



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA**

**VISIÓN DEL PLANCTON EN EL ARRECIFE  
SANTIGUILLO, VERACRUZ**

**Tesis que para obtener el título de Bióloga**

**P R E S E N T A**

**INÉS IRENE GÓNGORA SERVÍN**

**Director de tesis: Biól. Angélica Elaine González Schaff**

**Ecología marina**



**México D. F. Noviembre 2014**



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.

**La ciencia es respecto del alma  
Lo que es la luz respecto de los ojos,  
Y si las raíces son amargas,  
Los frutos son muy dulces.**

**Aristóteles**

A Dios

A Mi Madre, Martha Servín

A Mi hermano, Benny Góngora

A Mi Padre, Benito Góngora

A la Familia Servín

Al Mar

*El corazón del prudente adquiere conocimiento, y el  
oído del sabio busca el conocimiento. Proverbios 18:15*

## AGRADECIMIENTOS

A la Biól. Angélica Elaine González Schaff, gracias por su paciencia y tiempo dedicado para mi formación académica. Por la oportunidad de empezar un nuevo proyecto junto a ella. Un placer haber sido su alumna, ya que me hizo crecer mi curiosidad respecto a las microalgas.

Al M. en C. Armando Cervantes Sandoval, por la forma diferente en que ve la biología, inspirando a ser multidisciplinarios.

Al Dr. Guillermo A. Blancas Arroyo, por siempre tomarse el tiempo para resolver las dudas. Gracias por sus conocimientos compartidos y el apoyo brindado.

Al M. en c. Ernesto Mendoza Vallejo, por la disposición que tiene para resolver los cuestionamientos de los alumnos.

Al M. en C. María De Jesús Sánchez Colín<sup>(+)</sup>, por haberme regañado de esa manera, tan fuerte, ya que por eso sé que quiero ir por más en la vida profesional y personal. Siempre quedarán los recuerdos de la gran profesora que fue y el gran ser humano.

A la UNAM, por abrirme las puertas desde el bachillerato. A la FES Zaragoza, por enseñarme las bases para llegar a ser un gran científico.

Al Dr. Antonio Valencia Hernández, por la oportunidad de formar parte de su proyecto de investigación. Por la ayuda en campo, los conocimientos dentro del laboratorio, su visión matemática que inspira al biólogo. Y agradezco al Proyecto PAPIIT IT226311-3, con título "Visión estereoscópica para el estudio de especies biológicas de sistemas arrecifales" por su apoyo, durante los primeros meses de este trabajo.

Agradezco al Biól. Luis Gabriel Aguilar Estrada, por tus observaciones en este trabajo, por su disposición que siempre tuvo para dar sus opiniones, Gracias en verdad. Y a la M. en C. Ivette Ruiz Boijseauneau del laboratorio de Ficología y biodiversidad marina de la Facultad de Ciencias, por la ayuda de la determinación del Chaetognato, *Sagitta enflata*.

A mi Ingeniero favorito, gracias por su apoyo técnico Ing. Jesús Armando Aguilar Zarza.

A mi madre, Martha Servín por haber confiado en mi capacidad intelectual para la poder lograr concluir esta carrera, por siempre haberme dado su máximo apoyo y su cariño todo este tiempo.

Mi maravilloso hermanito Benny, siempre tan dispuesto de poner a correr a mi hámster con sus preguntas no comunes pero con respuestas que deberían ser comunes Gracias por tu cariño.

A mi Padre, Benito Góngora por su apoyo durante todos estos años, y su ejemplo profesional que nos da.

Mi abuelito Macario<sup>(+)</sup> porque aun en los últimos años me ayudo con cosillas que utilice durante la carrera y mi abuelita Irene, por siempre estar de mi lado y apoyarme infinitamente en cada decisión, por ser mis segundos padres. Mi hermosa prima, mi hermanita adorada siempre conmigo y dándome las energías para lograr ésta meta, Isa Te quiero. Y la demás familia Servín Gracias infinitamente por su apoyo.

Mis amigas de la secundaria Elena, Diana, Martha, que aunque estamos alejadas siempre me han echado porras. A mi amigo el Ing. Alejandro Ríos por su apoyo incondicional. Mis amigos de CCH-Oriente Memito, Nery, por estar al pendiente de uno; Emma mi primer amiga, a la cual estimo muchísimo, se que siempre estará ahí para mí, Betty mi abogada preferida, ella nunca se olvida de mi a pesar de los años, te quiero nena. Alejandro Romero López mil gracias por buscar por mi y la emoción;

Mi queridísima Leti, por ser la mejor amiga, por siempre estar en el momento justo y sobre todo saber que puedo contar con ella para opiniones personales, académicas me hace sentir confiada, aunque a veces me da unas regañadas, Te Quiero Mucho Mil, se que lo sabes.

Pili, María, Mayra, Lety, Nadia, Areli, Mariel, Ross, Mireya, Ivancito, Miguelito, Toño, Daniel, Mosh, Iván Mata por haber compartido todos estos años de esta maravillosa carrera y enseñarme el valor de la amistad, Gracias a todos por haberme regalado momentos únicos y, Lulú la más guapa, a pesar de todos los malos y buenos momentos, se que eres una de mis mejores amigas y sin ti no hubiera llegado hasta aquí, los quiero.

Mis locas, adoradas y hermosas amigas, Anita la primera en conocer, te acuerdas fue en la fila de la inscripción y nuestro proyecto de semillas ♥; Vero por el dvd que no llevamos a campo, tu sarcasmo, por tus detalles sobre pelis, series, anime y además te agradezco todos esos mangas, Liz siempre mostrando la fortaleza ante todo hecho, Janeth la mejor, ella siempre cuidándome... Las megasuper quiero. Gracias por ser como son y ser unas excelentes biólogas. Pedro y Juan, mis más grandes amigos, como los extraño siempre consintiéndome todo, extraño cuando éramos los tres... pero sin ustedes estos años hubieran sido aburridos, gracias por haber tomado clases a mi lado en especial a ti Pedro (dormidos en el pasto :P) porque Juan pues este...

Gracias mis compañeros de laboratorio Alexis, Miguel, Juan Carlos y Dani por haberme ayudado en esa primera vez en la aventura marina. A Flor y Carlos, por haberme traído mis muestras. Vero y Adbiel no los olvido, por sus peleas de labo, a ti nena por haberme dicho del proyecto, a él por hacerme compañía en clases.

A mis amigos de UNIVERSUM Gracias por enseñarme nuevos horizontes, además por ser unos buenos amigos siempre levantando ánimos y mostrando lugares biológicos a donde ir, mil gracias niños Pau, Tania, Adri, Miriam, Kenia, Brenda, Angelina, Toño y Gabriel.

Y por último a unas personas que tengo poco de conocer pero aun con eso han inspirado a mi formación de bióloga, me han enseñado nuevos retos y me han puesto a pensar en ciencia, a los ATÓMICOS Monse, Evelyn, Sindy, Ana, Terelí, Ney, Uriel, Paquito, Sergio, Diego, Fer, Miguel, Irene, Azul y los demás. Un agradecimiento muy especial para Rojo (Edgar), por sus palabras de aliento en momentos difíciles y por esto: “Esta carrera es de 90% pasión, 10% conocimiento, por que el conocimiento lo adquieres por la pasión”, nada podría describir mejor el hecho de ser biólogo. No me olvido de Juan Manuel cruel, muchas gracias por siempre corregir mis malos textos, por estar emocionado por este momento, por los buenos pocos momentos que hemos compartido y sobre todo por hacerme crecer en esta vida científica y más en “la divulgación”, los quiero pequeños.

Armando Mil Gracias sin ti quizás no hubiera crecido como ser humano, también gracias por siempre motivarme a seguir, aunque tenemos unas diferencias muy acá se que por algo están. Te Quiero sé que es mucho decirlo pero no quería olvidarte.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN .....	2
MARCO TEÓRICO .....	6
Redes tróficas .....	10
Modelos de estudio .....	11
ÁREA DE ESTUDIO .....	12
JUSTIFICACIÓN .....	16
ANTECEDENTES .....	17
OBJETIVO GENERAL .....	19
OBJETIVOS PARTICULARES .....	19
MÉTODO .....	20
RESULTADOS .....	24
Parámetros físicos y químicos .....	24
Clorofilas .....	26
Biomasa .....	33
Fitoplancton .....	36
Lista de especies presentes en el fitoplancton .....	36
Zooplancton .....	47
Lista de organismos del zooplancton .....	47
DISCUSIÓN .....	53
CONCLUSIONES .....	67
SUGERENCIAS .....	69
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....	70
CIBERGRAFÍA .....	75
ANEXO I .....	77
Arreglo taxonómico del fitoplancton presente en el arrecife Santiaguillo, PNSAV .....	77
Arreglo taxonómico del zooplancton presente en el arrecife Santiaguillo, PNSAV .....	83
ANEXO II .....	90
Fitoplancton .....	90
Zooplancton .....	94

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del plancton según el tamaño (Cifuentes-Lemus et al., 1997).....	7
Tabla 2. Parámetros físicos y químicos de los meses de muestreo en las 4 estaciones.....	24
Tabla 3. Máximos y mínimos de la concentración de clorofilas “a”, “b” y “c”.....	29
Tabla 4. Comparación de clorofila “a”, con otros autores para el Golfo de México y Mar Caribe. .....	54
Tabla 5. Biomasa comparación con diferentes autores.....	58
Tabla 6. Comparación entre zooplancton de Quintana Roo (Álvarez <i>et al.</i> , 2004) y Santiaguillo, Veracruz .....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Niveles tróficos del océano. ( <a href="http://hnnncbiol.blogspot.mx/2008/01/cadenas-alimentarias-clic-en-link-azul.html">http://hnnncbiol.blogspot.mx/2008/01/cadenas-alimentarias-clic-en-link-azul.html</a> ) .....	4
Figura 2. Isla de restos de coral en el arrecife Santiaguillo.....	14
Figura 3. Ubicación del PNSAV.....	15
Figura 4. Mapa de las cuatro estaciones muestreadas. Estación 1: 19° 8'53.81"N, 95°48'59.72"O; Estación 2: 19°8'59.20"N, 95°48'59.72"O; Estación 3: 19° 8'36.00"N, 95°48'36.00"O; Estación 4: 19° 9'14.17"N, 95°48'35.00"O. ....	20
Figura 5. Disco de Secchi, Botella Van Dorn y Potenciómetro.....	21
Figura 6. Redes de fitoplancton, zooplancton y muestras de agua.....	22
Figura 7. Temperatura anual en grados centígrados .....	25
Figura 8. Oxígeno disuelto, en mg/L .....	25
Figura 9. Saturación de Oxígeno en porcentaje.....	25
Figura 10. pH anual .....	25
Figura 11. Comparación entre dos profundidades clorofila “a”, en un período anual.....	26
Figura 12. Comparación de la concentración de clorofila “b” en las dos profundidades en un ciclo anual.....	26
Figura 13. Comparación entre ambas profundidades de clorofila “c”. En un ciclo anual .....	27
Figura 14. Clorofila “a”, comparación de cada una de las estaciones. ....	27
Figura 15. Comparación de las variaciones de clorofila “b” en las diferentes estaciones en un ciclo anual. ....	28
Figura 16. Comparación de clorofila “c” en las diferentes estaciones a lo largo de un ciclo anual.....	28
Figura 17. Cajas múltiples de clorofila “a” en los diferentes meses.....	30
Figura 18. Comparación de la concentración de clorofila “b” a lo largo de un año. ....	30
Figura 19. Diagrama de cajas múltiples de la concentración de clorofila “c”. ....	31
Figura 20. Concentración anual de clorofilas “a”, “b” y “c”. ....	32
Figura 21. Gráfica de porcentajes de las diferentes clorofilas en un periodo anual.....	32
Figura 22. Diagrama de cajas múltiples de la biomasa obtenida por cada estación a lo largo de un año.....	33

Figura 23. Diagrama de cajas múltiples de la biomasa obtenida en dos diferentes profundidades 0.3m y 3m. ....	34
Figura 24. Diagrama de cajas múltiples de biomasa a lo largo de un ciclo anual. ....	34
Figura 25. Biomasa total a lo largo de un ciclo anual. ....	35
Figura 26. Densidad de fitoplancton con botella Van Dorn, en las 4 estaciones. ....	39
Figura 27. Densidad de fitoplancton con arrastre de red, en las 4 estaciones. ....	39
Figura 28. Densidad celular de las 4 estaciones muestreadas a lo largo del año. ....	40
Figura 30. Muestra de botella, densidad celular en dos profundidades a lo largo de un año. .	41
Figura 29. Diagramas de cajas múltiples de botella Van Dorn, a diferentes profundidades. ...	41
Figura 31. Diagrama de cajas múltiples, para botella Van Dorn a lo largo de un ciclo anual. ...	42
Figura 32. Diagrama de cajas múltiples, arrastre de red a lo largo de un ciclo anual. ....	43
Figura 34. Densidad celular total de la comunidad fitoplanctónica para red a lo largo de un período anual. ....	44
Figura 33. Densidad celular total de la comunidad fitoplanctónica muestreado con botella, en un periodo anual. ....	44
Figura 35. Porcentaje de densidad de los géneros reportados a lo largo de un ciclo anual, muestreo de botella Van Dorn. ....	45
Figura 36. Densidad de géneros representativos totales en los diferentes meses muestreados durante un año tanto para arrastre de red. ....	46
Figura 37. Comparación de densidad del fitoplancton, contra Concentración de clorofila "a", "b" y "c" ....	46
Figura 38. Diagrama de cajas múltiples por estación para la densidad de zooplancton en las diferentes estaciones. ....	49
Figura 39. Gráfica de barras de la densidad anual del zooplancton. ....	50
Figura 40. Diagrama de cajas múltiples de la densidad bimensual del zooplancton. ....	51
Figura. 41. Gráficas de porcentajes de los grupos presentes en el de zooplancton, a lo largo de un año. ....	52
Figura 42. Relación anual entre el fitoplancton y zooplancton. ....	52

## RESUMEN

La comunidad planctónica incluye a todos los organismos que viven flotando casi pasivamente en la columna de agua, actuando en diferentes sistemas acuáticos, se encuentra formada por productores primarios (fitoplancton) y consumidores primarios (zooplancton). Por lo cual, se llevó a cabo un estudio bimensual en un periodo de un año (2011-2012), realizando un análisis de clorofilas “a”, “b” y “c” por el método espectrofotométrico, a dos profundidades (0.30m y 3m); se describió la variación de la biomasa (peso seco) y se determinó taxonómicamente a grupos del fitoplancton y zooplancton. Por medio de diagramas de cajas múltiples y una prueba estadística de Kruskal-Wallis se realizó el análisis de resultados. La concentración máxima de clorofila “a” se presentó en el mes de julio con un máximo de  $6.8 \text{ mg/m}^3$ , mientras que la concentración mínima se registró en el mes noviembre con  $0.10 \text{ mg/m}^3$ . La clorofila “b”, alcanzó su máxima concentración en el mes de mayo con  $5.50 \text{ mg/m}^3$  y su concentración mínima con  $0.17 \text{ mg/m}^3$  en el mes de marzo. Y finalmente, la clorofila “c” obtuvo un máximo valor en el mes de mayo con una concentración de  $4.06 \text{ mg/m}^3$  y un valor mínimo en el mes de noviembre con  $0.74 \text{ mg/m}^3$ . Por otra parte, la biomasa en peso seco presentó una concentración máxima en el mes de noviembre con  $3.2 \text{ g/m}^3$  y un mínimo de  $1.9 \text{ g/m}^3$  en el mes de mayo. Se reportan 23 géneros para el fitoplancton, siendo los más abundantes *Asterionellopsis*, *Ceratium*, *Chaetoceros*, *Coscinodiscus*, *Rhizosolenia* y *Trichodesmium*; con una densidad mayor en el mes de julio con  $374\ 583\ 333 \text{ org/L}$ . Mientras que para el zooplancton los grupos más representativos son: foraminíferos, tintinidos, poliquetos, moluscos, copépodos, cladóceros, equinodermos, y quetognatos. Se presentó una mayor densidad en el mes de marzo con  $297\ 220 \text{ org/ } 100 \text{ m}^3$ . No se presentó diferencia significativa en las muestras de ambas profundidades, ni en las cuatro estaciones. Sin embargo en las diferentes épocas del año se presentan diferencias significativas, tanto en la abundancia de fitoplancton como de zooplancton, la cantidad de clorofila y la biomasa, lo cual reflejó la influencia de las condiciones ambientales.

## INTRODUCCIÓN

México posee una gran riqueza natural en sus regiones oceánicas y costeras, ligadas a la extensión territorial y diversidad, producto asimismo de sus singular fisiografía y posición geográfica (Semarnat, 2006), por lo cual México ha designado diversas áreas naturales protegidas.

Dentro de estas regiones podemos encontrar a los arrecifes coralinos, que de acuerdo con Alldredge & King (1977) y Sorokin (1978), deben considerarse de alta riqueza planctónica debido a la abundante presencia de organismos que se alimentan por filtración (Álvarez *et al.*, 2007). La productividad y biomasa del fitoplancton marino son las variables ecológicas más importantes para determinar la fertilidad en el océano (Lara *et al.*, 1993).

En una visión ecosistemática, se podrá conocer a los organismos que forman la comunidad llamada “plancton” (formada por el fitoplancton y el zooplancton) y establecer las diferentes interacciones que se presentan dentro de él. A partir de está, se podrá conocer la composición taxonómica, la concentración de clorofilas, la densidad y la biomasa de forma general; y así dar paso a investigaciones más específicas.

La comunidad planctónica forma parte de la base de los niveles tróficos de estas regiones por lo cual la definiremos, como todo organismo que vive flotando casi pasivamente en una columna de agua y siendo incapaz contrarrestar las corrientes por sus propios medios (Signoret *et al.*, 2006), aunque algunos organismos planctónicos poseen estructuras natatorias, las cuales les permiten desplazarse algunos metros ya sea de manera horizontal o vertical. La comunidad es compleja, ya

que está formada por productores primarios (*p. e.* diatomeas, dinoflagelados, cocolitofóridos); consumidores primarios (*p. e.* copépodos, cladóceros, larvas de crustáceos); consumidores secundarios (*p. e.* medusas, ctenóforos, quetognatos) y desintegradores (*p. e.* bacterias y hongos).

Mientras que el fitoplancton, es considerado como la base de la productividad primaria, siendo fundamental para la captación de energía biológica del mar, así mismo hace que las redes tróficas sean más complejas. En conjunto con la energía obtenida, el fitoplancton juega un papel importante en la asimilación del dióxido de carbono y el ciclo del carbono oceánico (diatomeas y los cocolitofóridos); interviniendo en los ciclos biogeoquímicos del carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, fósforo, silicio, azufre, sodio, cloro, potasio, hierro y distintos metales traza (siendo la mayoría nutrientes). El género *Trichodesmium* (Cyanophyceae) fija el nitrógeno atmosférico y participa en el ciclo global del nitrógeno, en tanto los cocolitofóridos producen el dimetil sulfuro (DMS), el cual es una sustancia precursora de la formación de nubes (Hernández, 2003).

El zooplancton un consumidor primario y estar ubicado en un segundo nivel trófico representando un enlace entre el productor primario en los niveles tróficos pelágicos (Giraldo *et al.*, 2007). En el zooplancton el grupo más abundante son los protozoarios o protistas, entre los cuales tenemos a los foraminíferos y radiolarios, y diferentes tipos de crustáceos como copépodos, cladóceros, ostrácodos, anfípodos y eufásidos. Dentro de éste subgrupo el más abundante es de los copépodos con un 70% y, algunas larvas de invertebrados y vertebrados (Gasca, 2010).

Por lo cual, la producción primaria influye en los organismos de diferentes niveles tróficos (Fig. 1), normalmente éstos formados de 3 a 4, siendo los últimos los grandes peces que pescan los barcos, como el atún y la merluza, y algunos mamíferos marinos carnívoros (p. e. orcas, delfines, marsopas, focas, entre otros).

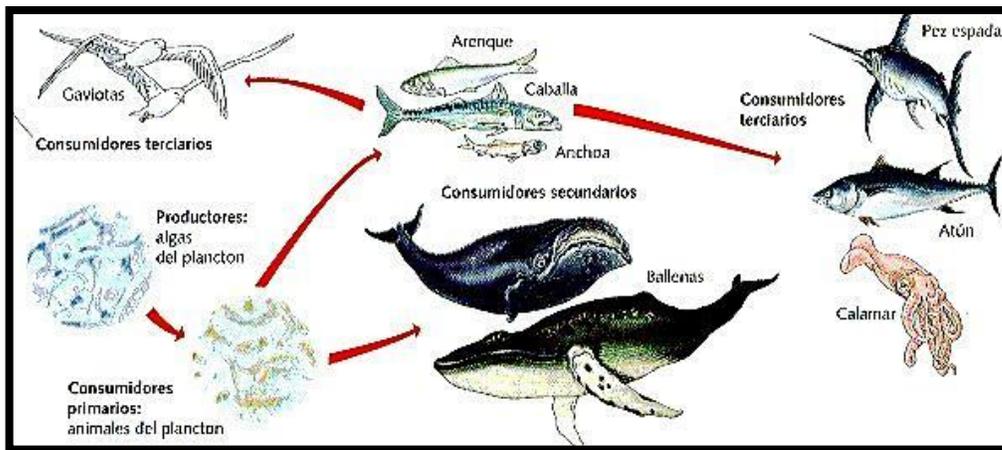


Figura 1. Niveles tróficos del océano. (<http://hnnncbiol.blogspot.mx/2008/01/cadenas-alimentarias-clic-en-link-azul.html>)

Estos niveles tróficos se presentan, como una pirámide donde la base es el fitoplancton y la cúspide los últimos carnívoros; sin embargo está no es simple, ya que un mismo organismo se puede alimentar a expensas de varias especies distintas, según la circunstancias del momento y del medio donde se encuentre; y a su vez, puede ser presa de unas u otras. Por ello, el transporte de energía no se realiza en forma lineal sino estableciendo una red, la trama de alimentación cuyos nudos estarán ocupados por las distintas especies (Cifuentes-Lemus *et al.*, 1997).

