura del río Jamapa, Veracruz, en dos temporadas climáticas (nortes y lluvias). Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana. Instituto De Ciencias Marinas Y Pesquerías Maestría En Ecología Y Pesquerías. Boca Del Río, Veracruz.

Conway, D.V.P (2012). *Marine zooplankton of southern Britain. Part 1: Radiolaria, Heliozoa, Foraminifera, Ciliophora, Cnidaria, Ctenophora, Platyhelminthes, Nemertea, Rotifera and Mollusca*. A.W.G. John (ed.). Occasional Publications. Marine Biological Association of the United Kingdom, No. 25, Plymouth, United Kingdom, 138 pp.

De Boyd L. S (1977). *A Guide to marine coastal Plankton and Marine Invertebrate Larvae*. Kendall/Hunt Publishing Company. Department of Biology West Valley Community College Saratoga, California. United States of America. 22-139 pp

De Jesús-Navarrete, A (2012). Nematodos acuáticos de la cuenca de la Laguna de Términos. El Colegio de la Frontera Sur. Unidad Chetumal. Informe Final, SNIB-CONABIO proyecto FM023. México, D.F.

DOF. (2012). Decreto que modifica al diverso por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de Parque Marino Nacional, la zona conocida como Sistema Arrecifal

Veracruzano. Contenido disponible en el Diario Oficial de la Federación (3ra sección). Volumen DCCX (21) (pp. 1-13) Ciudad de México.

DOF (DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN) (2013). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente. México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Escribano R. y Castro L (2004). Plancton y Productividad. In: Werlinger, C. (Eds.), *Biología Marina y Oceanografía: Conceptos y Procesos Vol. I*, Chile, pp. 287-312.

Flores-Coto C., M. de la L. Espinosa Fuentes, F. Zavala García y L. Sanvicente Añorve (2009). Ictioplancton del sur del Golfo de México. Un compendio. *Hidrobiológica* 19 (1): 49-76.

Flores- Coto C., Sanvicente- Añorve L., y Sánchez- Ramírez M. (2010). Appendicularian distribution and diversity in the Southern Gulf of México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:123-131.

Flores-Coto C., H. L. Arellanes, J. Sánchez Robles y A. López Serrano (2013). Composición, abundancia y distribución de Pteropoda (Mollusca: Gastropoda) en la zona nerítica, del sur del Golfo de México (Agosto, 1995). *Hidrobiológica* 23 (3): 348-364.

Flores-Galicia, L. & V. De la Cruz-Francisco (2018). Primeros registros de medusas (Cubozoa, Scyphozoa), sifonóforos (Hydrozoa) y ctenóforos (Tentaculata) del sistema arrecifal Lobos-Tuxpan, México. *CICIMAR Océánides*, 33(1): 33-46.

Gaona H. A (2016). Comparación de zooplancton marino entre una zona de playa y una arrecifal en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. Ciudad de México.

Gasca, R. (1993). Especies y abundancia de Sifonóforos (Cnidaria: Hydrozoa) en la región sur del Golfo de México. *Caribbean Journal of Science*, Vol. 29, No. 3-4, 220-225.

Gasca, R. (2002). Lista faunística y bibliografía comentadas de los sifonóforos (Cnidaria: Hydrozoa) de México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología*, 73(2).

Gasca. R., Manzanilla. H y E. Suárez-Morales (2009), "Distribution of Hyperiid Amphipods (Crustacea) of the Southern Gulf of Mexico, Summer and Winter 1991". En *Journal of Plankton Research*, 31 (12), pp. 1493-1504.

Gasca, R y L. Loman-Ramos (2014). Biodiversidad de Medusozoa (Cubozoa, Scyphozoa e Hydrozoa) en México *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: S154-S163, 2014

Gasca. R. y E. Suarez (1996). Introducción al estudio del zooplancton marino. ECOSUR-CONACYT. México. 149p