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), es un ecosistema marino que presenta características antes mencionadas y particulares, sin embargo no ha sido documentada suficientemente (Avendaño, 2013); el arrecife Santiaguillo que forma parte de este sistema, presenta pocas investigaciones, este trabajo tiene la finalidad de conocer la densidad tanto del fitoplancton como del zooplancton, la

biomasa y concentración de clorofilas “a”, “b” y “c” presentes a lo largo del espacio y tiempo en el área de estudio. Al tener estos datos podremos conocer la base y al enlace con los niveles superiores de las redes tróficas.

## MARCO TEÓRICO

Los sistemas arrecifales conforman uno de los ecosistemas más destacados y valiosos del planeta, debido a su enorme biodiversidad (equiparada únicamente por la de los bosques tropicales), su elevada productividad, sus apreciados recursos pesqueros y su espectacular belleza escénica (Garzón, 1997). Desarrollándose en ambientes con aguas claras e iluminadas, en particular alrededor de las islas lejos de las descargas de aguas continentales a profundidades menores a 50 m (Garzón *et al.*, 2001).

En este ambiente pelágico existe un grupo ecológico bien diferenciado, el plancton. Se encuentra representado por todos los organismos que viven suspendidos en la columna de agua e independientes del fondo. Sin embargo, son organismos que por su débil capacidad de natación, no pueden superar los movimientos de las corrientes. De manera que son transportados pasivamente, a la deriva (Cifuentes-Lemus *et al.*, 1997). Presentándose diversas formas para poder clasificar a las comunidades planctónicas, entre las cuales se encuentran:

1. Permanencia en la comunidad planctónica (Cifuentes-Lemus *et al.*, 1997; Leviton, 1995).
  - a) Holoplancton (plancton permanente). Son los organismos que forman parte de la comunidad planctónica constantemente, es decir pasan todo su ciclo de vida en la columna de agua como plancton.
  - b) Meroplancton (plancton temporal). Se refiere por lo general al zooplancton que solo pasa parte de su ciclo de vida perteneciendo al

plancton, mientras que el demás tiempo pasa a formar parte del necton o del bentos (Leviton, 1995).

2. Por tamaño (Cifuentes-Lemus *et al.*, 1997).

En la tabla 1 se muestran los diferentes tamaños de organismos planctónicos

Tabla 1. Clasificación del plancton según el tamaño (Cifuentes-Lemus *et al.*, 1997)

TIPOS DE PLANCTON	TAMAÑO	EJEMPLOS	MÉTODO DE COLECTA
<b>Ultraplanton</b>	5 $\mu\text{m}$	Bacterias y pequeños flagelados	Sedimentación y filtros
<b>Nannoplanton</b>	5.60 $\mu\text{m}$	Cocolitofóridos y pequeñas diatomeas	Centrifugación
<b>Microplanton</b>	60 $\mu\text{m}$ – 1 mm	Diatomeas, dinoflagelados, larvas de moluscos y copépodos	Redes de plancton
<b>Mesoplanton</b>	1 mm – 5 mm	Larvas de peces	Redes de plancton
<b>Macroplanton</b>	5 mm – 10 cm	Sargazo, salpas y algunas medusas	Redes
<b>Megaplanton</b>	10 cm	Sifonóforos coloniales y medusas grandes	Coladeras y frascos

3. Distribución horizontal (Cifuentes-Lemus *et al.*, 1997; Sánchez-Rueda & Ponce-Márquez, 1996).

a) Plancton nerítico. Organismos planctónicos que habitan en la región litoral, sin alejarse de la plataforma continental. Es un componente importante en la productividad del mar. Está constituido por vastos enjambres de larvas pelágicas de invertebrados bentónicos, huevos y

larvas de peces (meroplancton); pero predomina el holoplancton adulto y joven.

b) Plancton oceánico. Organismos planctónicos que se distribuyen en el océano abierto. Constituido principalmente por organismos holoplanctónicos (Sánchez-Rueda & Ponce-Márquez, 1996).

4. Distribución vertical. (Sánchez-Rueda & Ponce Márquez, 1996).

a) Epiplancton. Se encuentra de 0 a 200 m de profundidad.

b) Mesoplancton. Habita en profundidades medias, de 200 a 1000 m de profundidad.

c) Batiplancton. Habita en la región batipelágica, a una profundidad mayor de 1 000 m (Sánchez-Rueda & Ponce Márquez, 1996).

5. Origen. (Sánchez-Rueda & Ponce Márquez, 1996).

a) Plancton marino. Presente en océanos.

b) Limnoplancton. Distribuidos en lagos.

c) Heleoplancton. Se encuentra en lagunas epicontinentales.

d) Potamoplancton. En la corriente de los ríos (Sánchez-Rueda & Ponce Márquez, 1996).

Para este estudio se tomó en cuenta la clasificación biológica: fitoplancton y zooplancton.

6. Biológicamente. (Cifuentes-Lemus *et al.*, 1997; Leviton, 1995; Sánchez-Rueda & Ponce Márquez, 1996).

- a) Fitoplancton. Son protistas y plantas fotosintetizadoras, (diatomeas y dinoflagelados, principalmente).
- b) Zooplancton. Protistas y animales no fotosintetizadores, muy pequeños vertebrados, y larvas de peces (Leviton, 1995).

A su vez el fitoplancton, se puede dividir por su tamaño en dos grandes clases dependiendo de la retención por una malla fina de 20  $\mu\text{m}$ : las células retenidas son llamadas comúnmente microfitoplancton y las no retenidas nanofitoplancton (Lara *et al.*, 1993). En este grupo se puede encontrar una gran diversidad biológica, para México se estima que hay 211 géneros y 1 488 especies, variedades y formas. Siendo las diatomeas las más abundantes, seguidas de los dinoflagelados (Hernández, 2003).

Mientras que el zooplancton está formado por 32 de los 33 filos de la escala zoológica, 14 de ellos son exclusivos de los océanos; incluye una gran variedad de especies, con diferentes tamaños, formas, maneras de flotar, alimentarse, reproducirse, transportarse y camuflajearse. Los copépodos son el grupo más diverso dentro del zooplancton entre el 50 y 80% son crustáceos microscópicos que han logrado colonizar la columna de agua marina, puede haber más de un millón de copépodos en un metro cuadrado de la superficie marina (Leviton, 1995; Suárez & Gasca, 1996; Gasca, 2010). Podemos encontrar organismos meroplanctónicos, se compone principalmente de formas larvarias, y estas varían considerablemente según la estación, especialmente en latitudes templadas; formando organismos que formaran parte del necton (peces, principalmente) y del bentos (equinodermos o moluscos

bivalvos). La distribución de los organismos del plancton no es uniforme en el tiempo ni en el espacio, esta característica complica el estudio de la dinámica del plancton ya que la detección de cambios en el tiempo exige análisis estadísticos rigurosos capaces de identificar tendencias frente a la variabilidad debida a una distribución horizontal o vertical desigual (Boxshall, 2006).

### **Redes tróficas**

Los sistemas planctónicos dependen en buena parte de la captación de la energía solar a través de la fotosíntesis en las aguas superficiales, donde los niveles de luz son adecuados. La producción primaria, tanto de algas procarióticas y eucarióticas, como de las bacterias fotosintéticas, dependen de la cantidad de nutrientes: la reducida disponibilidad de nutrientes podría cambiar esta producción, incluso en aguas bien iluminadas. Los patrones de movimiento de los océanos, la estratificación de la columna de agua y sus movimientos ascendentes pueden tener importantes efectos, ya que la distribución espacial del zooplancton esta modulada principalmente por estos patrones. De esta forma el zooplancton marino es un enlace entre las redes pelágicas, ya que transfieren la energía de la producción primaria a los niveles superiores (Giraldo et al., 2007; González, 1988).

Debajo del nivel de profundidad donde cesa la producción primaria neta, los organismos del plancton aprovechan la materia orgánica que desciende desde las capas más superficiales de la columna de agua (“nieve marina”). El flujo de materia hacia el fondo sigue el patrón estacional de las zonas templadas y en el hemisferio norte se ha detectado un impulso diferenciado de este material, que se dirige a la zona abisal coincidiendo en primavera (Boxshall, 2006).

La productividad y biomasa del fitoplancton marino son las variables ecológicas más importantes para determinar la fertilidad del océano (Lara *et al.*, 1993) por medio de la concentración de clorofila “a”. Por lo cual es importante considerarlo como primer factor al fitoplancton productor primario (Lluch-Cota, 2002; Signoret *et al.*, 2006), mientras que segundo término a los consumidores primarios (zooplancton), y así reconocerlo como un componente importante que influye en los patrones de distribución y crecimiento de las poblaciones marinas (Dower *et al.*, 2000). Aunque la biomasa se define literalmente como la “cantidad de materia viviente”, la determinación de esta también incluyen componentes no vivos (seston) (Suárez & Gasca 1996).

### **Modelos de estudio**

Los modelos para estudiar a la comunidad planctónica son diversos, ya que se deben tomar en cuenta diferentes características, desde el tamaño de los organismos, hasta métodos del campo y procedimientos de laboratorio. Dentro de los primeros están los arrastres con redes de diferentes tipos de abertura de malla, para análisis tanto de tipo cuantitativo y cualitativo, también consideramos las distintas botellas de recolección (Cifuentes-Lemus *et al.*, 1997). Las técnicas en el laboratorio comprenden la espectrofotometría para medición de concentración de clorofilas (en algunos casos se utiliza la percepción remota), los métodos gravimétricos y el conteo de plancton por medio del método de Uthermöhl (Ceballos-Corona *et al.*, 2011).

## ÁREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) representa uno de los esfuerzos más importantes para la conservación y manejo sustentable de los ecosistemas marinos en el Golfo de México (CONANP, 2011). Decretado en 1992, el área natural protegida (ANP), siendo de gran importancia ecológica pero con una enorme fragilidad, que junto con los sistemas arrecifales del norte de Veracruz, funcionan como reservorio, puente y punto de diseminación de una gran cantidad de especies de flora y fauna entre las áreas arrecifales del Mar Caribe y Florida (CONANP, 2011).

El PNSAV es un complejo arrecifal situado frente al Puerto de Veracruz, Boca del Río, Alvarado y al poblado de Antón Lizardo en el sur del Golfo de México, formado por 2 grupos de arrecifes divididos por la desembocadura del Río Jamapa. El Grupo Norte lo conforman los arrecifes: Punta Gorda, Punta Majagua, Galleguilla, Gallega, Anegada de Adentro, Blanquilla, Pájaros, Isla Verde, Hornos, Isla de Sacrificios y Punta Mocambo. El Grupo Sur lo conforman los arrecifes: Anegada de Afuera, Topatillo, **Santiaguillo**, Anegadilla, Polo, Isla de enmedio, Blanca, Chopas, Rizo y Cabezo (Horta-Puga & Tello-Musi, 2009).

El PNSAV se compone por una superficie de 52,238 hectáreas dentro del cual se ubican dos zonas núcleo denominadas “Blanca” con una superficie de 401,360 hectáreas y “**Santiaguillo**” con una superficie de 712,064 hectáreas, por lo que la superficie total de la zona núcleo es de 1,114,000 hectáreas y una zona de amortiguamiento con una superficie de 64,402 hectáreas (Decreto Presidencial Modificado PNSAV, 2012).

La profundidad promedio que presenta el PNSAV es cercana a 40 m, y en **Santiaguillo** va de 1 – 10 m, con un clima cálido-húmedo con lluvias en tres épocas bien marcadas: la de nortes, (menor precipitación, noviembre/marzo), con temperatura baja y frecuentes invasiones de masas de aire frío del norte. La época de lluvias se presenta de agosto/octubre, con temperaturas elevadas, alta precipitación y vientos débiles del este; y la época de secas que abarca los meses de abril a julio. Presenta una salinidad promedio de 34.5 ‰, una temperatura promedio anual en la zona arrecifal es de 26°C, las temperaturas más bajas se registran en enero y febrero y oscilan alrededor de 18°C.

La plataforma continental del Golfo de México es un área de alta sedimentación terrígena debido a la descarga de los ríos en la zona. Los arrecifes que componen el sistema se encuentran delimitados por los ríos La Antigua al norte y Papaloapan al sur. La división del río Jamapa se refleja una frente al Puerto de Veracruz y otra frente al poblado de Antón Lizardo, lo que provoca que las aguas circundantes sean turbias y poco transparentes.

La vegetación terrestre está compuesta por diversas especies de pastos, arbustos y unas cuantas especies arbóreas como la casuarina y las palmas; mientras que la acuática, compuesta por pastos marinos como *Thalassia testudina* y una enorme variedad de especies de algas, tanto macroscópicas como microscópicas.

En la superficie del islote La Blanquilla se han identificado *Tournefortia gnaphalodes*, *Sesuvium portulacastrum*, *Ipomoea stolonifera* e *I. litoralis*.

La parte superior del arrecife Isla de En Medio tiene una laguna de aguas someras en la que se presentan *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*; la vegetación de la isla incluye *Sesuvium portulacastrum* y algunas plantas introducidas.

Una de las características más importantes de la fauna en esta área es el desarrollo de varias especies de corales pétreos los cuales permiten el establecimiento de moluscos como las almejas, caracoles y babosas; gusanos poliquetos y anélidos, entre otros; equinodermos como estrellas de mar, erizos y galletas de mar. Además existe un sinnúmero de peces y de crustáceos como camarones y langostas.



Figura 2. Isla de restos de coral en el arrecife Santiaguillo.

El arrecife **Santiaguillo**, se encuentra en el límite del PNSAV; conformado por una isla de pedazos de arrecifes muertos (Fig. 2). En la Fig. 3, se ubicación del polígono de PNSAV, la flecha de color morado muestra la Isla Santiaguillo.

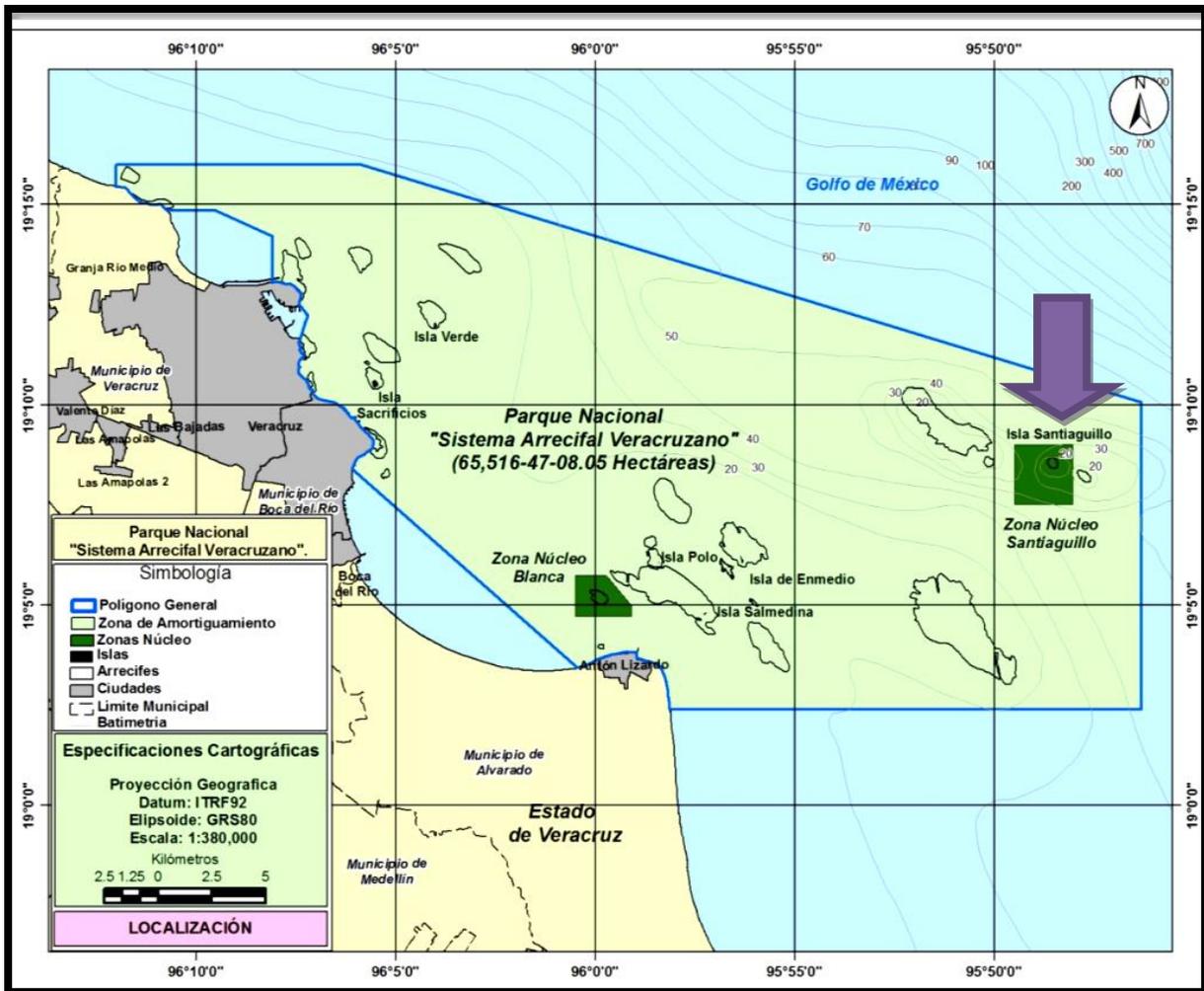


Figura 3. Ubicación del PNSAV.

[http://207.248.177.30/mir/uploadtests/26268.131.59.1.Proyecto\\_Decreto%20Modificadorio%20PNSAV%2011-09-2012.pdf](http://207.248.177.30/mir/uploadtests/26268.131.59.1.Proyecto_Decreto%20Modificadorio%20PNSAV%2011-09-2012.pdf)

La Isla Santiagoillo, presenta baja alteración por la afluencia de turistas y así, constituyendo una zona núcleo de este parque (Gold-Bouchot *et al.*, 2012).

## JUSTIFICACIÓN

Para el Golfo de México se desconoce en gran medida la estructura de la columna de agua y existen escasos estudios acerca de la distribución de clorofila “a”. Dentro de esta columna de agua se presentan organismos como el fitoplancton, productor primario y al zooplancton como el consumidor primario, constituyendo de esta manera la base de los niveles tróficos. Así mismo, el mar es el mayor captador de dióxido de carbono debido a la presencia de la comunidad planctónica, teniendo una participación importante en los ciclos biogeoquímicos que forman nutrientes, además el océano es el principal productor de oxígeno. Se tiene registro de especies tóxicas de dinoflagelados principalmente, presentes en diferentes estaciones y de manera ocasional, que en mayor parte son forman florecimientos algales nocivos (FAN). Al conocer las diferentes concentraciones de clorofilas “a”, “b” y “c”, la densidad, la biomasa y el listado de los miembros de la comunidad planctónica, se tendrán las características de dicha comunidad en el arrecife en el año de estudio, dar paso a estudios específicos y poder comparar en años posteriores (Cifuentes-Lemus *et al.*, 1997).

El Arrecife Santiaguillo forma parte del PNSAV, siendo uno de los núcleos del parque, éste hecho indica que es un área donde se encuentra una mayor diversidad biológica representativa de los arrecifes. La comunidad planctónica es parte fundamental para éste ecosistema acuático, al estar la base de las cadenas tróficas dentro de ella, por lo cual es importante conocerla. Al realizar un estudio de esta comunidad planctónica se podrá estimar la productividad del mar y el alimento disponible para los demás miembros de la cadena trófica.

## ANTECEDENTES

Signoret *et al.*, (1998) para el Golfo de México reportan una concentración máxima de clorofila “a” de 0.33 mg/m<sup>3</sup> y una mínima de 0.04 mg/m<sup>3</sup>, y realizó estudios de la comunidad fitoplanctónica relacionadas con la estructura térmica, luminosa y con la ubicación de la termoclina. Mientras que Manzano y Salinas, (2008), obtuvieron una concentración de clorofila “a” máxima de 0.91 mg/m<sup>3</sup> y una mínima de 0.12 mg/m<sup>3</sup>, documentaron la variabilidad estacional e interanual de la concentración de clorofila “a” en la región occidental del Golfo de México (1996-2007). Signoret *et al.*, (2006) presentan una concentración de clorofila “a” por fluorimetría, para el estado de Veracruz de 0.48 mg/m<sup>3</sup>.

Arenas-Fuentes (1966) realizó un estudio en PNSAV, en el arrecife “La Blanquilla”, donde determinó géneros como *Skeletonema*, *Chaetoceros*, *Rhizosolenia* (como la más abundante), *Asterionella*, *Nitzschia* y *Hemialus*, mientras que para el zooplancton reportó diversos géneros (*Oikopleura*, *Kowaleuski* y *Appendicularia*) y Quetognatos. En julio reportó para clorofila “a” un aumento, así mismo aumentando la biomasa en este arrecife. En 2012, Gold-Bouchot *et al.*, realizaron una evaluación ambiental en el PNSAV y Río Jamapa, con el objetivo de un análisis rápido de la calidad de agua y comparando los resultados obtenidos con el equipo de mediciones continuas (Dataflow). Para el arrecife Santiaguillo se reporta una salinidad mayor en comparación con Gioté, debido a la distancia de la influencia costera y descargas de ríos. Con respecto a la clorofila “a”, turbidez y materia orgánica disuelta (MOD) el arrecife Gioté presentó los mayores valores, lo cual se atribuye que se encuentra asociado a presenta mayor exposición de los aportes de la zona costera adyacente y

por tanto puede ser afectado por cualquier cambio o alteración en el sistema costero adyacente.