- Giraldo, A. y E. Gutiérrez. (2007). Composición taxonómica del zooplancton superficial en el Pacífico colombiano (septiembre 2003). *Invest. Mar, Valparaíso* 35(1): 117-122
- Góngora S. I (2014). Visión del plancton en el arrecife Santiaguillo, Veracruz. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 24p.
- Gouri Sahu, A.K. Mohanty, S. Panigrahi y K.K. Satpathy (2016). First record of association of planktonic diatom *Chaetoceros coarctatus* Lauder, 1864 with a peritrich ciliate epibiont *Vorticella oceanica* Zacharias, 1906 (Ciliophora: Peritricha) from the Indian Ocean region. *Indian Journal of Geo Marine Science*. 46(9): 1806-1809.
- Granados B. A., Abarca A. L.G. y Vargas H. J.M. (Eds.). (2007). Investigaciones científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Universidad Autónoma de Campeche ISBN 968-5722-53- 6 304 p.
- Gutiérrez- Ruíz C.V., Román- Vives M.A.M., Vergara C.H. y E.I. Badano (2011). Impacto de perturbaciones antrópicas sobre la diversidad de corales pétreos superficiales en el Parque Nacional Veracruzano. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:249-260.
- Harris, L.H., J.A. de León-González y S.I. Salazar-Vallejo (2009). Morfología, métodos, clave para familias y clasificación. Pp 3-32. En: de León-González, J.A., J.R BastidaZavala, L.F. Carrera-Parra, M.E. García-Garza, A. Peña-Rivera, S.I. Salazar-Vallejo y V. Solís-Weiss (comps.). Poliquetos (Annelida:Polychaeta) de México y América Tropical. Tomo I. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León.
- Herrera. G. J.E., Meraz H.J., Buenrostro S.A., Karam M. S.G., Mendoza V. A. y M. C. Alejo. (2015). Las salpas (Thaliacea: Salpidae) como posibles vectores de saxitoxina entre dinoflagelados y tortugas marinas. *Ciencia y Mar* XXIV (56): 41-49.
- Hernández-Trujillo, S. & G.M. Esqueda-Escárcega (2002). La diversidad de copépodos marinos en México. *Oceánides*, 17(1):57-68.
- Hickman, C.P, Roberts, L.S, Keen, S. L, l'Anson, H y D. J, Eisenhour (2009). Principios Integrales de Zoología. Decimocuarta edición. Mc Graw Hill. China.
- Inda-Díaz, E. A., Domínguez-Ojeda, D., Romero-Bañuelos, C. A., Navarro, J. T. N., & Morales, J. C. (2013). El zooplancton marino de la costa de Nayarit, México. *Revista Fuente nueva época Año*, 4(14).
- Kenneth L. G (1971). Guide to identification of marine and esturine invertebrates. John Wiley&Sons. United States of America.
- Lara- Domínguez, A. L (2011). Recursos hídricos. p. 285-287. En A. Cruz Angón (Ed.) La Biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y

Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A. C. México. ISBN 978-607-7607-49-6

Loman-Ramos, Lucio, Ordóñez-López, Uriel, & Segura-Puertas, Lourdes. (2007). Variación espacial de la comunidad de medusas (Cnidaria) del sur del Golfo de México, durante el otoño de 1999. *Hidrobiológica*, 17(3), 203-212.

Marques Dos Santos M, J. (2001). Estadística Básica. Un enfoque no paramétrico. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México 173 p.

Márquez, B., M. Baumar, J. L. Díaz- Ramos, Troccoli y S. Subero- Pino, S. (2007). Variación estacional y vertical de la biomasa del macrozooplancton en la Bahía de Mochima, Estado Sucre- Venezuela, durante 1997-1998. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 42(3): 241-252

Manrique. F.A. y R.E. Molina (2003). Serie de tiempo planctónica en la bahía de Bacochibampo: Los cladóceros. Año 16. No.62. *Revista Digital de Posgrado, Investigación y extensión del Campus Monterrey*.

Mecalco-Hernández, A., Castillo- Rivera, M.A., Sanvicente- Añorve, L., Flores- Coto, C. y C. Álvarez- Silva. (2018). Variación estacional y nictímera en la distribución del zooplancton dominante en una laguna costera tropical. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 53(1): 39-49.

Mille-Pagaza, S. y J. Carrillo-Laguna (2003). Distribución y abundancia de los quetognatos de la plataforma Tamaulipeca y océano adyacente en abril de 1987. *Hidrobiológica* 13 (3): 223-229.

Morales R. A (2008) Caracterización cualitativa del zooplancton del Área de Conservación Marina Isla del Coco (ACMIC), Océano Pacífico de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 56 (Supl. 2)

Newell G. E and R. C. Newell (1963). Marine Planckton a practical guide. Hutchinson educational LTD. Great Britain.

Okolodkov, Y. B. (2003). A review of Russian plankton research in the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea in the 1960-1980s. *Hidrobiológica*, 13(3), 207-221.

Okolodkov, Y. J. Aké-Castillo, Gutiérrez-Quevedo, Ma. H, Pérez-España y Salas-Monreal, D (2011). Annual Cycle Of The Plankton Biomass In The National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, Southwestern Gulf Of Mexico. Editor: Giri Kattel, Nova Science Publishers. México.

Ordóñez López, U. y M. Ornelas Roa. (2003). Variaciones de la comunidad de copépodos plánticos en el gradiente estuarino-costero de Celestún, Yucatán, México. *Hidrobiológica* 13 (3): 231-238.

Ortiz, C.A.K. (2016). Estudio comparativo del fitoplancton presente en la zona litoral de Antón Lizardo y una zona arrecifal, en Santiaguillo, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México.

Ortiz Lozano, L. D., Arceo Briseño, P., Granados Barba, A., Salas Moreal, D., & Jiménez Badillo, M. D. L. (2010). Zona costera.

Ortiz-Lozano L, Granados-Barba A, Espejel I, Salas-Pérez J, González-Gándara C. (2015). La zona costera de Veracruz a Antón Lizardo: un análisis sobre la vulnerabilidad de sus servicios ambientales. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías. Veracruz. *Revista Digital E-BIOS*. 2(8): 150-177.

Parra F. A.M. (2008). Distribución espacial y composición de la comunidad pterópodos (Mollusca: Gastropoda: Thecosomata) en el Caribe de México y Belice. Tesis de maestría. El Colegio de la Frontera Sur. ECOSUR. Quintana Roo.

Peña, P.E. (2007). Calidad de agua: Trabajo de investigación Oxígeno Disuelto (OD). Escuela Superior Politecnica del Litoral.

Pérez, O. V (2017). Comparación del zooplancton en la zona occidental y oriental de la isla Santiaguillo en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. Ciudad de México.

Perry R (2003). A guide to the marine plankton of southern California. 3ed. UCLA. OceanGLOBE & Malibu High School

Purcell, E. J. 2003. Predation on zooplankton by large jellyfish, *Aurelia aurita*, *Cyanea capillata* and *Aequorea aequorea*, in Prince William Sound, Alaska. *Marine Ecology Progress Series* 246: 137-152.

Rodríguez-Gómez C. F., J. A. Aké-Castillo y G. Campos-Bautista. 2013. Productividad primaria bruta y respiración planctónica en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. *Hidrobiológica* 23 (2): 143-153.

Salas- Pérez, J.J. y A. Granados- Barba. (2008). Oceanographic characteriacion of the Veracruz reefs system. *Atmosfera*. 21(3) 281-301.

Salas- Monreal D., Salas de León D.A., Monreal- Gómez M.A y Riverón- Enzastiga M.L (2009). Current rectification in a tropical coral reef system. *Coral Reefs* 28 suppl 4: 871-879.

Salas- Monreal, D., J.J. Sala- Pérez, M. Marín- Hernández, I.C. Chacón- Gómez y J. O. Avendaño- Álvarez (2015). Dinámica marina del Sistema Arrecifal Veracruzano, p. 19-34. En Granados- Barba, L. Ortíz- Lozano, D. Salas- Monreal y C. González- Gándara (eds). Aportes al conocimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano: hacia el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. 366 p.

Salgado-Ugarte, I.H. (1992). Análisis exploratorio de datos biológicos. Ed.Marc ediciones, México. 242p.

Sánchez, P y E, Ponce (1996). Métodos hidrobiológicos II “Estudio y colecta de organismos marinos, estuarino- lagunares y de agua dulce. UAM. México. 17- 58 pp.

Schwoerbel, J (1975). Métodos de hidrobiología (Biología del agua dulce). España. Hermann Blume ediciones. 74 p.

Sokal, R. y Rohlf, F. J. (1981). Biometry. Freeman. 2nd. Ed. San Francisco, California. p 259.

Suárez- Morales. E y R. Gasca (1998). Updated checklist of the free-living marine copepoda (Crustacea) of Mexico. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Zool.* 69(1): 105-119.

Suárez- Morales, E. y E. Rivera. (1998). Zooplankton e hidrodinámica en zonas litorales y arrecifales de Quintana Roo. México. *Hidrobiológica* 8(1): 19-32.