Jasso (2012), presenta un estudio de parámetros oceanográficos de Isla Verde, también ubicada en el PNSAV; obteniendo un máximo de clorofila "a" de 5 mg/m<sup>3</sup> y un mínimo de 1.5 mg/m<sup>3</sup>. Y Avendaño (2013), reporto la concentración máxima de 5.6 mg/m<sup>3</sup> y un mínimo de 1.6 mg/m<sup>3</sup> con muestras de marzo del 2011 a marzo de 2012.

Barón-Campis *et al.*, (2005), realizaron un estudio sobre la marea roja producida por el dinoflagelado *Peridinium quinquecorne*, describiendo su morfología y sugiriendo estudios ecológicos sobre esta especie. Mientras Parra-Torriz *et al.*, en 2010, estructuro una descripción taxonómica de Dinoflagelados. Identificaron 4 géneros (*Dinophysis*, *Prorocentrum*, *Phalacroma* y *Ornithocercus*) y 9 especies. Y Okolodkov en 2008 y 2010 desarrolló claves para Dinophyceae: *Protoberidinium* Bergh y *Ceratium* Schrank.

## **OBJETIVO GENERAL.**

- Determinar la composición y densidad horizontal y vertical del plancton marino presente en el arrecife Santiaguillo, Veracruz a lo largo de un ciclo anual (2011-2012).

## **OBJETIVOS PARTICULARES.**

- Comparar la distribución vertical de las concentraciones de clorofilas “a”, “b” y “c” entre los sitios de muestreo, los niveles de profundidad y la época del año.
- Determinar taxonómicamente los grupos, géneros y especies presentes en el fitoplancton y zooplancton.
- Analizar la variación de densidad del fitoplancton y zooplancton en un ciclo anual.
- Describir la variación de la biomasa a lo largo de un ciclo anual.
- Describir cuantitativamente la concentración de las diferentes clorofilas y la relación entre densidad de las especies de fitoplancton.

## MÉTODO

Se realizó un muestreo bimensual de marzo 2011 a enero de 2012, las muestras en los meses de septiembre y enero fueron de la playa que se ubica frente a las costas de Antón Lizardo. Se eligieron 4 estaciones que estuvieran dentro del arrecife, en la Fig. 4 se muestran las estaciones (tomadas con ayuda del GPS (Marca Garmin etrex).

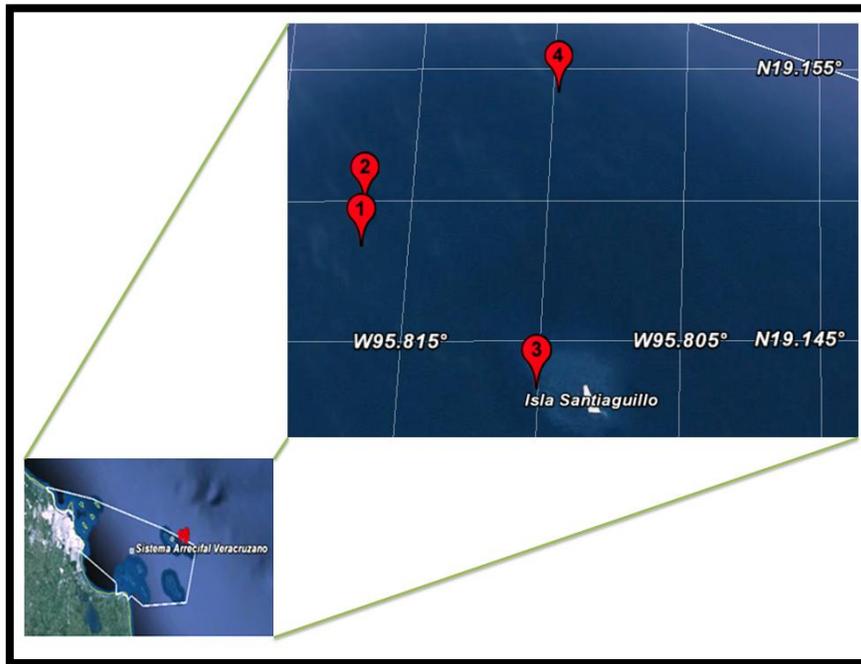


Figura 4. Mapa de las cuatro estaciones muestreadas. Estación 1: 19° 8'53.81"N, 95°48'59.72"O; Estación 2: 19°8'59.20"N, 95°48'59.72"O; Estación 3: 19° 8'36.00"N, 95°48'36.00"O; Estación 4: 19° 9'14.17"N, 95°48'35.00"O.

Para cada estación muestreada se tomaron diferentes parámetros físicos y químicos, obtenidos por medio instrumental con un E 1024 Potenciómetro (indicador de PH) digital portátil conductronic pH 10; tales como temperatura (C°), OD (mg/L), saturación (%) y salinidad (‰) y pH., para la toma de visibilidad (m) y profundidad (m) se utilizó un disco de Secchi (Fig. 5)



Figura 5. Disco de Secchi, Botella Van Dorn y Potenciómetro.

Para la colecta de organismos planctónicos en la columna vertical se utilizó de una botella toma-muestra llamada botella Van Dorn generalmente es de un litro como la utilizada en este trabajo, en dos diferentes profundidades; aproximadamente a 30 cm y 3 m de la superficie debido a la penetración de luz en la columna, lo cual nos permite tener una muestra superficial y una a mayor profundidad teniendo una variedad de luz, además de poder realizar una relación entre volumen de agua y plancton (Ceballos-Corona *et al.*, 2011)

Para la determinación taxonómica se colectaron organismos por arrastre de redes. La red para fitoplancton de una abertura de malla de 80 micras, y una para zooplancton de 150 micras. Se realizaron arrastres horizontales de un minuto a mínima velocidad de la embarcación, se colocaron en las botellas y después se fijaron en formol al 4%, para su posterior determinación taxonómica (Cifuentes-Lemus *et al.*, 1997).



Figura 6. Redes de fitoplancton, zooplancton y muestras de agua.

Se aplicó el método con corrección por acidificación para la determinación de la clorofila “a”, “b” y “c” (Jeffrey *et al.*, 1975; Jeffrey *et al.*, 1997). Para posteriormente por medio del método espectrofotométrico estimar la concentración de la clorofila “a”, “b” y “c” (Contreras, 1994). La Biomasa por el método gravimétrico utilizando el peso seco (Sánchez-Rueda & Ponce-Márquez, 1996). Mientras que para el recuento del plancton, se utilizó el método de Uthermöhl bajo un microscopio invertido (Sánchez-Rueda y Ponce-Márquez, 1996; Cifuentes-Lemus *et al.*, 1997).

Se emplearon diversas claves para determinar género y especie de la comunidad fitoplanctónica, en particular las de: Deboyd, 1977; Priego *et al.*, 1985; Okolodkov, 2008; Okolodkov, 2010; Parra-Toriz *et al.*, 2010; AlgaeBase, 2012-2014; para el caso del zooplancton se determinarán a la máxima categoría taxonómica posible según las claves de: Boltovskoy, 1981, Fensome *et al.*, 1993; Deboyd, 1977; Ceballos-Corona *et al.*, 2011; Plankton net, 2012, Marine Species, Identification Portal, 2014.

Mediante diversas tablas se ordenaron los resultados obtenidos en la hidrología, la densidad, la biomasa y la concentración de clorofilas “a”, “b” y “c” por estación, profundidad y mes de muestreo. Se compararon los resultados mediante diversas gráficas de barras. Utilizando un programa estadístico, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y se elaboraron diferentes diagramas de cajas múltiples esto de acuerdo a la recomendación de Boyer *et al.* (1997), para comparar estaciones, profundidad y época del año.

Se enlistaron los organismos presentes en el fitoplancton y zooplancton. Se tomarán fotografías de estos organismos.

## RESULTADOS

### Parámetros físicos y químicos

En la siguiente tabla (Tabla 2), se muestran los parámetros como: temperatura, oxígeno disuelto, visibilidad, profundidad, pH y salinidad. Representados por mes y estación.

Tabla 2. Parámetros físicos y químicos de los meses de muestreo en las 4 estaciones.

Mes	Estación	Temperatura (C°)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	% saturación	Visibilidad (m)	Profundidad (m)	pH	Salinidad (‰)
Marzo	1	26.1	7.9	85,5	3.1	3.1	8.3	37.8
	2	26.1	7.7	102.1	3.1	3.1	8.2	36.2
	3	26.1	8	120	0.72	0.72	8.3	36.3
Mayo	1	28	5.6	73.4	9	9	7,7	36.8
	2	27.6	5.5	70.6	11	11	7,9	37.7
	3	27.7	5.6	74.1	10	10	7.9	35.9
	4	27.3	5.2	69.9	7	8	8	----
Julio	1	24.4	----	----	2.7	7.6	8.6	----
	2	24.3	----	----	3	6	8.8	----
Septiembre	3	28	----	----	2.8	2.8	9,07	----
	1	28.4	8.4	122			7.82	----
	1	25.8	4	51	4.5	10.5	7,82	----
Noviembre	2	26.2	4.2	56.3	5.3	6.5	7,86	----
	3	26.2	4.1	57.9	7	8	8,2	----

	4	26	4	55	4	4	8.19	----
<b>Enero</b>	1	19.3	4.4	52	----	----	8.34	----

En las siguientes figuras se representa el promedio de cada mes de los parámetros químicos. En la Fig. 7 se observa una variación en la temperatura, presentando la más baja en el mes de enero con 19 °C. En la muestra de playa la concentración de oxígeno disuelto y saturación de oxígeno es mayor en el mes de septiembre, pero el mes dentro del arrecife es el mes de marzo (Fig. 8 y 9). La Fig. 10 muestra los valores de pH siendo todos por arriba de 8.1.

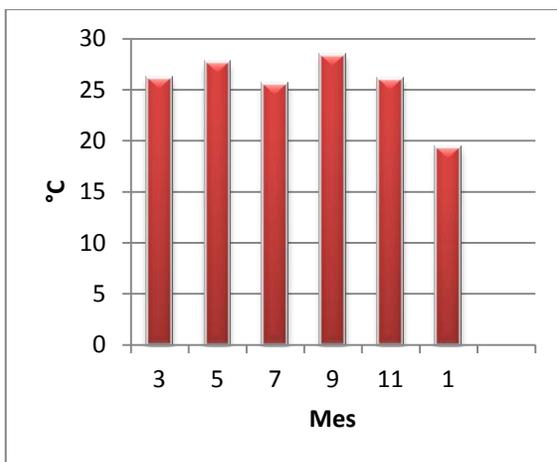


Figura 7. Temperatura anual en grados centígrados

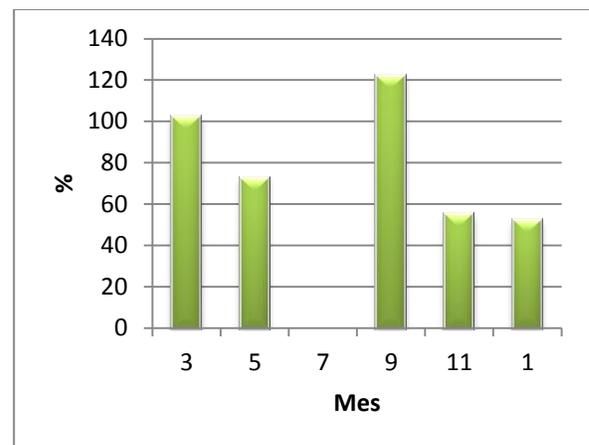


Figura 9. Saturación de Oxígeno en porcentaje

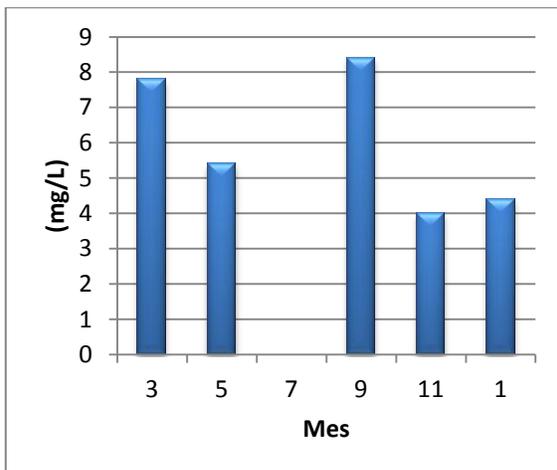


Figura 8. Oxígeno disuelto, en mg/L

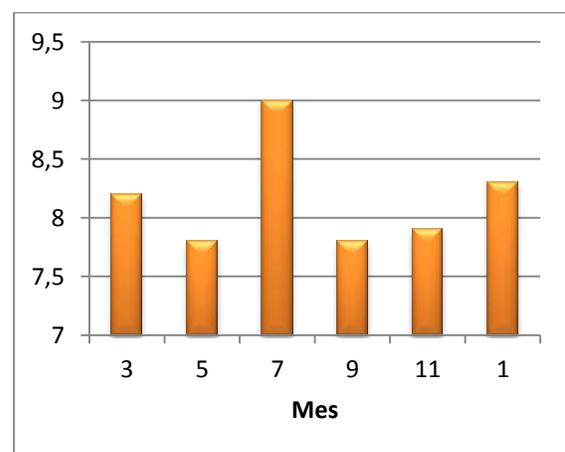


Figura 10. pH anual

## Clorofilas

La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, nos muestra que no hay diferencia significativa entre las medianas (clorofila "a",  $K-W=0.98$ ; clorofila "b"  $K-W=0.21$ ;  $p<0.05$ ), con un nivel de confianza de 95%, por cual ambas profundidades son similares para estas clorofilas analizadas.

Los siguientes diagramas de cajas, representan a las clorofilas "a" y "b" en las diferentes profundidades muestreadas (Fig.11 y 12), se observa un traslape de muescas en ambas profundidades, puesto que no se presentan diferencias en las medianas.

### Clorofila "a"

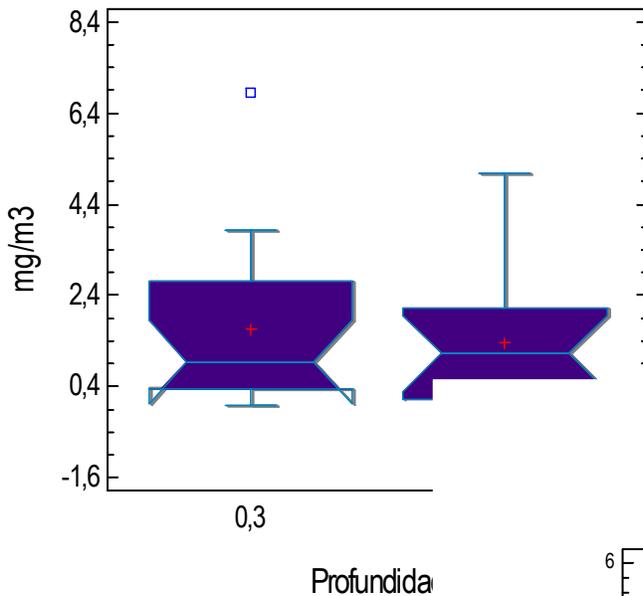
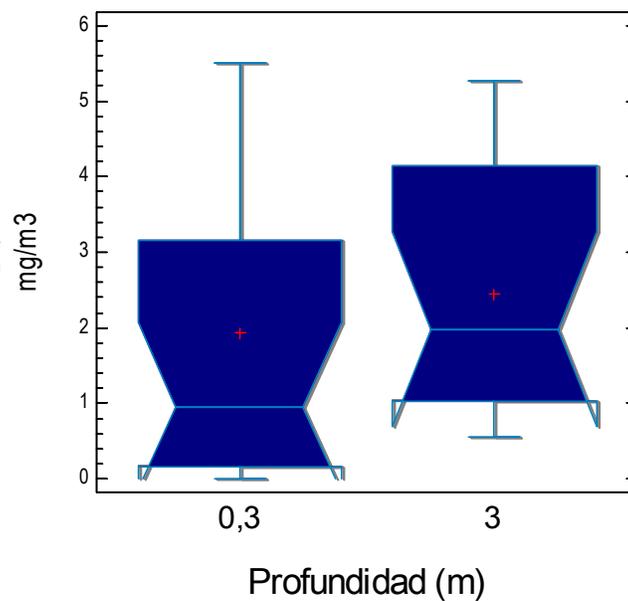


Figura 11. Comparación entre dos profundidades clorofila "a", en un período anual.

Figura 12. Comparación de la concentración de clorofila "b" en las dos profundidades en un ciclo anual



Sin embargo para clorofila "c", las muescas no se traslapan, pero no se presentan diferencias significativas en cuanto a las medianas (K-W= 0.18;  $p < 0.05$ ). El nivel 0,3 m presenta la concentración promedio más alta (Fig. 13).

### Clorofila "c"

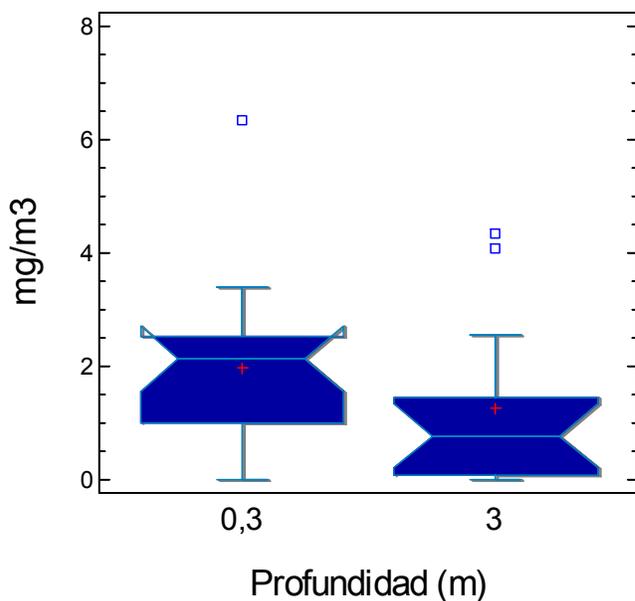


Figura 13. Comparación entre ambas profundidades de clorofila "c". En un ciclo anual

Para las cuatro diferentes estaciones se observa que son iguales en la concentración de las clorofilas "a", "b" y "c" respectivamente, puesto que no se presentan diferencias estadísticamente significativas entre las medianas (clorofila "a" K-W= 0.84; clorofila "b" K-W= 0.99; K-W= 0.78:  $p < 0.05$ ), con una nivel de confianza de 95% (Fig. 13, 14 y 15)

### Clorofila "a"

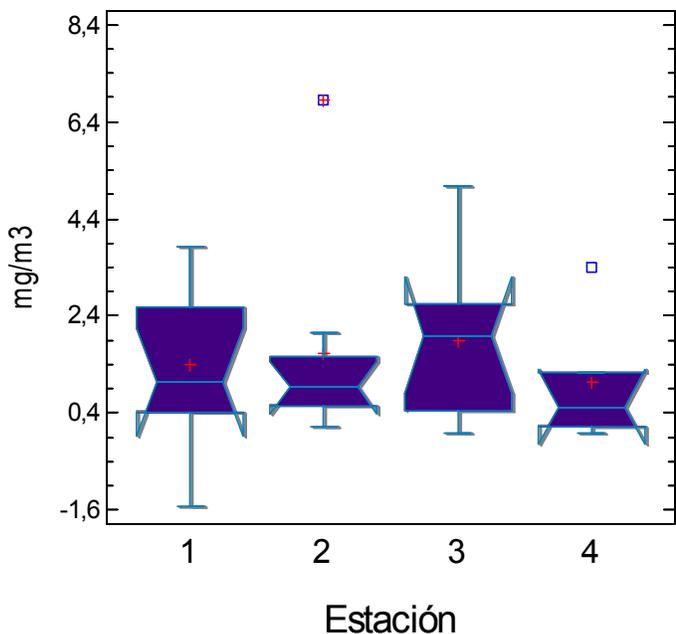
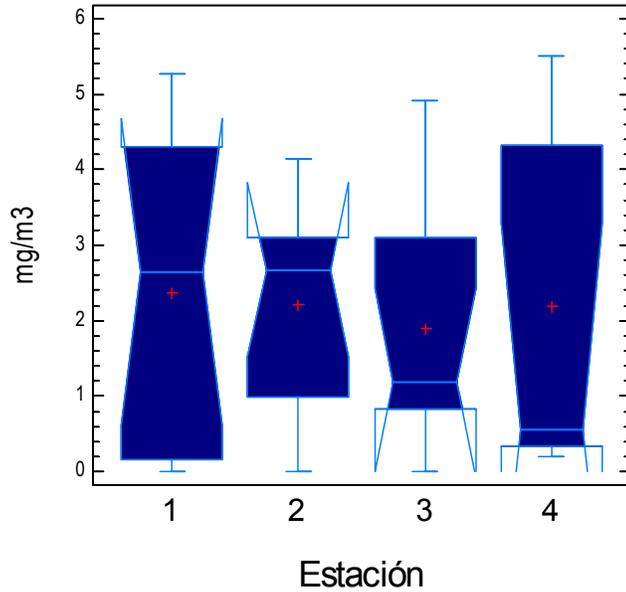


Figura 14. Clorofila "a", comparación de cada una de las estaciones.

## Clorofila "b"

Figura 15. Comparación de las variaciones de clorofila "b" en las diferentes estaciones en un ciclo anual.



## Clorofila "c"

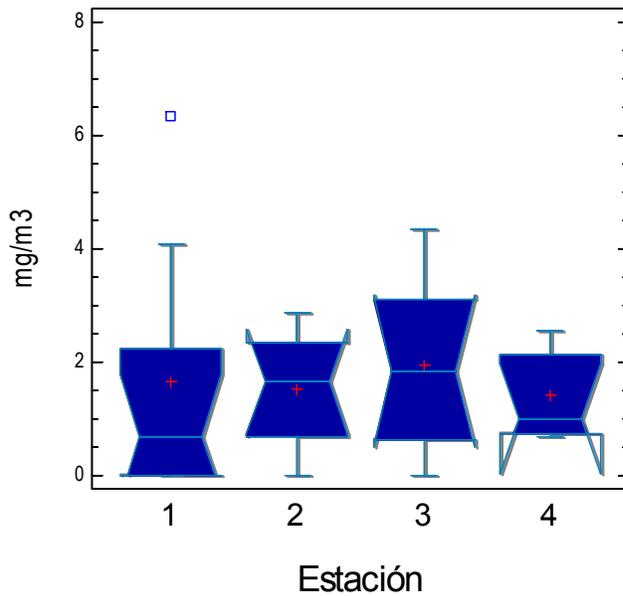


Figura 16. Comparación de clorofila "c" en las diferentes estaciones a lo largo de un ciclo anual.

Al no observarse diferencias significativas en las clorofilas "a", "b" y "c" para profundidad y estación se resumió la concentración en la siguiente tabla (Tabla 3).

Tabla 3. Máximos y mínimos de la concentración de clorofilas "a", "b" y "c"

Mes	Clorofila "a" mg/m <sup>3</sup>	Clorofila "b" mg/m <sup>3</sup>	Clorofila "c" mg/m <sup>3</sup>
<b>Marzo</b>	<b>0.10 - 5</b>	<b>0.17 - 2.13</b>	<b>0 - 3.39</b>
<b>Mayo</b>	0.52 – 3.82	2.53 – <b>5.50</b>	1 – <b>6.33</b>
<b>Julio</b>	2.04 – <b>6.83</b>	0.20 – 3.16	2.13 – 2.53
<b>Septiembre</b>	-----	-----	-----
<b>Noviembre</b>	0.10 - 1.03	0.34 – 4.84	0.69 – 2.24
<b>Enero</b>	0.4	-----	-----

La concentración de clorofila "a" varía a lo largo del año, presentado una diferencia estadísticamente significativa (K-W=0.001; p<0.05) y observando esta diferencias en las medianas de las cajas múltiples. Para el caso de los meses enero y septiembre (Fig. 17), los datos son insuficientes para poder construir la caja, por lo cual solo se marca la mediana.

En el mes de julio se encuentra una mayor concentración clorofila "a", seguido por el mes de mayo. En los meses de marzo y noviembre las muescas se superponen, por lo cual la concentración es similar en ambos meses.

## Clorofila "a"

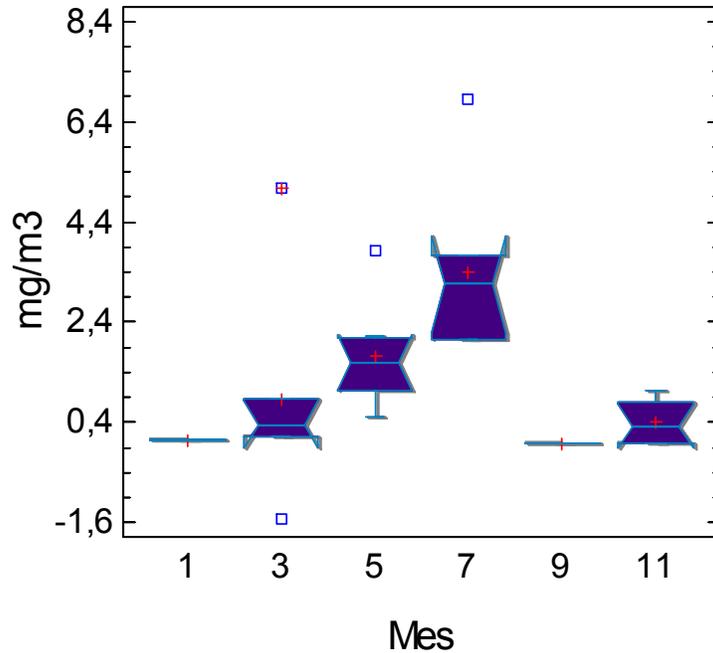


Figura 17. Cajas múltiples de clorofila "a" en los diferentes meses.

El siguiente diagrama de cajas múltiples (Fig. 18), se muestran los niveles de la concentración de clorofila "b". El mes de mayo hay un aumento en la concentración de esta clorofila. Al igual que para clorofila "a", se presentan diferencias estadísticamente significativas, con un nivel de confianza de 95% ( $K-W=0.003$ ;  $p<0.05$ ) y marcada por las medianas de los diagramas de cajas.

## Clorofila "b"

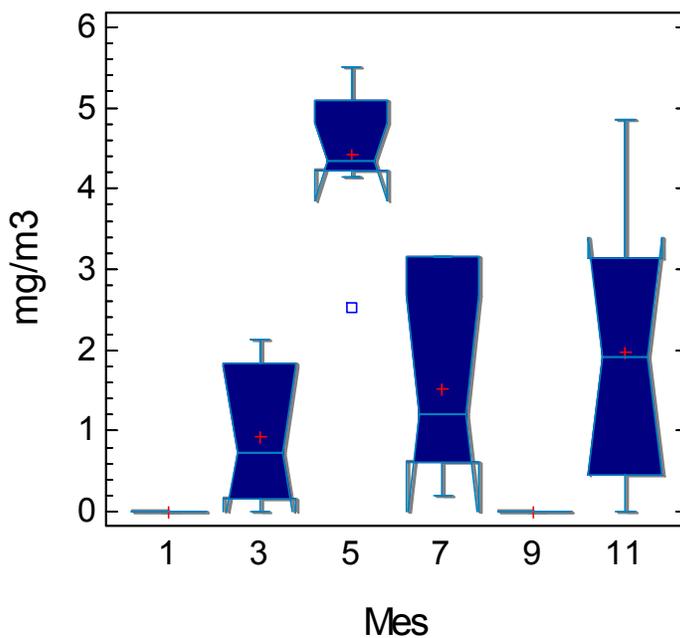


Figura 18. Comparación de la concentración de clorofila "b" a lo largo de un año.

Para clorofila “c” los meses de marzo, mayo, julio y noviembre son similares al traslaparse las muestras. En el mes de mayo presenta una mayor distribución de la concentración de clorofila “c” y en el mes de noviembre presenta una menor concentración de esta clorofila. El análisis de Kruskal-Wallis arroja que existen diferencias significativas ( $\chi^2 = 10.02$ ;  $p < 0,05$ ) entre los meses de muestreo.

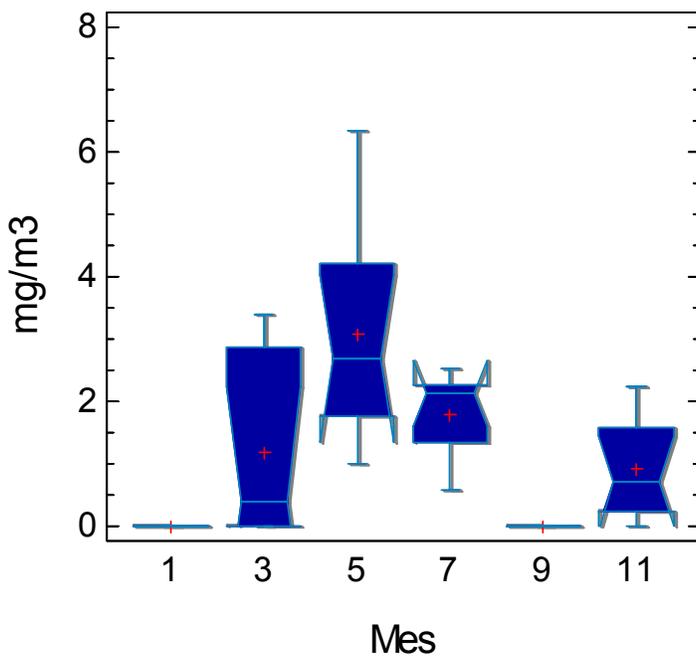


Figura 19. Diagrama de cajas múltiples de la concentración de clorofila “c”.

La siguiente gráfica de barras (Fig. 20) muestra las diferentes concentraciones a lo largo del año de las clorofilas “a”, “b” y “c”.

Puesto que los meses muestreados presentan diferencias significativas tanto en la prueba de Kruskal-Wallis como en la comparación de las muestras en los diagramas de cajas, se observa un cambio en las condiciones físicas y químicas del mar (tabla 2). La temperatura aumenta o disminuye un grado y el pH varía de una a dos unidades. Además durante todo el año no se encuentran la misma densidad de organismos; la clorofila “a” representada con

la línea amarilla, nos muestra un repunte en el mes de Julio y otro en el mes de marzo.

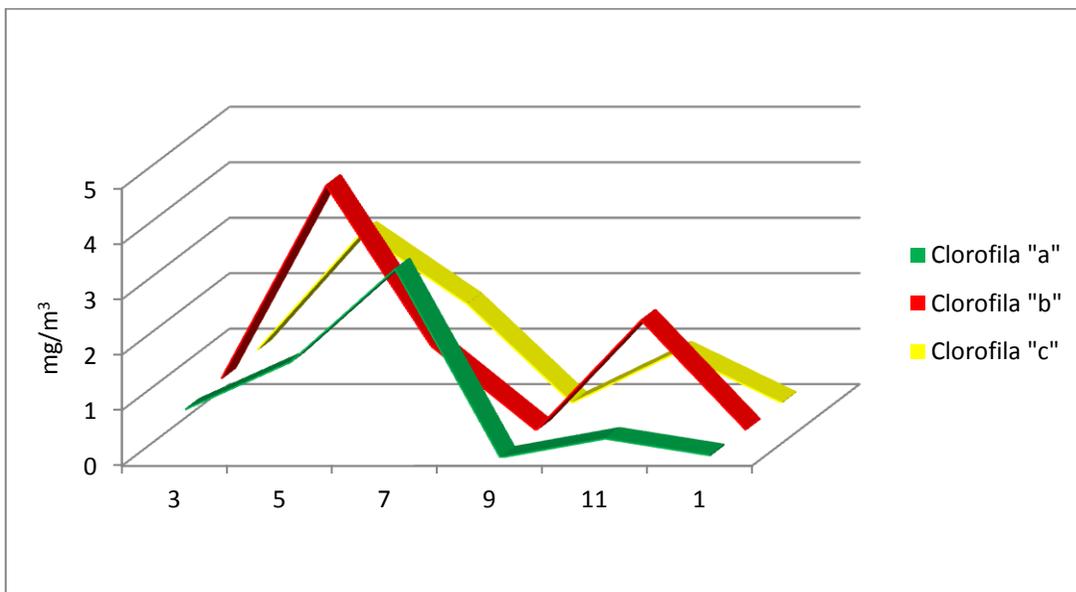


Figura 20. Concentración anual de clorofilas "a", "b" y "c".

La gráfica de barras (Fig. 21) representa el porcentaje de las diferentes clorofilas en cada mes y a lo largo del ciclo anual.

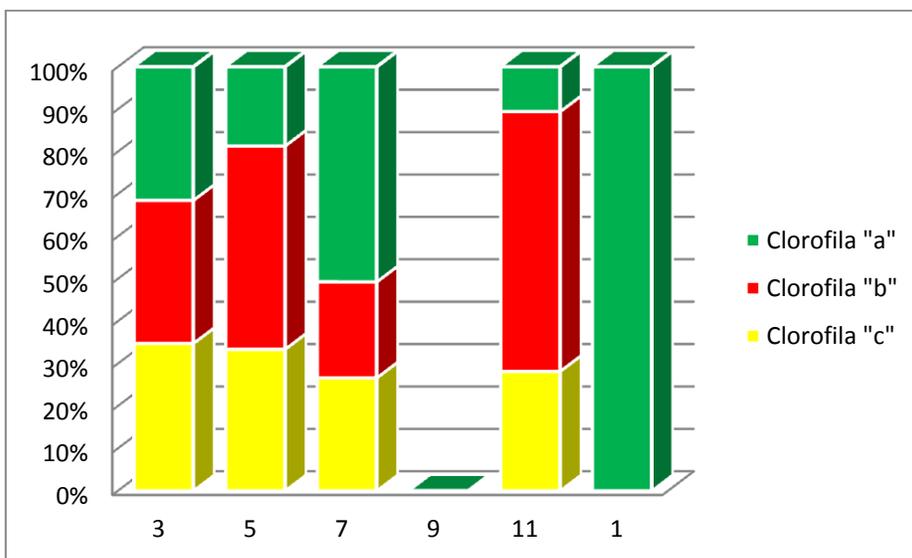


Figura 21. Gráfica de porcentajes de las diferentes clorofilas en un periodo anual.

## Biomasa

En el caso de la biomasa se realizó un diagrama de cajas múltiples para cada una de las estaciones a lo largo de un año, representado en la Fig. 22. Las muestras se sobreponen entre sí por lo cual para las 4 estaciones muestreadas son similares; se comprobó con la prueba estadística de Kruskal-Wallis en donde no se presentan diferencias significativas entre las estaciones, con un nivel de confianza de 95% ( $K-W=0.28; p<0.05$ ).

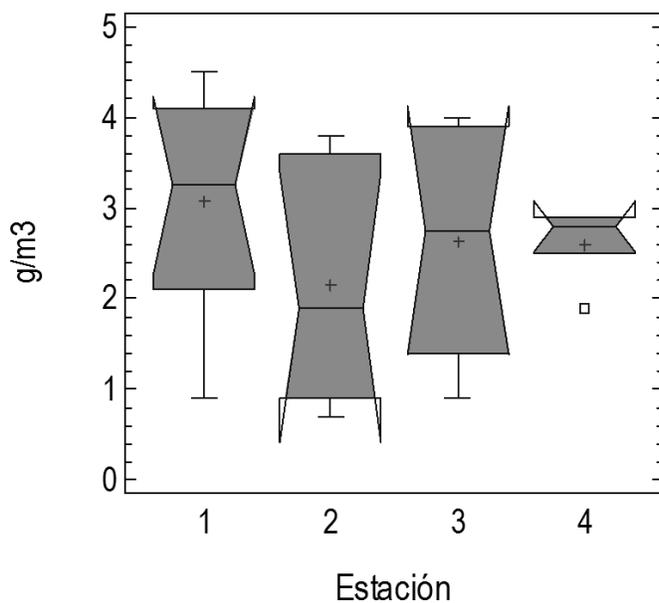


Figura 22. Diagrama de cajas múltiples de la biomasa obtenida por cada estación a lo largo de un año

En cuanto a la biomasa obtenida en profundidad de 0.3 m y 3 m (Fig. 23), también se realizaron diagramas de cajas múltiples para realizar una comparación entre profundidades. Las medianas tanto de los diagramas como en la prueba de estadística no presentan diferencias significativas ( $K-W=0.76; p<0.05$ ), por lo cual ambas profundidades son similares.

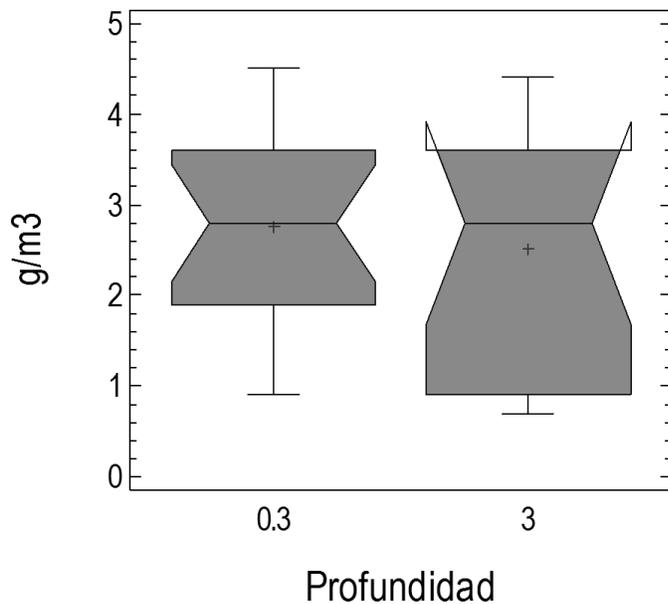


Figura 23. Diagrama de cajas múltiples de la biomasa obtenida en dos diferentes profundidades 0.3m y 3m.

El siguiente diagrama de cajas múltiples (Fig. 24), basado en resultados anuales, para el mes de marzo, mayo y noviembre se puede observar que las muescas se traslapan y en el mes marzo presenta una mayor dispersión de datos de 1 a 4 g/m<sup>3</sup>; el mes de julio también presenta un traslape con el mes de noviembre, por lo cual estos meses presentan una biomasa similar y no presenta diferencias significativas (K-W=0.11; p<0.05).

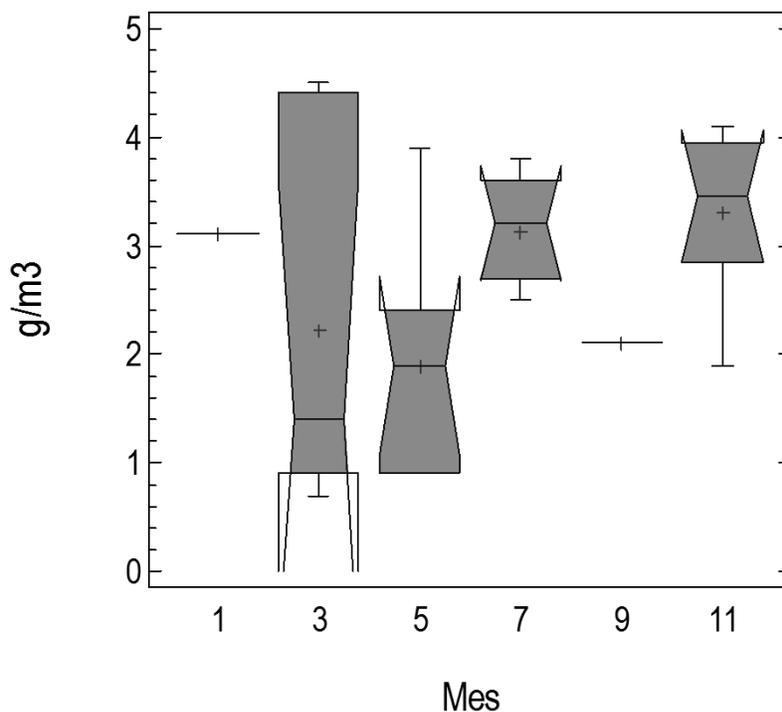


Figura 24. Diagrama de cajas múltiples de biomasa a lo largo de un ciclo anual.

En la siguiente gráfica (Fig. 25) se presenta la concentración de biomasa a lo largo del año, la máxima  $3.2 \text{ g/m}^3$  mes de noviembre y la mínima de  $1.9 \text{ g/m}^3$  en el mes de mayo.

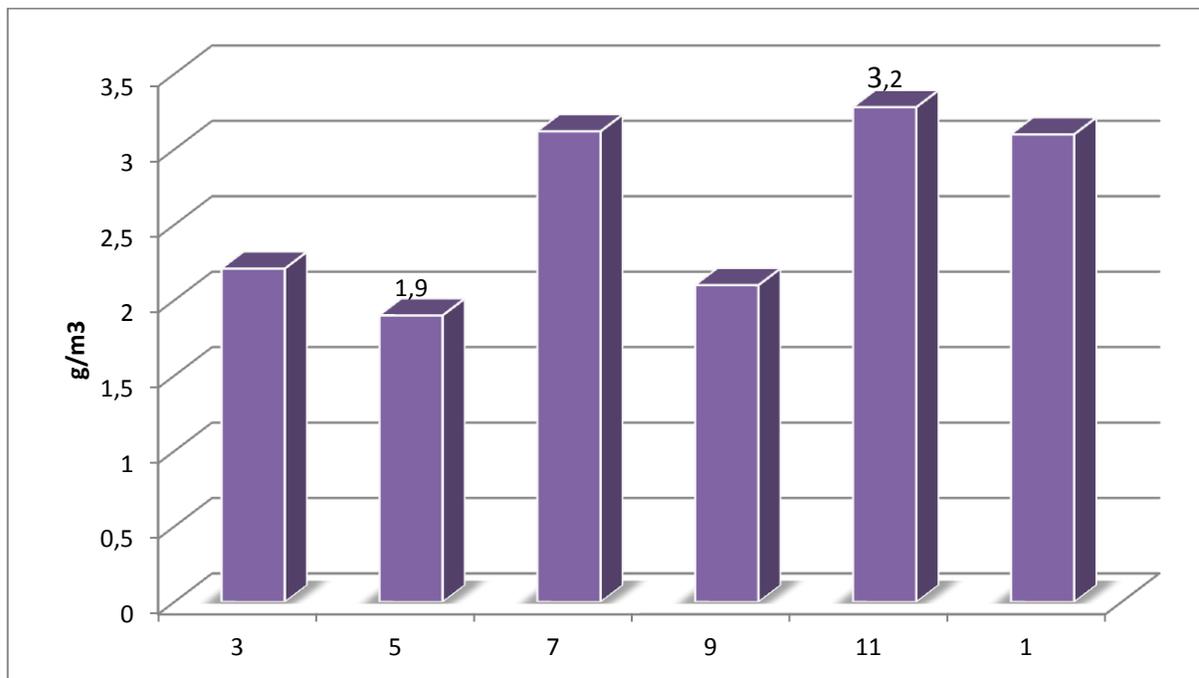


Figura 25. Biomasa total a lo largo de un ciclo anual.