Suárez- Morales, E (2000). Copépodos, seres ubicuos y poco conocidos. CONABIO. *Biodiversitas* 29:7-11.

Suárez- Morales, E., Ordoñez- López U. y Vásquez- Yeomans L. (2013). Las investigaciones del zooplankton marino en el sureste de México (1985- 2010): logros y perspectivas institucionales Sociedad y Ambiente 1 supl 1: 96-112.

Talavera, V., Zapata, L.M y D. Sánchez (1998). *Influencia del pH sobre los organismos acuáticos*. Vol. 3. Edición 03. Boletín NICOVITA.

Thompson, G (2001). Distribución y abundancia del microzooplankton en el Atlántico Sudoccidental, con especial énfasis en la biogeografía de Tintinnina (Protozoa : Ciliata). Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Universidad de Buenos Aires.

Tovar-Hernández, M.A, Salazar-Silva. P, Ángel de León-González J, Carrera-Parra L F y S, I Salazar-Vallejo (2014). Biodiversidad de Polychaeta (Annelida) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: S190-S196.

Vanegas González, M.J. y Arregocés Silva, L.J. (2015). Aportes al conocimiento de la riqueza de los tintínidos (Protozoa; Ciliophora) de aguas superficiales del Caribe colombiano. *Bol. Cient. CIOH*, 33: 107-121.

Vargas- Hernández J.M., A. Hernández- Gutiérrez y L. F. Carrera- Parra (1993). Sistema Arrecifal Veracruzano pp 559-575. In *Biodiversidad Marina y Costera de México*. S.I. Salazar- Vallejo y N.E. González (eds.) Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp

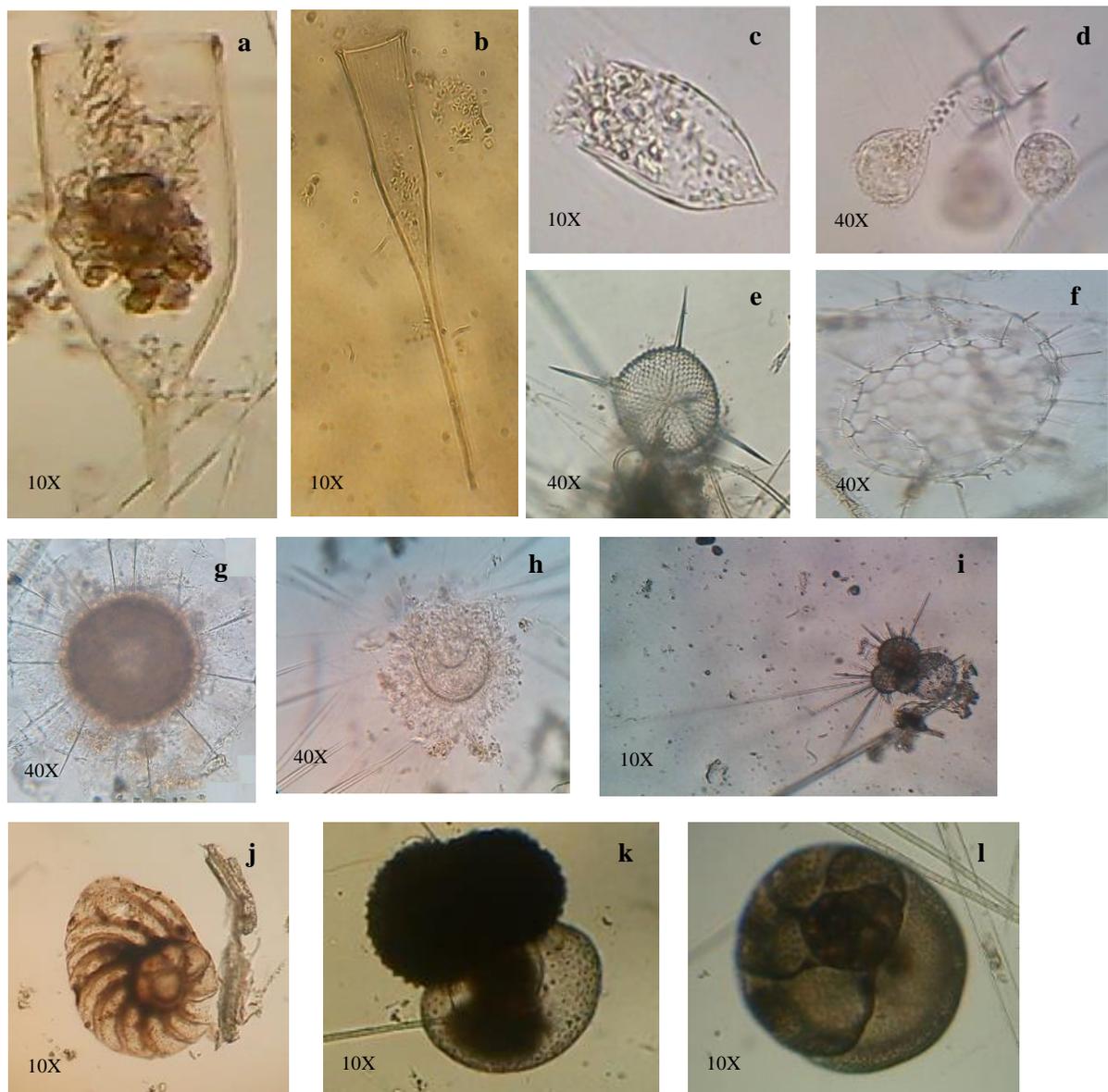
Vergara S, Odette, Marchant S. M, Margarita, & Giglio, Susana. (2008). Radiolarios Polycystina (Protozoa: Nassellaria Y Spumellaria) Sedimentados En La Zona Centro-Sur De Chile (36°- 43° S). *Gayana (Concepción)*, 72(1), 79-93