## Fitoplancton

Esta comunidad fitoplanctónica esta conformada por 58 especies, de las cuales la división Ochrophyta tiene 39, Dynophyta 16, Cyanophyta 2 y Chlorophyta 1.

### Lista de especies presentes en el fitoplancton.

#### División: Cyanophyta

- *Trichodesmium erythraeum*  
Ehrenberg
- *T. thiebautii* Gomont
- *C. dichaeata* Ehrenberg
- *C. lorenzianus* Grunow
- *C. affinis pendulus* Karsten

#### División: Ochrophyta

- *Asterionellopsis glacialis*  
(Castracane) Round
- *Bacteriastrum delicatulum*  
Cleve
- *B. hyalinum* Lauder
- *Biddulphia sp.* S.F.Gray
- *Chaetoceros atlanticus* Cleve
- *C. brevis* Shutt
- *C. coartatus* Lauder
- *C. curvisetus* Cleve
- *C. danicus* Cleve
- *C. decipiens* Cleve
- *C. pelagicus* Cleven
- *C. sp. 1* Ehrenberg
- *C. sp. 2* Ehrenberg
- *Coscinodiscus centralis*  
Ehrenberg
- *C. gigas* Ehrenberg
- *C. granii* Gough
- *C. wailesii* Gran et Angst
- *C. sp.1* Van Landingham
- *C. sp 2* Van Landingham
- *Dictyocha fibula* Ehrenberg
- *Guinardia fláccida*  
(Castracane) H.Peragallo
- *G. striata* (Stolterfoth) Hasle

- *Hemiaulus hauckii* Grunow ex Van Heurck
- *H. sinensis* Greville
- *H. sp.* Heiberg
- *Leptocylindrus danicus* Cleve
- *Nitzschia sp.* Hassall
- *Odontella chinensis* (Greville) Grunow
- *O. sp.* C.Agardh
- *Pseudo-nitzschia affinis delicatissima* (Cleve) Heiden
- *P. sp.* H.Peragallo in H. & M. Peragallo
- *Pseudosolenia calcar-avis* (Schultze) B.G.Sundström
- *Rhizosolenia bergoni* H.Peragallo
- *R. striata* Greville
- *Thalassionema nitzschiodes* Grunow
- *Thalassiosira sp.* Cleve
- *Ceratium breve* (Ostenfeld & Schmidt) Schroder
- *C. carriense* Gourret
- *C. extensum* (Gourret) Cleve-Euler
- *C. furca* (Ehrenber) Claparède & Lachmann
- *C. lineatum* (Ehrenberg) Cleve
- *C. macroceros* (Ehrenberg) Vanhoffen
- *C. masiliense* var. *armatum* (G. Karst.) Jörg
- *C. pentagonum* Gourret
- *C. trichoceros* (Ehrenberg) Kofoid
- *C. tripos* (O. F. Müller) Nitzsch
- *C. vultur* Cleve
- *Ceratocorys gourreti* Paulsen
- *C. horrida* Stein
- *Ornithocercus sp.* Stein
- *Protoperidinium divergens* (Ehrenberg) Balech
- *Pyrocystis sp.* Haeckel

**División: Dynophyta**

- *Scenedesmus sp.*Meyen

### **División: Chlorophyta**

Se realizaron diagramas de cajas múltiples con las diferentes densidades de la profundidad, de las estaciones y de la época del año. Tanto para las muestras tomadas con la botella Van Dorn y las muestras de arrastres de red de fitoplancton. En las dos figuras (26 y 27) que se muestran a continuación se encuentran los diagramas de cajas realizados para la densidad de cada estación.

En cuanto a las muestras tomadas con la botella Van Dorn observamos que las muescas se traslapan en las cuatro estaciones, en la estación 1 presenta una mayor dispersión y abundancia de datos (todos los muestreos si se llevaron a cabo en esta estación), a comparación de la estación 4 en donde no se tomaron en todos los meses. No se presentan diferencias significativa en ninguna de las cuatro estaicones (K-W=0.24;  $p < 0.05$ ).

Para la densidad muestreada con red, las muescas se traslapan en las cuatro estaciones, en la estación 4 se observa una caja pequeña, igual que las muestreadas con la botella Van Dorn, tampoco presentan diferencias significativas (K-W=0.47;  $p < 0.05$ ).

Comparando los diferentes diagramas, para los de red se puede ver una mayor cantidad de organismos mayor a  $2 \times 10^7$ , a diferencia de la de botella que es menor a este número.

## Densidad por Estación (Botella)

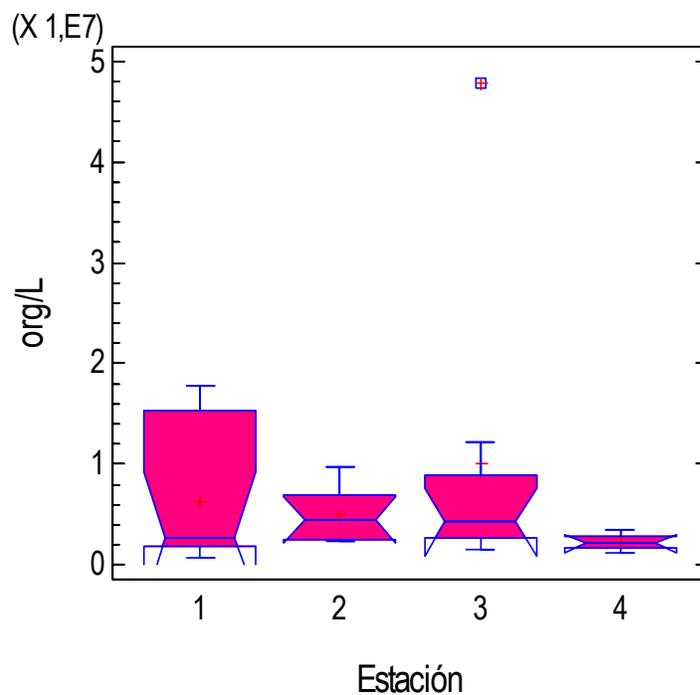


Figura 26. Densidad de fitoplancton con botella Van Dorn, en las 4 estaciones.

## Densidad por Estación (Red)

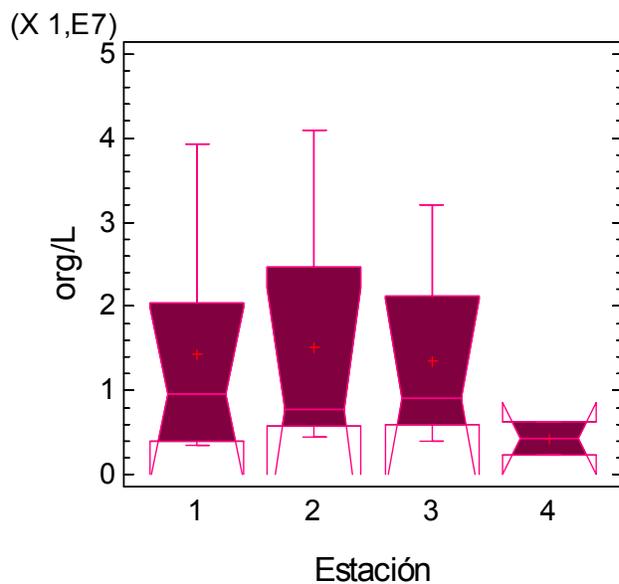


Figura 27. Densidad de fitoplancton con arrastre de red, en las 4 estaciones

En la Fig. 28 notamos que en el mes de julio, las tres estaciones muestreadas presentan mayor densidad, mientras que para el mes de noviembre es menor.

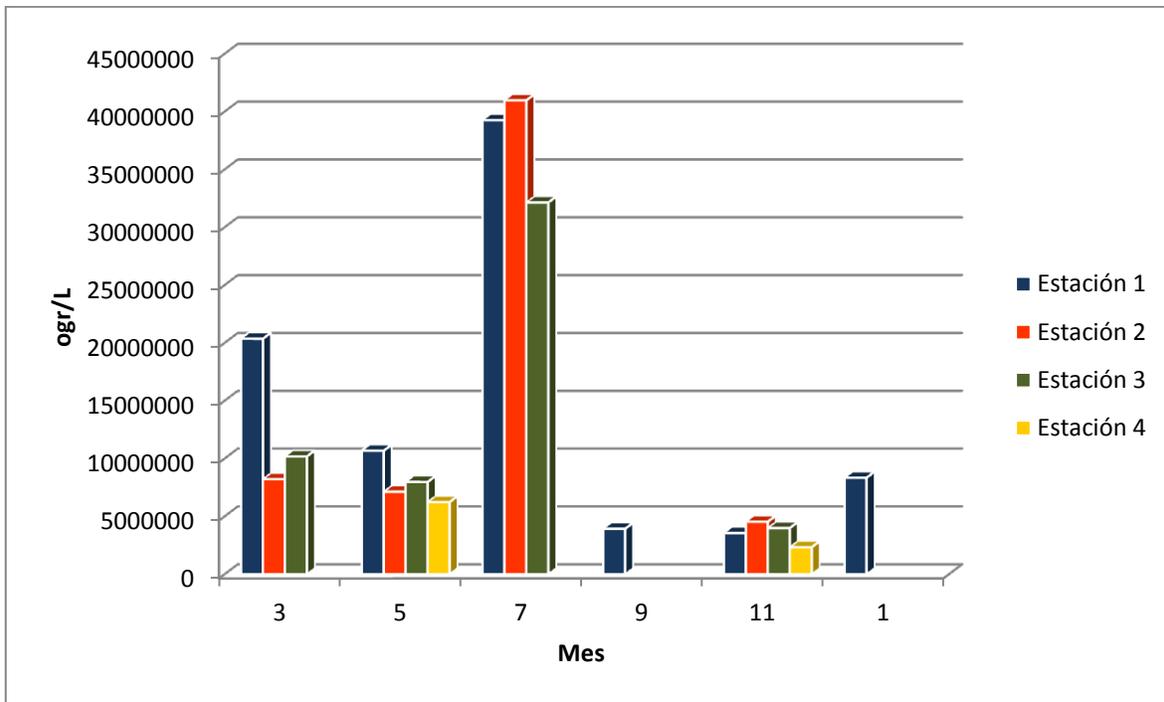


Figura 28. Densidad celular de las 4 estaciones muestreadas a lo largo del año.

También se realizó un diagrama de cajas múltiples para las muestras de botella en ambas profundidades, las muescas se pueden traslapar entre sí. Además la prueba estadística nos arroja que no se presenta diferencias significativa (K-W=0.25;  $p < 0.05$ ).

## Densidad por Profundidad (Botella)

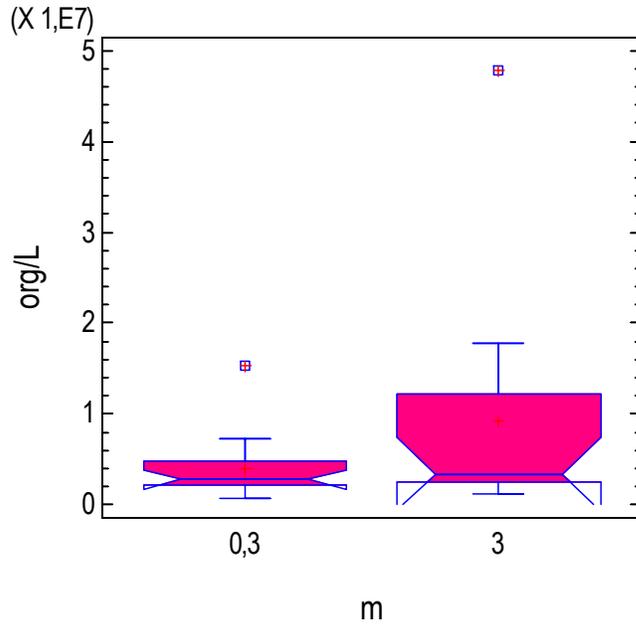


Figura 29. Diagramas de cajas múltiples de botella Van Dorn, a diferentes profundidades.

Al ser las estaciones iguales, la densidad muestreada a lo largo del año se representa en dos profundidades; teniendo una variación mayor en el mes de julio, y disminuyendo en el mes de noviembre.

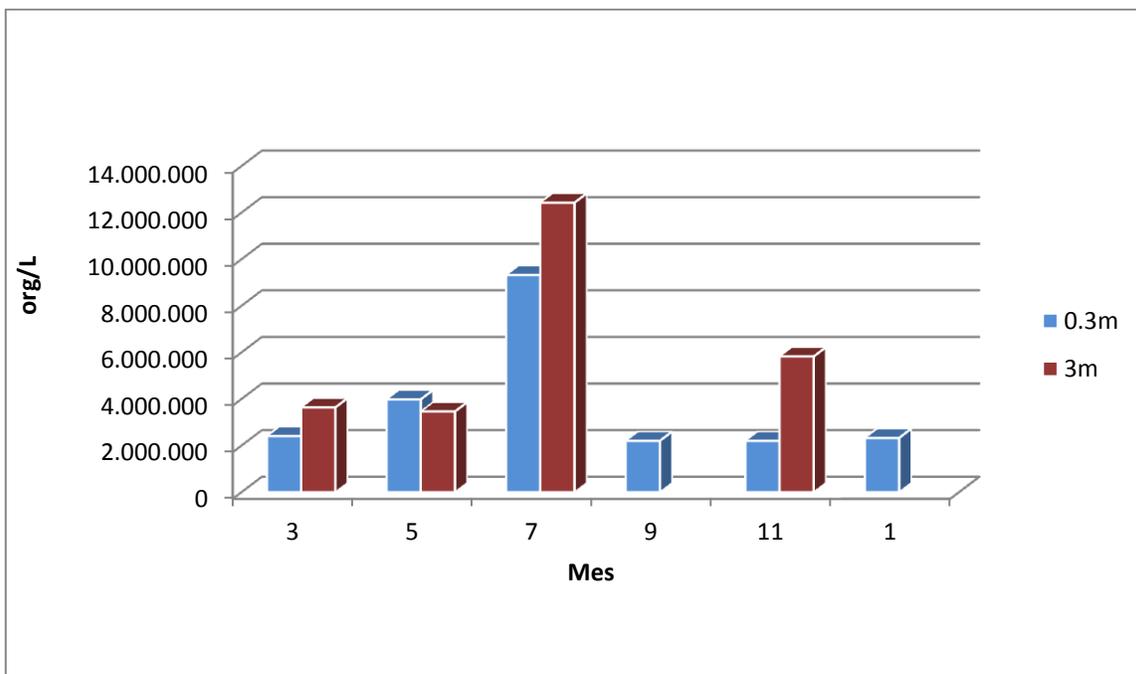


Figura 30. Muestra de botella, densidad celular en dos profundidades a lo largo de un año.

Al formar los diagramas de cajas para los meses muestreados a lo largo del año (Fig. 31 y 32) encontramos que para enero y septiembre las cajas no se construyen, en ambos diagramas podemos observar que son muy similares, presentando las muestras de red se presenta una mayor cantidad de org/L.

## Densidad por Mes (Botella)

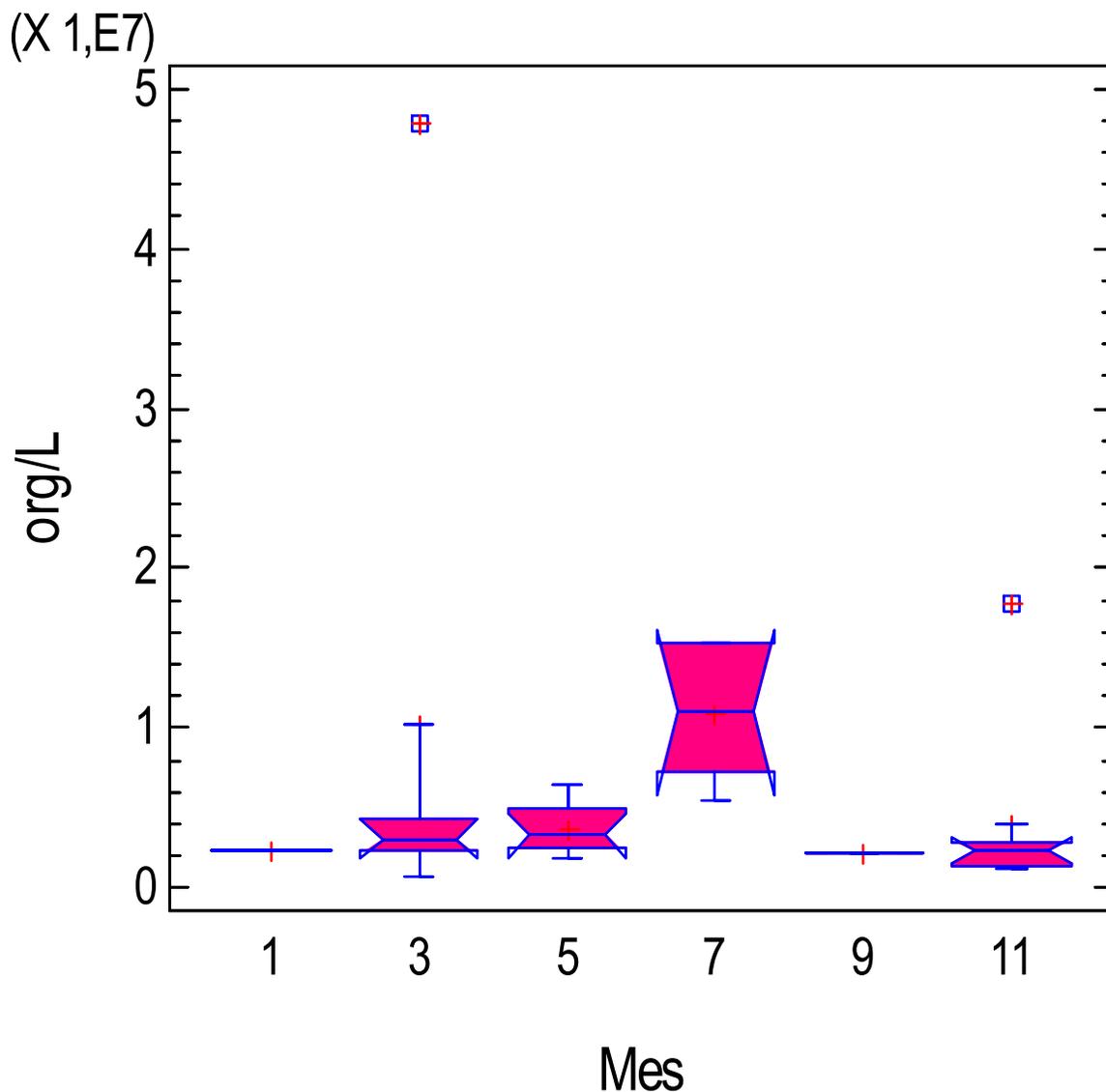


Figura 31. Diagrama de cajas múltiples, para botella Van Dorn a lo largo de un ciclo anual.

# Densidad por Mes (Red)

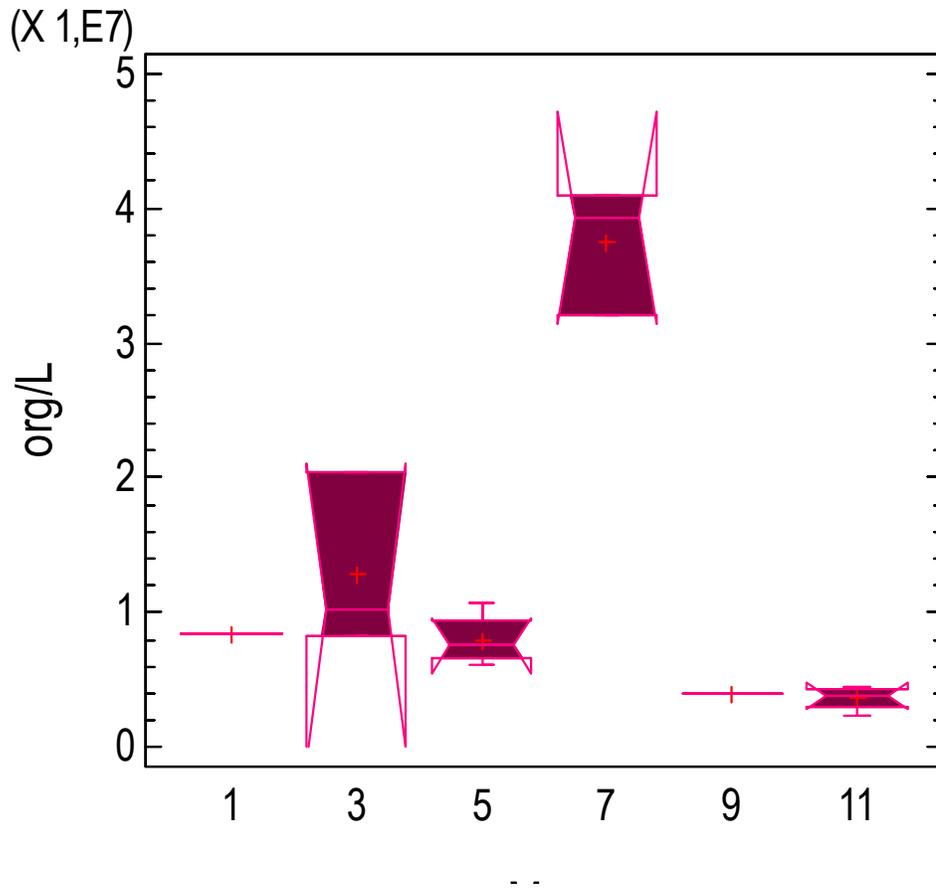


Figura 32. Diagrama de cajas múltiples, arrastre de red a lo largo de un ciclo anual.

En las siguientes graficas (Fig. 33 y 34) podemos observar la densidad de las especies a lo largo de un ciclo anual, esto es para la densidad total tanto como en botella y red. Notamos que es en ambas graficas que en el mes de julio se presenta una mayor densidad, como en los diagramas de cajas.

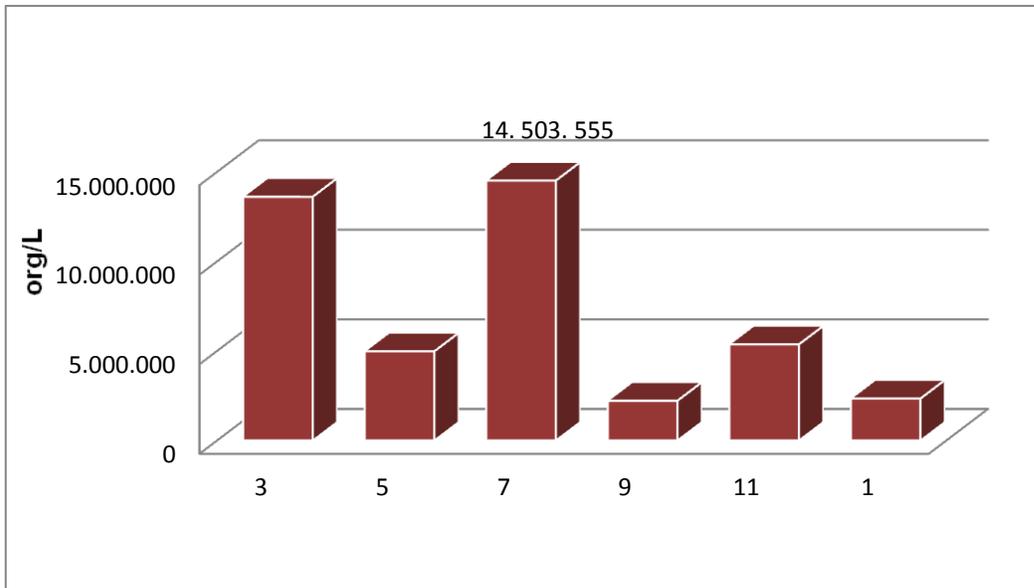


Figura 33. Densidad celular total de la comunidad fitoplanctónica muestreado con botella, en un periodo anual.

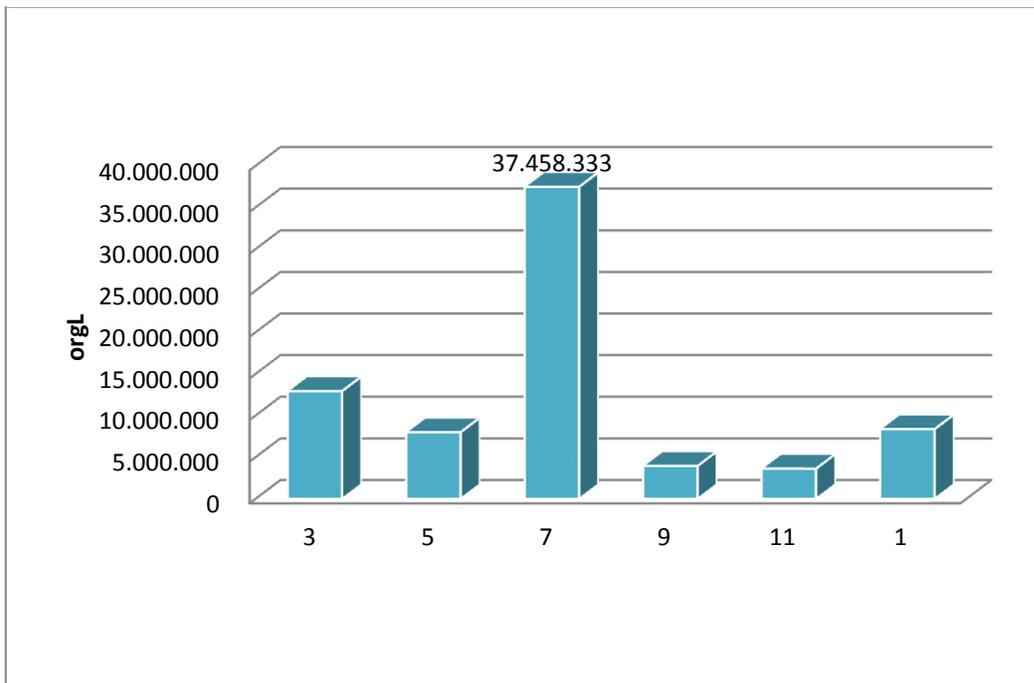


Figura 34. Densidad celular total de la comunidad fitoplanctónica para red a lo largo de un periodo anual.

En las siguientes gráficas de barras (Fig. 35) se encuentra la densidad los géneros representativos del fitoplancton en un ciclo anual, tanto de botella como de red. El mes de marzo el género que predomina es *Trichodesmium* para ambos tipos de muestreo; para mayo *Trichodesmium* sigue presente pero se nota un incremento en los géneros de *Rhizosolenia* y *Asterionella* esto para botella, mientras que para red los géneros son *Rhizosolenia* y *Chaetoceros*. En julio el género *Trichodesmium* se decremента, pero surge el género de *Coscinudiscus* (botella) y *Thalasionema* (red), los otros dos géneros se encuentran presentes en menor densidad, mientras que *Rhizosolenia* en las muestras de botella presenta una misma densidad. *Trichodesmium* se incrementa en el mes de septiembre para ambos muestreos, *Coscinudiscus* en las muestras de red aumenta su densidad y el botella sigue presente. El mes de noviembre dominante nuevamente por el género *Trichodesmium*, para enero en las muestras de botella solo se encuentra al género *Chaetoceros*, mientras que para red *Trichodesmium* sigue dominando.

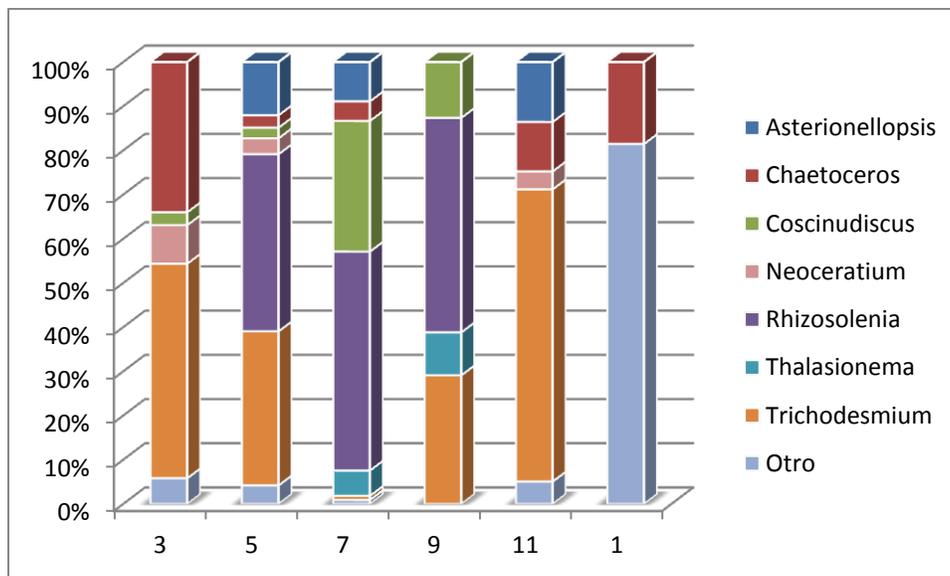


Figura 35. Porcentaje de densidad de los géneros reportados a lo largo de un ciclo anual, muestreo de botella Van Dorn.

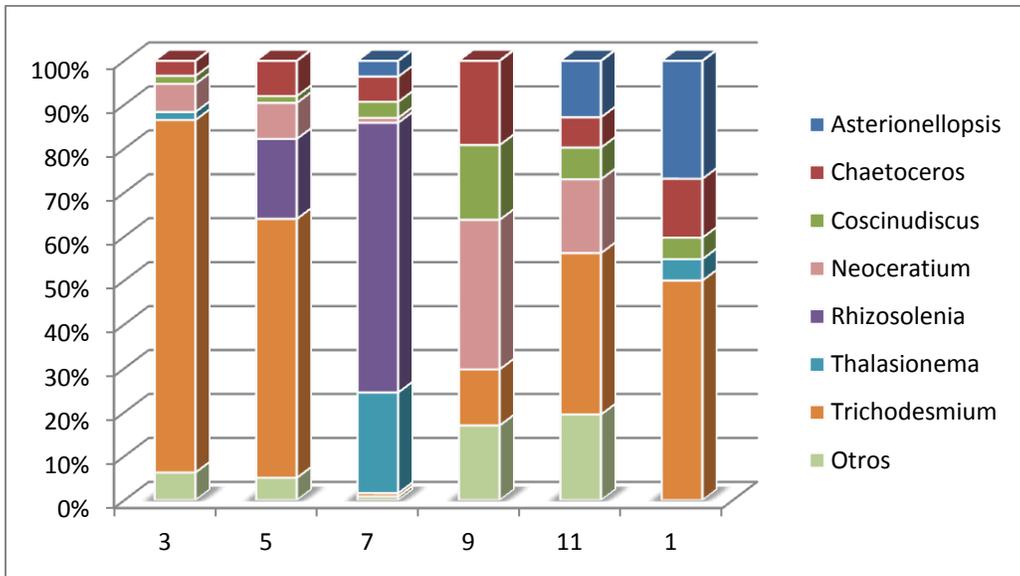


Figura 36. Densidad de géneros representativos totales en los diferentes meses muestreados durante un año tanto para arrastre de red.

Se realizó una comparación gráfica entre la densidad de fitoplancton (botella) y la concentración de la clorofila “a”, “b” y “c”. Se observa un incremento en clorofila “a” al mismo tiempo que la densidad aumenta en el mes de julio, el decremento en la clorofila “a”, “b” y “c” es conjunta con la densidad.

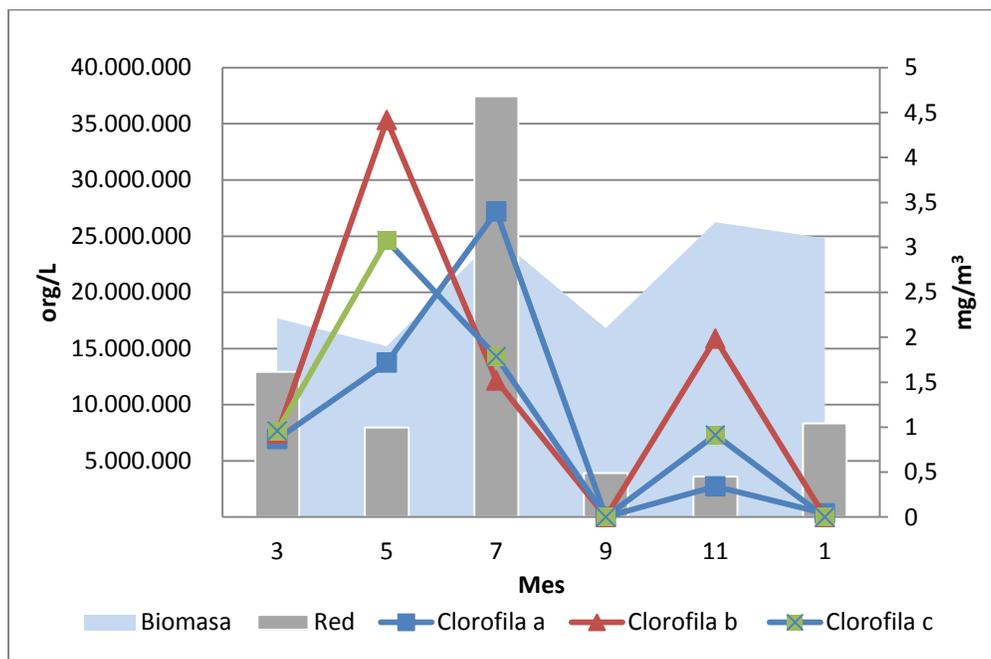


Figura 37. Comparación de densidad del fitoplancton, contra Concentración de clorofila “a”, “b” y “c”

## Zooplancton

Se reportan 32 especies, géneros y grupos de zooplancton para este trabajo, además de contar con 5 tipos de huevos diferentes. Se realizaron diferentes diagramas de cajas múltiples al igual que para el fitoplancton. En la Fig. 38 observamos que las cuatro estaciones son iguales, puesto que sus muescas se traslapan entre sí. La prueba estadística de Kruskal-Wallis arrojó que no existen diferencias significativas  $K-W = 0.72$ .

## Lista de organismos del zooplancton

### Reino: Protozoa

- *Actinomma* sp. Haeckel

### Orden: Tintinnida

- *Favella ehrenbergi*  
Claparède & Lachmann
- *Tintinnopsis* sp. Stein

### Reino: Animalia

#### Filo: Rotífera

- *Trichocerca* sp. Lamarck

### Clase: Foraminifera

- *Globigerinita* sp. Bronnimann
- *Globigerinita* sp. Cushman 1
- *G.* sp. 2

### Filo: Cnidaria

- *Muggiaea atlántica*  
Cunningham

### Reino: Chromista

Familia: Isopilidae (\*)

### Filo: Sarcodina

Familia: Lopadorrhynchidae (\*\*)

Familia: Typhloscolecidae

- *Typhloscolex sp.* Busch

**Filo: Arthropoda**

**Suborden: Cladóceras**

- *Evadne sp.*

**Subclase: Copépoda**

- *Acartia sp.* Dana
- *Acrocalanus sp.* Giesbrecht
- *Macrosetella gracilis* Dana
- Larva nauplio

**Orden: Amphipoda**

- *Caprellas sp.* Lamarck

**Orden: Decapoda**

- Larva zoea (\*\*)

**Orden: Euphausiacea**

- *Euphausia sp.*

**Orden: Sesilia**

- *Amphibalanus sp.* Pitombo

**Filo: Mollusca**

- Larva Veliger (Bivalvo)
- Larva Veliger de *Cerithiopsis sp.* Forbes & Hanley

**Filo: Ectoprocta**

- Larva Cyphonautes (Bryozoan)

**Filo: Equinodermata**

- Larva bipinnaria (Asteroideos)
- Larva de *Amphiura sp.*

**Filo: Quetognata**

- *Sagitta enflata* Grassi

**Filo: Cordados**

**Subfilo: Urocordado**

- Larva de *Oikopleura sp.*  
Lohmann

**Subfilo: Vertebrata**

\* Número de organismos diferentes

▪ Larvas de peces.

Otros.

○ Huevos

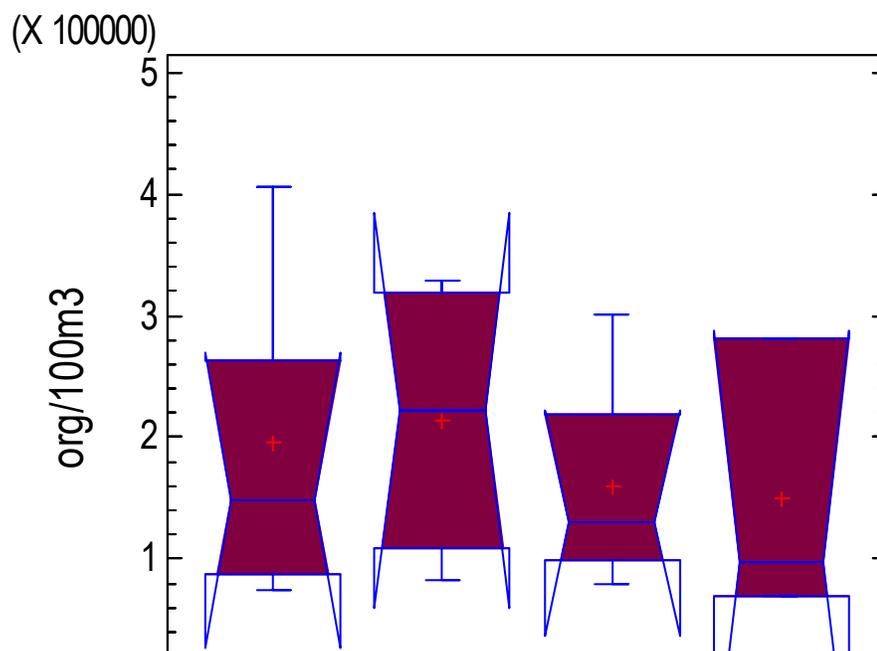


Figura 38. Diagrama de cajas múltiples por estación para la densidad de zooplancton en las diferentes estaciones.

Al tener que las estaciones son iguales se llevo a cabo una grafica de barras (Fig. 39) donde observamos que el mes de marzo y julio son parecidos.

\* Número de organismos diferentes

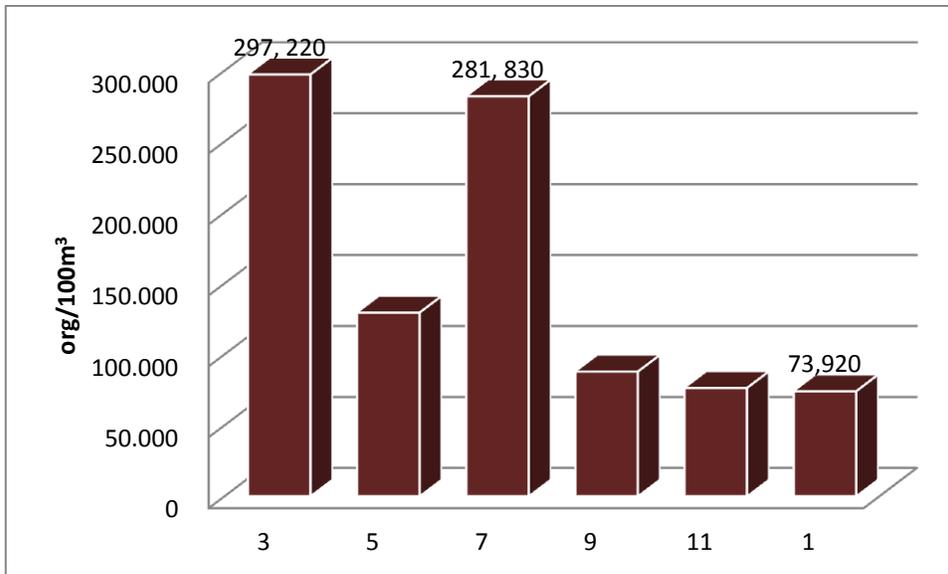


Figura 39. Gráfica de barras de la densidad anual del zooplancton.

En el siguiente diagrama de cajas múltiples podemos ver que las muescas del mes de marzo y julio se traslapan siendo iguales estos meses; mientras que para enero y septiembre no se alcanzan a formar las cajas, esto debido a que las muestras son de playa. Para la comparación de todas las medias de los meses de muestreo se presenta una diferencia significativa ( $K-W = 0.02$ ;  $p < 0.05$ ); por lo cual los meses de muestreo son diferentes.

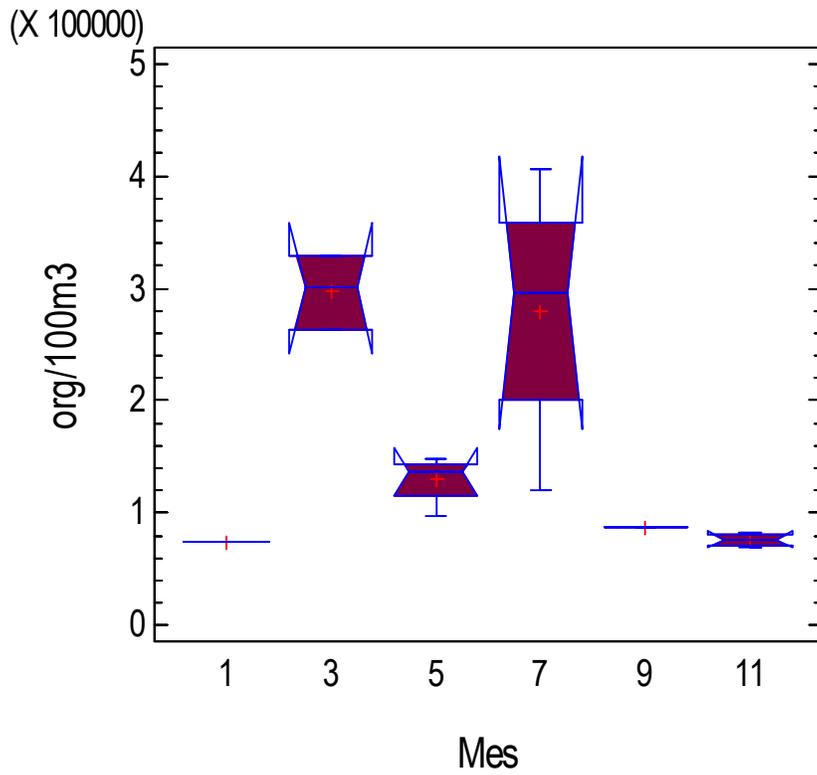


Figura 40. Diagrama de cajas múltiples de la densidad bimensual del zooplancton

Los diferentes grupos que se presentan en el zooplancton se representan en la siguiente grafica de porcentajes a lo largo de un ciclo anual.