Vera, H, A (2012). Distribución de poliquetos frente a la descarga de los ríos La Antigua, Jamapa y Papaloapan en el suroeste del Golfo de México. Tesis de maestría. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías. Universidad Veracruzana. México. 72p

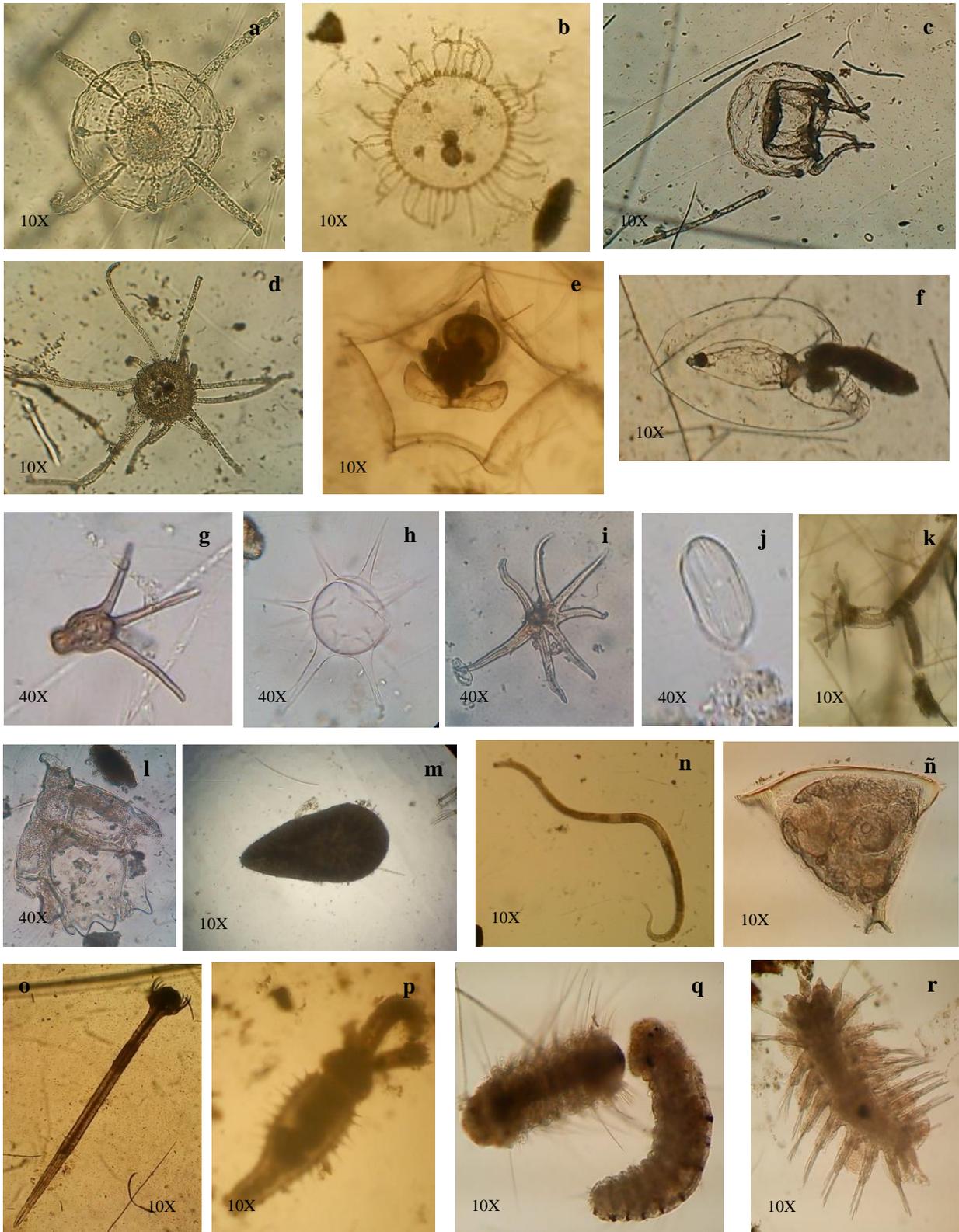
Villegas, C, J.F., Enríquez D.M y D. A. Aranda (Efecto de la temperatura y la acidificación en larvas de *Strombus gigas* (Mesogastropoda: Strombidae). *Revista de Biología Tropical*. 65(2): 505-515.