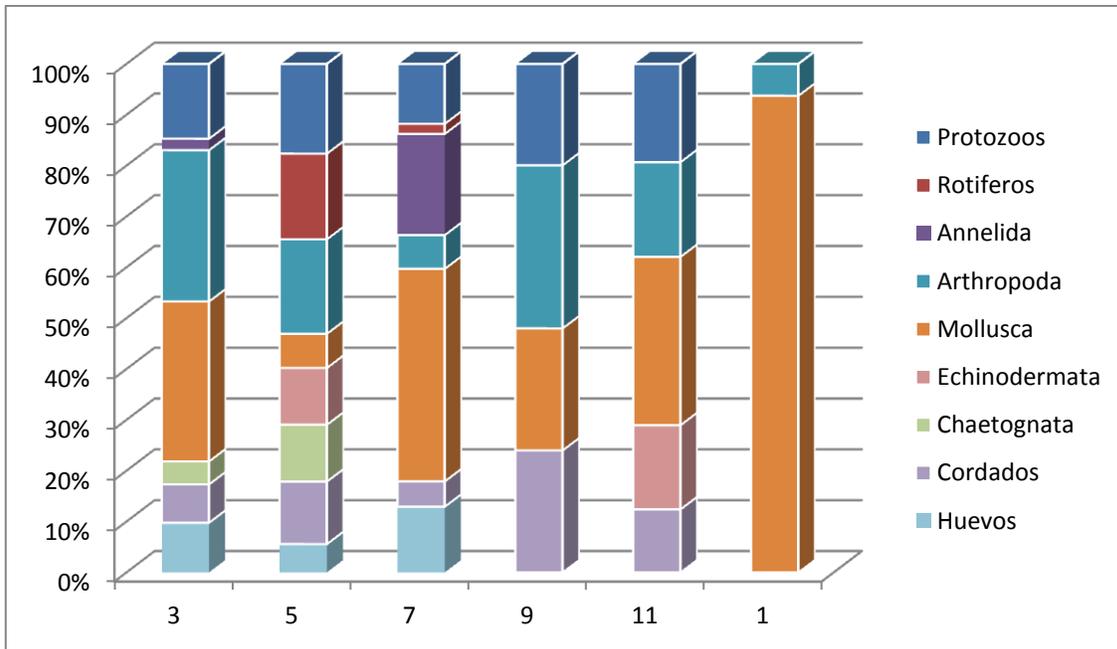


Figura. 41. Gráficas de porcentajes de los grupos presentes en el de zooplancton, a lo largo de un año.

En la Fig. 42 se muestra una grafica en donde se presenta una relación entre fitoplancton y zooplancton, se observa un incremento en la densidad de ambos grupos en mes de julio. El fitoplancton con 37 000 000 org/m<sup>3</sup> y el zooplancton con 281 000 org/100 m<sup>3</sup>; para el mes de marzo se presenta un aumento en la densidad de los artrópodos.

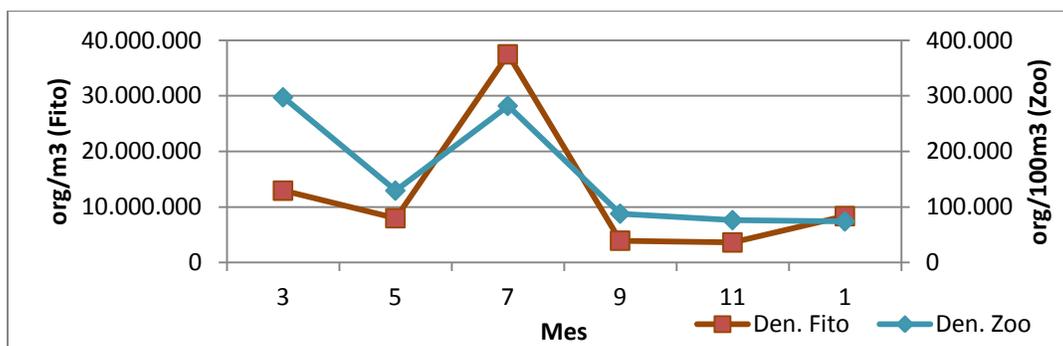


Figura 42. Relación anual entre el fitoplancton y zooplancton.

## DISCUSIÓN

La información que se presenta para la zona de estudio es escasa, esto es frecuentemente mencionado por diversos autores. Al realizar la consulta se confirma este hecho, pero además se encuentra que hay diversos estudios en proceso (Signoret *et al.*, 1998; Signoret *et al.* 2006; Manzano & Salinas, 2008).

La temperatura reportada en este trabajo se mantiene a lo largo del año entre 25 y 28 °C, en el único mes que se presenta una diferencia es en enero con 19°C este mes está dominado por temporada de nortes (CONANP, 2012). El Golfo de México se encuentra regido por una variedad de corrientes que pueden cambiar o alterar el sistema marino, además de las desembocaduras de diversos ríos que se integran al sistema con diferentes alteraciones antropogénicas, en algunos otros casos se pueden observar por diversos fenómenos meteorológicos tales como los nortes, la temporada de lluvias y las secas, o algunos ocasionales como “El Niño”, huracanes, tormentas tropicales. Todas estas condiciones delimitan la distribución de las especies y por lo tanto un cambio en las diferentes concentraciones de clorofilas, principalmente en la clorofila “a” (Melo *et al.*, 2000).

El fenómeno del “El Niño” se observa en el Pacífico, sin embargo en estudios realizados por Manzano & Salinas (2008); Melo-González *et al.*, (2000); Rosas *et al.*, (2004) para el Golfo de México, donde se documenta una baja en la clorofila “a” y la modificación en algunos niveles tróficos, así como niveles espermáticos del camarón blanco (*Litopenaeus setiferus*). Debido a un puente atmosférico dado por la temperatura de la superficie marina, formando un desarrollo anómalo en la

Alberca Cálida del Hemisferio Oeste, la cual abarca desde el océano Pacífico, el Golfo de México y Mar Caribe, así como algunas otras zonas del océano Atlántico (Manzano & Salinas, 2008).

Este fenómeno es cíclico y es recurrente cada 2 o 7 años, se forma en el mes de abril alcanzado su madurez en diciembre y puede persistir de 9 a 12 meses. En México ha afectado con mayor intensidad en los años de 1982-1983 y 1997-1998 (García *et al.* 2000); en el próximo año 2015, se tiene contemplado que se presente. Sin embargo diversos autores recopilaron datos de la concentración de clorofila “a”, en varias zonas del Golfo de México y el mar Caribe, cuando este fenómeno estuvo presente (Signoret *et al.* 1998; Signoret *et al.*, 2006; Manzano-Sarabia & Salinas-Zavala, 2008). En contraste con esto datos obtenidos Gold *et al.*, 2012; Jasso, 2012 y Avendaño, 2013, obtuvieron estas concentraciones en años sin este fenómeno como en este trabajo, además de presentar datos específicos del PNSAV (Tabla 4).

Tabla 4. Comparación de clorofila “a”, con otros autores para el Golfo de México y Mar Caribe.

AUTOR	AÑO	Zona	MÁXIMOS	MÍNIMOS
Signoret <i>et al.</i> , 1998	94	Golfo de México	0.33 mg/m <sup>3</sup>	0.04 mg/m <sup>3</sup>
Manzano-Sarabia & Salinas-Zavala, 2008	96-07	Región Occidental del Golfo de México (Tamaulipas, Veracruz)	0.57mg/m <sup>3</sup>	0.03 mg/m <sup>3</sup>
Signoret <i>et al.</i> , 2006	99	Oeste y centro del Golfo de México (Veracruz-Tamaulipas)	0.3 mg/m <sup>3</sup>	0.03 mg/m <sup>3</sup>
Jasso	2011	Arrecife Verde PNSAV	5 mg/m <sup>3</sup>	1.5 mg/m <sup>3</sup>
Avendaño	2011	PNSAV	5.6 mg/m <sup>3</sup>	1.6 mg/m <sup>3</sup>
Gold <i>et al.</i> , 2012	2012	PNSAV	0.4 mg/m <sup>3</sup>	0.08 mg/m <sup>3</sup>
Este estudio	11-12	Golfo de México (PNSAV, arrecife Santiaguillo, Frente Costas de Antón Lizardo)	3.16 mg/m <sup>3</sup>	0.10 mg/m <sup>3</sup>

Los valores máximos y mínimos (Tabla 4) se encuentran sin grandes fluctuaciones para los estudios de Signoret *et al.*, 1998; Signoret *et al.*, 2006; Manzano-Sarabia & Salinas-Zavala, 2008; Gold-Bouchot *et al.*, 2012. Sin embargo para Jasso y Avendaño en 2011, la concentración es mayor, al igual que para este estudio; debido a la época de año, el tipo de método utilizado para conocer la concentración, así como variables ambientales antes descritas; los primeros estudios se presentan después del fenómeno del “El Niño”. Además de la zona de estudio que no es en PNSAV, la mayoría se presenta en aguas oceánicas.

Los valores máximos de concentración de clorofila “a” que presenta Manzano-Sarabia & Salinas-Zavala (2008), son en otoño e invierno con una concentración de 0.57 mg/m<sup>3</sup>. Avendaño en 2011 presenta un máximo de 5.6 mg/m<sup>3</sup>, los meses con mayor distribución son marzo, abril y junio. Para este trabajo el máximo se presenta en el mes de julio con una concentración de 3.16 mg/m<sup>3</sup>, por lo cual la zona de estudio es “altamente productiva” (Tapia, 2006), con un valor atípico en este mes de 6.83 mg/m<sup>3</sup> (Fig. 17), esto se debe a la descargas de ríos, ya que es la época del año con lluvias, presentando una concentración de nutrientes alta aportados al sistema por cuerpos de agua lóticos; estos nutrientes se encuentran disponibles para la comunidad fitoplanctónica, la cual aumenta en este mismo mes en ambas profundidades (Fig. 30). Y estos valores estuvieron asociados a un incremento en el pH (9). Gold-Bouchot *et al.* (2012) en su evaluación también marca al arrecife Santiaguillo como oligotrófico (TRIX), pero además en el índice canadiense presenta buena salud este arrecife.

Observando cada uno de los diagramas de cajas múltiples de las diferentes tipos de clorofilas (Fig. 11, 12 y 13) notamos que tanto para 0.3 y 3 m no se presentan diferencias significativas, se sugiere que para estudios futuros se tome la muestra a mayor profundidad, para lograr obtener una relación más establecida con la penetración de luz en el sistema y el cambio en la composición de los organismos planctónicos que utilizan esta luz para la fotosíntesis. Se corrobora por la prueba estadística de Kruskal-Wallis (Fig. 11 y 12); mientras que para la clorofila “c” se presenta una diferencia significativa al comparar las muescas, con una tendencia menor; pero en la prueba estadística no se presenta diferencias significativas en la comparación de las medianas (Fig. 13).

En el diagrama de cajas múltiples (Fig. 14, 15 y 16), las cuatro estaciones son similares para las tres clorofilas. La clorofila “b” presenta una mayor distribución de la concentración, mientras que la clorofila “a” y “c” muestran una menor concentración.

La clorofila “a” es universal en los organismos fotosintéticos (Curtis *et al.*, 2007), por lo cual se realizó el cálculo de esta, notamos una distribución constante con aumentos y disminuciones a lo largo del año. Generalmente se realizan estudios de clorofila “a”, en este trabajo además se calculó la concentración de la clorofila “b” y la clorofila “c”; cabe resaltar que es importante la clorofila “b” ya que se encuentra con mayor concentración a lo largo del estudio (Fig. 20), debido a trozos de plantas superiores como pastos marinos, algunas macro-algas y otros tipos de vegetación fotosintética. La clorofila “c”, presenta un máximo en el mes de mayo,

éste mes representado con organismos de los géneros *Rhizosolenia* y *Trichodesmium*, los cuales están formados por esta clorofila (Ceballos-Corona *et al.*, 2011).

La biomasa en peso seco, varía estacionalmente en un ciclo anual, pero no presenta diferencias significativas por lo cual es constante todo el año (Fig. 24), pero para las cuatro estaciones (Fig. 23) y las dos profundidades (Fig. 22) la prueba estadística que se realizó no presenta diferencias significativas, por lo cual tanto las estaciones como la profundidad son similares respectivamente. En este trabajo, se presenta una máxima concentración en noviembre con  $3.2 \text{ g/m}^3$  (Fig. 24), con una temperatura promedio de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , la saturación de oxígeno disminuye con respecto al mes de septiembre a 50% y el pH se mantiene entre 7.5 y 8 (Fig. 7,8 y10). Y un mínimo de  $1.9 \text{ g/m}^3$  en el mes de mayo, se presenta una baja en la saturación de oxígeno de 100% marzo a 70%, un pH cercano a 7; pero la clorofila “b” presenta un aumento, además de ser este mes con mayor concentración de esta clorofila.

En general, los valores medios, obtenidos en el presente estudio (Tabla 5), se encuentran dentro del rango de los valores registrados para el Golfo de México por otros autores (Tabla 5). Estos valores de alta biomasa obtenidos durante el presente estudio, indican que el arrecife Santiaguillo es muy productivo. En el mes de julio, se registra un valor alto de biomasa con  $3 \text{ mg/m}^3$ , esto se debe a la ubicación del arrecife de coral y la costa, ya que es favorecido por un giro ciclónico (Salas-Monreal *et al.*, 2009).

Tabla 5. Biomasa comparación con diferentes autores.

<b>Autor</b>	<b>Año</b>	<b>Zona</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
<b>Okolodkov et al., 2011</b>	2007-08	PNSAV	3.6 g/m <sup>3</sup>	2.3 g/m <sup>3</sup>
<b>Álvarez et al., 2007</b>	2004	Quintana Roo	0.03 g/m <sup>3</sup>	
<b>Este trabajo</b>	2011-12	Arrecife Santiaguillo (PNSAV)	3.2 g/m <sup>3</sup>	1.9 g/m <sup>3</sup>

En la tabla 5, podemos observar los estudios realizados por Okolodkov *et al.*, 2011 quienes realizan un estudio de biomasa en el SAV presentando una máxima de 3.6 g/m<sup>3</sup> en peso húmedo. Sin embargo para el trabajo de Álvarez en 2007 se presenta un de máximo es de 0.03g/m<sup>3</sup>, en este estudio solo se realizó en un mes de muestreo, la abertura de malla de la red con la que se muestreó fue mayor (330 micras) y está utilizada para zooplancton principalmente, la zona de estudio es en las costas de Quintana Roo por lo tanto, dentro del mar Caribe; posiblemente por estos aspectos los resultados quedan alejados de los otros trabajo, en cuanto a este aspecto.

En la Fig. 37, se observa que tanto la concentración de clorofilas “a”, “b” y “c”, la biomasa y la densidad, presentan una relación a lo largo del año. La relación se observa mejor desde la clorofila “a”, ya que presenta un pico en el mes de julio, al igual que la densidad de organismos del plancton (fitoplancton 374 583 333 org/L

y 281 830 org/100m<sup>3</sup>) y aunque el mes con mayor concentración de biomasa es noviembre, en julio también se presenta un pico. Para el mes de julio el grupo que domina al fitoplancton son las diatomeas, en específico el género *Rhizosolenia*, seguido de *Coscinodiscus* y *Thalasionema*. Mientras que para el zooplancton los grupos que dominan en este mes son Mollusca, Annelida, Protozoarios y diversos Huevos.

Se registran 23 géneros de microalgas siendo los más abundantes *Asterionellopsis*, *Ceratium*, *Chaetoceros*, *Coscinodiscus*, *Rhizosolenia* y *Trichodesmium*. La densidad de clorofila "a", denota, por la presencia de estas microalgas, una máxima densidad en el mes de julio con 374 583 333 org/L. Esto debido a la temporada de lluvias y las descargas de las aguas continentales (ríos) presentando con esto un aumento en los nutrientes del sistema, que se ponen a disponibilidad para el fitoplancton (Salas-Monreal *et al.*, 2009).

Para el fitoplancton no se muestra una característica específica para afirmar que las condiciones presentan una relación. El parámetro que presenta un aumento en el mes de julio es el pH, en donde tenemos mayor densidad (cabe decir que no tenemos todas las variables que podrían estar influyendo), el pH es uno de estos parámetros ya que presenta un aumento de mayo 7.9 a julio de 9, coincidiendo con la densidad máxima. Este cambio de pH podría indicar un movimiento de corrientes que trajesen nutrientes disponibles para el fitoplancton (Okolodkov *et al.*, 2011).

El fitoplancton es la base de las redes tróficas en los sistemas acuáticos por lo cual es importante conocer la densidad de éste, para obtener la disponibilidad de alimento para los consumidores primarios (zooplancton) y los demás miembros de la trama trófica, ya que conociendo la dinámica de la base de estas redes se puede inferir en las siguientes interacciones y tomando en cuenta que estas interacciones no son lineales. Para este estudio, tanto la concentración de clorofila “a”, como la biomasa, indican que es un sistema productivo; se sugiere realizar otros estudios de las interacciones en el sistema.

Además de ser la base, se puede conocer las características particulares su tipo de hábitat, su distribución, la salinidad y temperatura que soportan, así como la diversidad en la columna de agua (mayores profundidades). Y por último conocer la estacionalidad si es que la hay en los florecimientos algales nocivos (FAN), por medio de estudios de más duración o un seguimiento constante de estos. En este estudio solo se presentan las bases para poder realizar estos análisis más específicos o comparar las diferencias que se presentan en otros años sobre el plancton.

Los géneros de fitoplancton registrados en la zona estudiada son los siguientes:

El género *Asterionellopsis* es de hábitat nerítico, cosmopolita; presenta características fotosintéticas, en condiciones de salinidad de 31-38 ppm y una temperatura de 2 a 29°C (Phyto'pedia, 2014), el arrecife Santiaguillo presenta estas características (Tabla 2).

En cambio el género *Ceratium*, presenta características mixotróficas, la mayoría de las especies forman blooms debido a la eutrofización, causando FAN, por lo cual es importante el monitoreo tanto de nutrimentos como de densidad de este género. Se encuentra en la costa, en estuarios y en las zonas oceánicas. Cosmopolita, la podemos encontrar en mayor densidad en verano y otoño, en este trabajo se presenta en septiembre y noviembre, en condiciones de salinidad de 13-35 ppm, en temperaturas de 20-34°C (Phyto'pedia, 2014).

*Chaetoceros*, también fotosintético además de esto presenta esporas de resistencia; su hábitat es nerítico y cosmopolita. Mayormente distribuido en primavera y verano, para el caso de este trabajo se presenta en todos los meses de muestro, con un máximo en julio. En condiciones de salinidad 20-36 ppm, con una temperatura de -2 a 29°C (Phyto'pedia, 2014).

*Coscinodiscus*, este género al igual que el anterior es fotosintético, oceánico, cosmopolita, abundante en monzones en la India. En este estudio se encuentra a lo largo de año con un máximo en septiembre y noviembre. La salinidad es entre 18.36 ppm y temperatura de de -2 a 25°C (Phyto'pedia, 2014).

*Rhizosolenia*, fotosintética, produce toxinas al igual que condiciones anóxicas. Hábitat Nerítico, estuarino y oceánico; cosmopolita excepto en aguas polares. Se presenta en primavera a otoño, en este estudio se presenta una máxima en el mes de marzo y julio (Phyto'pedia, 2014).

*Trichodesmium*, distribuido en mares subtropicales y tropicales: su importancia ecológica: fijadora de nitrógeno, contribuye en aguas oligotróficas. Ha probado producir toxicidad en herbívoros marinos y en salud pública (Ake, 2011).

El conocimiento de los géneros del fitoplancton es de vital importancia para en principio conocer la composición de esta parte del plancton, nos podría indicar el comportamiento de la comunidad y así como los daños que pudiera causar en animales marinos y en el ser humano. Aunque se necesitan otros estudios para observar el daño que pueden causar, se podría empezar a tener un seguimiento y prevenir algunas situaciones, como intoxicación principalmente.

Diversos organismos marinos, como los peces son fundamentales para esta área ya que muchas personas comercializan con estos organismos. En comparación con los trabajos de Manzano & Salinas (2008) y Signoret *et al.*(1998, 2006), la concentración de clorofila “a” es mayor que la reportada por estos autores, sin embargo Jasso y Avendaño en 2011 reportan concentraciones parecidas en este trabajo (Tabla 4) y como se ha mencionado esto indica que el arrecife tiene alta productividad; por lo cual podemos concluir que el alimento disponible para los consumidores primarios y secundarios, es abundante, y por consiguiente la densidad de fitoplancton es adecuada (Cifuentes-Lemus *et al.*, 1997). Es importante señalar que en base a las características de estos organismos se puede tomar precauciones tanto para organismos de consumo, como para el mismo ser humano

Mientras que para el zooplancton se representan de diferente forma ya que no en todos los organismos se pudieron llegar a determinar hasta especie, algunos solo en géneros o grupos.

Al igual que en la densidad del fitoplancton se realizaron diagramas de cajas múltiples; en la figura 34 podemos observar que las estaciones son iguales puesto que las muescas se traslapan entre sí y la prueba de Kruskal Wallis señala que no hay diferencias significativas. Ya que las estaciones son iguales se realizó una gráfica de barras utilizando los datos promedio para cada mes (Fig. 39), en donde se presenta una mayor densidad en el mes de marzo con 297 220 org/ 100 m<sup>3</sup> y una mínima de 73 920 org/100 m<sup>3</sup> en el mes de enero. En el diagrama de cajas múltiples (Fig.40), podemos ver que cada uno de los meses es diferente debido al cambio de variables ambientales, como la temperatura y el oxígeno disuelto (Fig. 7 y 8), que es menor en el mes de enero con 19.3 °C y 4mg/L; en cambio en marzo es de 26°C y 7.7 a 8 mg/L, condiciones que aprovecha el fitoplancton para aumentar su eficiencia fotosintética y por consiguiente el zooplancton aumenta al encontrar más alimento.