Zavala- García, F. Flores- Coto, C y M. Espinoza- Fuentes (2016). Relationship between zooplankton biomass and continental water discharges in the southern Gulf of Mexico (1984- 2001). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 51(1): 21-31.

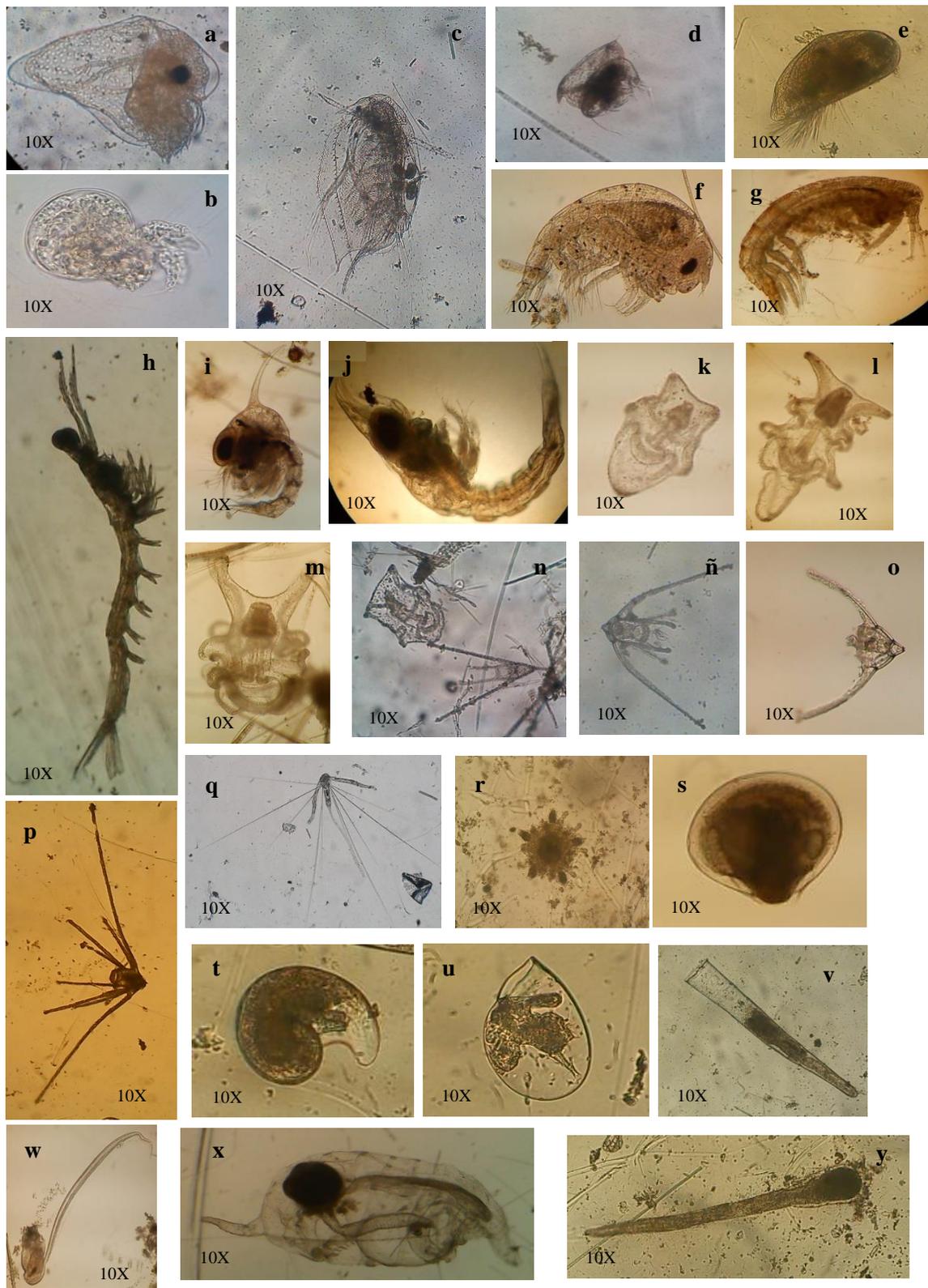
Anexo 1. Fotografías de algunos grupos del zooplancton identificados en este estudio



Protozoarios. Tintínidos: a) *Favella ehrenbergii*, b) *Rhaponella spiralis*, c) *Undella subcaudata*. Flagelados d) *Vorticella oceánica*. **Radiolarios:** e) *Hexacantium phaenaxonium*, f) *Acanthosphaera corloc*, g) *Actinomma sp.* h) *Sticholonche zanclea*. **Foraminíferos:** i) *Globigerina bulloides*. j) *Elphidium sp.* k) *Globigerinoides sp.* l) No identificado



Cnidarios. a) *Liriopoe sp.*; b) *Obelia sp.*; c) *Sarsia sp.*; d) *Solmaris sp.* **Sifónoforos.** e) *Abylopsis eschscholtzi*; f) *Lensia sp.*; g),h),i) larvas actínulas; j) larva plánula; k) Pólipo de alimentación de hidrozoario. **Nemertino.** l) larva pilidium. **Platelminto.** m) Larva müller's. n) **Nematodo.** **Briozoarío.** ñ) Larva cifenauta. **Quetognato,** o) *Sagitta sp.* **Poliquetos.** p) *Lanice sp.*; q) larvas de la Fam. Spionidae; r) Larva de la Fam. Polynoidae.



Cladóceros. a) *Pseudevadne tergestina*; b) *Podon sp.*; c) *Penilia avirostris*. d) **Ostrácodo** (Fam. Halocyprididae). e) Larva cypris **Anfípodos** f) Fam. Hiperidae; g) Fam. Gammaridae. h) *Lucifer faxoni*. i) Larva zoea. j) Eufásido, **Equinodermos.** k) Larva Bippinaria; l) Larva braquiolaria; m) Larva auricularia; n) Larva pluteus (parte de abajo); ñ) y o) Larva echinopluteus; p) Larva ophiopluteus; q) Forma juvenil de un equinoideo r) Forma juvenil de un Asterioideo; s) Bivalvo (juvenil); t) Gasterópodo (juvenil); u) Larva echinospira; **Pterópodo,** v) *Creseis sp.*; **Cordados.** w) *Oikopleura longicauda*; x) Fam. Salpidae; y) Larva Tadpole



Copépodos. a) *Euterpina acutifrons*; b) *Miracia minor*; c) *Macrosetella gracilis*; d) *Microsetella rosea* e) *Lubbockia squillimana*; f) *Corycaeus speciosus*; g) *Acartia negligens* h) *Acartia tonsa*; i) *Oithona brevicornis*; j) *Oithona nana*; k) *Oithona plumífera*; l) *Temora stylifera*; m) *Centropages* sp; n) *Farranula gracilis*; ñ) *Lucicutia flavicornis*; o) *Clytemnestra* sp; p) *Candacia curta*; q), r) y s) larvas nauplio. **Cnidarios** t) *Cytaeis tetrastyla* u) *Proboscidactyla ornata*