En la grafica 41 podemos observar que los grupos pertenecientes al zooplancton se encuentran a lo largo del año uniformemente distribuidos. Para el mes de marzo y mayo los Quetognatos se reflejan de mayor manera en comparación con los demás meses. Son un grupo marino, planctónico en su mayoría, depredadores; para este estudio se reconoció un solo género con una especie "*Sagitta enflata*". Se encuentra distribuida en aguas oceánicas epipelágicas calidas

y templadas, esta especie se ha registrado en aguas neríticas (Marine Species, 2014).

El Filo Mollusca se encuentra representado a lo largo del año, teniendo una densidad máxima en el mes de enero (probablemente esto se debe a que el muestreo fue en la playa frente Antón Lizardo), este filo es en mayor grupo bentónico, generalmente el estado larvario es el que se encuentra en el plancton, para este estudio se encontraron dos larvas una veliger de Bivalvo y una veliger de *Cerithiopsis sp.*; para este mes se muestra en la gráfica un descenso de los demás grupos solo quedando éste y los Arthropodos (Fig. 41).

Los Arthropodos, son uno de los filos más abundantes, entre estos se encuentran en mayor abundancia los copépodos (para efectos de este trabajo se abarcan de forma general, recordando que estamos observando lo que se encuentre en este sistema, sin embargo en la lista de zooplancton podemos observar algunas especies de copépodos). Calanoida es dominante en los océanos del mundo con un 80.2% (Marine Planktonic Copepods, const., 2014), en este trabajo se presentan los géneros *Acartis* y *Acrocalanus* de este orden. Los cladóceros también forman parte de este filo, comunes en zonas templadas, algunas indicadoras de masas de aguas (Mujica *et al.*, 1994). Este grupo se representa a lo largo del año, teniendo un repunte en el mes de marzo y septiembre; marzo es el segundo mes donde se presenta un pico máximo de densidad de fitoplancton tanto para botella (0.30y 3 m) y red, por lo cual se puede inferir que tienen alimento disponible.

Las larvas de equinodermos, son las que podemos encontrar en el plancton ya que estos organismos son mejor conocidos en el bentos, ya que viven en zonas abisales (asturnatura.com, 2014), con mayor presencia en el mes de mayo y noviembre.

Los estudios para zooplancton son por lo general específicos de algún grupo o bien solo de un estadio del ciclo de vida. Sin embargo Álvarez *et al*, 2004 realizaron un estudio diferente sobre la abundancia y composición del zooplancton en el mar Caribe, Quintana Roo. En la siguiente tabla se muestra la variación entre el estudio antes mencionado y este.

Tabla 6. Comparación entre zooplancton de Quintana Roo (Álvarez *et al.*, 2004) y Santiaguillo, Veracruz

<b>Grupo</b>	<b>Quintana Roo</b> <b>org/ 100 m<sup>3</sup></b>	<b>Santiaguillo, Veracruz</b> <b>org/ 100 m<sup>3</sup></b>
Foraminíferos	451 179	21 521
Tintinnidos	-----	18 503
Poliquetos	4 386	25 410
Bivalvos/Gasterópodos	200 000	44 700
Copépodos	1 824 235	17 076
Cladóceros	2 028	16 170
Equinodermata	31 389	9 200
Quetognata	15 000	9 200
Huevos	70 000	18 200

Observamos que los números son menores en la mayoría de los grupos, esto se debe a varios factores; por ejemplo, la zona de estudio, el número de estaciones

muestreadas, la profundidad y el tiempo de muestreo. Sin embargo al encontrarnos dentro de este rango marcado por los autores, se puede considerar que el estudio de zooplancton en general tiene un amplio campo para seguir estudiando en esta zona.

El grafica de la Fig. 42 podemos observar una relación en el cambio de la densidad tanto de fitoplancton como zooplancton. En los meses de septiembre, noviembre y enero se presenta una disminución en el fitoplancton, sin embargo en marzo aumenta y la comunidad zooplanctónica decrece. En el plancton se establece un equilibrio entre estas dos poblaciones. Este equilibrio se fundamenta en las tramas tróficas, en las cuales vemos como primer eslabón al fitoplancton, que requiere para su nutrición de sustancias minerales con las que forman su propia sustancia orgánica. El consumo de fitoplancton que realiza el zooplancton ha sido llamado "pastoreo" y es causa de la disminución del número de individuos del fitoplancton. Por lo cual la relación que se presenta en esta grafica muestra que al haber disponible mayor fitoplancton el zooplancton es abundante a la par del primer eslabón (Cifuentes-Lemus *et al.*, 1997).

## CONCLUSIONES

- La clorofila “a” y la biomasa, nos indican que el arrecife Santiaguillo es de alta productividad.
- La concentración de clorofila “a”, “b” y “c” en ambas profundidades (0.30 a 3 m) son similares, al igual que las estaciones, se sugiere trabajar muestras de mayor profundidad.
- A lo largo del ciclo anual, se encontraron diferencias significativas tanto en la concentración de las diferentes clorofilas, y densidad de organismos del fitoplancton y zooplancton, lo cual refleja la influencia de las condiciones ambientales, como las descargas de ríos, la saturación de oxígeno y el pH.
- La biomasa no presenta diferencias significativas por los cual, a lo largo del año de estudio es similar.
- El fitoplancton y el zooplancton en el ciclo anual de este estudio, presentan una relación, ya que se presentan repuntes en la densidad.
- Los máximos en la concentración de clorofila “a” y densidad del fitoplancton se presentan en el mes de julio con  $6.83 \text{ mg/m}^3$  y  $374\ 583\ 333 \text{ org/L}$ , la biomasa presenta solo un repunte en este mes, siendo el género más abundante *Rhizosolenia*, seguido de *Thalassionema*. Registrándose 23

géneros de micro-algas siendo los más abundantes *Asterionellopsis*, *Neoceratium*, *Chaetoceros*, *Coscinodiscus*, *Rhizosolenia* y *Trichodesmium*.

- En cuanto a zooplancton se presentan 32 taxas entre órdenes, géneros y especies. La mayor densidad es en el mes de marzo con 297 220 org/100 m<sup>3</sup> y en julio con 281 830 org/100 m<sup>3</sup>, siendo los grupos más abundantes Equinodermata y Arthropoda.

## **SUGERENCIAS**

- Realizar estudios a mayor profundidad, puesto que la penetración de la luz es diferente a más de 3 metros.
- Separar los diferentes grupos del fitoplancton y zooplancton, para realizar estudios más específicos. Así como utilizar diferentes tipos de abertura de maya en redes, más tiempo de arrastre. Y realizar análisis de diversidad de ambos grupos.
- Para conocer el estado trófico del sistema, se sugiere realizar análisis de nutrimentos.
- Monitorear constantemente las algas nocivas.
- Formar una colección de ambos grupos, para facilitar la identificación taxonómica de futuros investigadores.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Aké- Castillo, J. 2011. Temporal dynamics of *Trichodesmium erythraeum* (Cyanophyta) in the National Park "Sistema Arrecifal Veracruzano" in the Gulf of Mexico. *Journal of Environmental Biology* 32: 395-399.
2. Aldredge A. & King J. M. 1977. *Distribution, abundance and substrate preferences of demersal reef zooplankton at Lizard Island Lagoon, Great Barrier Reef*. *Marine Biology*. 41:317-333.
3. Alonso, R. R., Hernández, B. D. U. & Gárate L. I. 2008. Catálogo de Microalgas de las lagunas costeras de Sinaloa. Serie Lagunas Costeras de Sinaloa. UNAM. Instituto de Ciencias del mar. Unidad Mazatlan. P.p 198.
4. Álvarez-Cadena J. N., Ordóñez-López U., Valdés-Lozano D., Almaral-Meldivil A. R. & Uicab-Sabido A. 2007. *Estudio anual del zooplancton: composición, abundancia, biomasa e hidrología del norte de Quintana Roo, mar Caribe de México*. *Revista Mexicana de la biodiversidad* 78:421-430.
5. Arenas-Fuentes V. 1966. *Hidrografía y plancton en el Arrecife "La Blanquilla", Veracruz, Veracruz*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México. 28p.
6. Avendaño Álvarez, Marino José Otilio. 2013. Variación hidrológica intermensual del Sistema Arrecifal Veracruzano. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías. Universidad Veracruzana. Veracruz, México. 97p.
7. Baron-Campis S. A., Hernández- Becerril D. U., Juárez-Ruiz N. O. & Ramírez-Camarena C. 2005. *Marea roja Producida por el dinoflagelado Peridinium quinquecorne en Veracruz, Veracruz (oct.nov, 2002): morfología del agente causal*. *Hidrobiológica* 15(1):73-78.
8. Boltovskoy, Demetrio. 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. 936 p. Publicación Especial del INIDEP, Mar de Plata.
9. Boxshall G. A. 2006. *La exploración de la diversidad marina, Desafíos Científicos y Tecnológicos, 4*. La vida en suspensión: el plancton. Pp. 17-32. Carlos M. Duarte (Ed.). Fundación BBVA. Londres, Reino Unido. 160 p.
10. Ceballos-Corona J. G., Ortega-Murillo M. R., Alvarado-Villanueva R., Sánchez- Heredia. J. D., Sánchez-Trejo T. A., Herrera-Hernández P., Hernández-Morales. R. & Andrade-Hernández S. F.

2011. *Manual de prácticas de Protistas (Laboratorio y Campo)*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. 140 p.
11. Cifuentes-Lemus J. L., Torres-García P. & Friás M. M. 1997. *El océano y sus recursos V VI y VII: Plancton*. Segunda edición. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 164 p.
  12. Contreras E. F. 1994. *Manual de técnicas hidro-biológicas*. Ed. Trillas, México. 141 p.
  13. Curtis, H; Schnek A; Barnes N.S. & Massarini 2007. *Biología*. Editorial Panamericana. Séptima edición. 1160 p.
  14. DeBoy L. S. 1977. *Marine Coastal Plankton and Marine Invertebrate Larvae*. Kendall/Hunt Publishing Company. California. 161 p.
  15. Dower J. Leggett W. & Frank K. 2000. Commentary: Improving fisheries oceanography in the future. En Parson T, Harrison P (Eds.) *Fisheries Oceanography, an Integrative Approach to Fisheries Ecology and Management*. Blackwell. Oxford, RU. P. p. 263-281.
  16. Esqueda, L. K. & Hernández B. D. U. 2010. Dinoflagelados microplanctónicos marinos del Pacífico central de México (Isla Isabel, Nayarit y costas de Jalisco y Colima). Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar. P.p 206.
  17. Fensome R.A. Taylor F.J.R. Norris G. Sarjean W.A.S. Wharton D.I. & Williams G.L. 1993. *A classification of living and fossil dinoflagellates*. Micropaleontology, Special Publication Number 7. Sheridan, Hanover, Pensilvania, EEUU.
  18. Fichman A. A. 1987. *Biología marina Básica*. Ediciones Omega, Barcelona, España. 166 p.
  19. García-Acosta V. & De la Parra-Arellano M. 2000. Proyecto: "Gestión de riesgos de desastre eno en América Latina: México". Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.
  20. Garzón-Ferreira, J. 1997. *Arrecifes coralinos: un tesoro camino a la extincion?*. Colombia: Ciencia y Tecnología, 15 (1): 11-19.
  21. Garzón-Ferreira J., Rodríguez-Ramírez A., Bejarano-Chavarro S., Navas-Camacho R. & Reyes-Nivia C. 2001. *Caracterización de los ambientes marinos y costeros de Colombia, Formaciones Córallinas*. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia. 2001:19-28.
  22. Gasca R. 2010. *Abrumadora diversidad del zooplancton marino*. Ecofronteras. 40:16-18.
  23. Giraldo A. Gutiérrez E. 2007. *Composición taxonómica del zooplancton superficial en el pacifico colombiano (septiembre 2003)*.

- Investigaciones Marinas. Pontifica Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso, Chile. 35(1):117-122
24. Gold-Bouchot G., García-Ríos V. Montero J., Zapata-Pérez O., Herrera-Silveira J., Pech-Pool D. & Alpuche-Gual L. 2012. *Proyecto Piloto Evaluación y Monitoreo Conjunto de las Condiciones Costeras del Golfo de México, Evaluación de la Condición Ambiental del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano y Río Jamapa, Reporte parcial*. Semarnat. México. 36 p.
  25. González A. 1988. Plancton de las aguas continentales. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, Whshington, D. C. 130 p.
  26. Hernández-Becerril D. U. 2003. *Diversidad del fitoplancton marino de México, Planctología Mexicana*. Sociedad Mexicana de Planctología, La Paz, B.C.S. México. Cap. 1:1-18.
  27. Horta-Puga G. & Carriquiry J. D., 2008. *Crecimiento del coral hermatípico Montastraea Carvernosa en el Sistema Arrecifal Veracruzano*. Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México. 34(1):107-112.
  28. Horta-Puga G. y Tello-Musi J. L. 2009. Sistema Arrecifal Veracruzano: condición actual y programa permanente de monitoreo: Primera Etapa. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. DM005. México D. F.
  29. Jasso Montoya Jannay. 2012. Variación de los parámetros oceanográficos alrededor del Arrecife Verde en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (Golfo de México Occidental). Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías. Universidad Veracruzana. Veracruz, México. 71 p.
  30. Jeffrey S. W. & Humphrey. G.F., 1975 *Mew spectrophotometric equantions for determining chlorophylis a, b, c1 and c2, in higher plants, algae and natural phytoplankton*. Biochem, Physiol. Pflanze. 167:191-194.
  31. Jeffrey S. W. Llewellyn C.A. Barlow R.G. & Mantoura R. F. C. 1997. *Phytoplankton pigments in oceanography: Guidelines to modern methods*. UNESCO, Paris. 161 p.
  32. Lara-Lara R. Millán-Núñez R. Lara-Osorio J. L. & Bázan-Guzmán C. 1993. *Productividad y biomasa del fitoplancton por clases de tamaño, en la partes central del Golfo de California durante Primavera, 1985*. Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, México. 19(2):137-154.

33. Levinton, J.S. 1995. *Marine Biology: Function, Biodiversity, Ecology*. Oxford University Press. 420 p.
34. Lluch-Cota D. 2002. *Satellite measured interannual variability of coastal phytoplankton pigment in the tropical and subtropical eastern Pacific*. *Cont. Shelf Res.* 22: 803-820.
35. Manzano-Sarabia M. M. & Salinas-Zavala C.A. 2008. *Variabilidad estacional e interanual de la concentración de clorofila-a y temperatura superficial del mar en la región occidental del Golfo de México: 1996-2007*. *Interciencia.* 33(9):628-634.
36. Melo-González n., Müller-Karger F., Cerdeira S., Pérez R., Victoria del Rio I., Cárdenas P., Mitrani I. 2000. Near-surface phytoplankton distribution in the western Intra-Americas Sea: The Influence of El Niño and weather events. *J. Geophys. Res.* 105 (C6):14029-14043.
37. Mujica A. & Espinoza E. 1994. Cladoceros marinos chilenos (18°30'-37°30'S). *Revista Chilena de Historia Natural.* 67:265-272.
38. Okolodkov Y. B. 2008. *Protoperidinium Bergh (Dinophyceae) of the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, Gulf of Mexico, with a key for identification*. *Acta Botánica Mexicana.* 84:93-149.
39. Okolodkov Y. B. 2010. *Ceratium Schrank (Dinophyceae) of the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, Gulf of Mexico, with a key for identification*. *Acta Botánica Mexicana.* 93:41-101.
40. Okolodkov Y. B., Aké-Castillo José A., Gutiérrez Quevedo María G., Pérez-España Horacio & Salas Monreal David. 2011. Annual Cycle of the Plankton Biomass in the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, Southwestern Gulf of México. Capítulo 3, Nova Science Publishers, Inc. 1-26.
41. Parra-Torrez D. Ramírez-Rodríguez A. & Hernández-Becerril D. U. 2011. *Dinoflagelados (Dinophyta) de los órdenes Prorocentrales y Dinophysiales del Sistema Arrecifal Veracruzano, México*. *Rev. Biol. Trop.* 59 (1): 501-514.
42. Penschaszadeh P. E. Brogger M. I. 2006. *Biología marina*. Eudeba. Argentina. 15:155.
43. Priego M. B. C. 1985. *Contribución al conocimiento de la composición fitoplanctónica del estero de Urias y la Bahía de Mazatlán, Sinaloa*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Guadalajara. 62 p.
44. Rosas C., Cooper EL., Pascual C., Brito R., Gelabert R. Moreno T., Miranda G., Sánchez A. 2004 La condición reproductiva del camarón blanco *Litopenaeus setiferus* (Crustacea: Penaeidae): evidencias del deterioro ambiental en el sur del Golfo de México. En

- el caso et al. Diagnostico Ambiental del Golfo de México. INE-SEMARNAT. México 493 pag.
45. Salas-Monreal, D., Salas-de-León, D. A., Monreal-Gómez, M. A. and M. L. Riverón-Enzástiga. (2009). *Current rectification in a tropical coral reef system. Coral Reefs*.
  46. Sánchez-Rueda M. P. & Ponce-Márquez M. E. 1996, *Métodos hidrobiológicos II. Estudio y colecta de organismos marinos, estuarino-lagunar y de agua dulce*. Universidad Autónoma Metropolitana. 208 p.
  47. Semarnat, 2005. *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
  48. Semarnat, 2006. *Política Ambiental Nacional para el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas de México. Estrategias para su conservación y uso sustentable*. Subsecretaria de Planeación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
  49. Signoret M. Bulit C. & Pérez R. 1998. *Patrones de distribución de clorofila-a y producción primaria en aguas del Golfo de México y del Mar Caribe*. Hidrobiología. 8(2):81-88.
  50. Signoret M. Aldeco J. & Barreiro M. T. 2006. *Variabilidad de perfiles de clorofila-a obtenidos por fluorescencia natural en el oeste y centro del Golfo de México en junio de 1999*. Hidrobiología. 16(3):221-232.
  51. Sorokin Y. I. 1978. *Microbial production in coral reef community. Archives of Hydrobiology* 83:281-323.
  52. Suárez-Morales E. & Gasca R. 1996. *Introducción al estudio de Zooplancton Marino*. México. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
  53. Subsecretaría de Medio Ambiente, *Áreas naturales protegidas de Veracruz, 2000*. Editora del Gobierno del Estado de Veracruz. México.

## CIBERGRAFÍA

- I. AlgaeBase. <http://www.algaebase.org/> (constl. 2012 - 2014)
- II. Asturnatura.com  
<http://www.asturnatura.com/articulos/equinodermos/general.php>
- III. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Subdirección de análisis de Información Espacial.  
[http://www.wetlands.org/Reports/Country\\_maps/Mexico/4MX033/MX033\\_map.jpg](http://www.wetlands.org/Reports/Country_maps/Mexico/4MX033/MX033_map.jpg) (constl. Enero, 2012)
- IV. Decreto Presidencial Modificado para el PNSAV (aun no publicado, 2012. [http://207.248.177.30/mir/uploadtests/26268.131.59.1.Proyecto\\_Decreto%20Modificatorio%20PNSAV%2011-09-2012.pdf](http://207.248.177.30/mir/uploadtests/26268.131.59.1.Proyecto_Decreto%20Modificatorio%20PNSAV%2011-09-2012.pdf) (constl. Septiembre, 2012).
- V. Gobierno del estado de Veracruz, Veracruz Turismo, Veratur, Ecoturismo en Veracruz Sistema Arrecifal Veracruzano.  
[http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?\\_pageid=313,4308942&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?_pageid=313,4308942&_dad=portal&_schema=PORTAL) (constl. Enero, 2011)
- VI. Honduras Silvestre <http://www.hondurassilvestre.com/index.aspx> (constl, Enero de 2014)
- VII. Instituto Nacional de Ecología.  
<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/2/sav.html> (constl. Marzo, 2011).
- VIII. Instituto Tecnológico Superior de Calkiní en el Estado de Campeche, México.  
<http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r37351.PDF> (constl. Septiembre, 2011).
- IX. Marine Planktonic Copepods. <http://copepodes.obs-banyuls.fr/en/index.php>
- X. Marine Species, Identification Portal. <http://species-identification.org/index.php> (constl, septiembre, 2011)
- XI. Microscopy UK or their contributors. Micscape Magazine. Carter, R. T., Silicoflagellates (2007) Hebei Normal University, Shijiazhuang, China <http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/artjul07/rc-silicoflag.html> (constl. Mayo, 2011).
- XII. Phyto´pedia <http://www.eos.ubc.ca/research/phytoplankton>

- XIII. Plankton net. Wegener Alfred. Institute for Polar and Marine [http://planktonnet.awi.de/index.php?contenttype=image\\_details&itemid=35439#content](http://planktonnet.awi.de/index.php?contenttype=image_details&itemid=35439#content) (constl. Septiembre, 2011).
- XIV. Resource Database for Gulf of Mexico Research. <http://gulfbase.org/> (constl. Enero, 2014).

## ANEXO I

### Arreglo taxonómico del fitoplancton presente en el arrecife Santiaguillo, PNSAV.

Basado en algaeBase: <http://www.algaebase.org>

División: Cyanobacteria

Clase: Cyanophyceae Schaffner

Orden: Oscillatoriales T.Cavalier-Smith

Familia: Phormidiaceae K.Anagnostidis & J.Komárek

Género: *Trichodesmium* Ehrenberg ex Gomont

- *T. erythraeum* Ehrenberg ex Gomont
- *T. thiebautii* Gomont

División: Ochrophyta

Clase: Bacillariophyceae Haeckel

Orden: Bacillariales Hende

Familia: Bacillariaceae Ehrenberg

Género: *Nitzschia* Hassall

- *N. sp.* Hassall

Género: *Pseudo-nitzschia* H.Peragallo in H. & M. Peragallo

- *P. affinis delicatissima* (Cleve) Heiden
- *P. sp.* H.Peragallo in H. & M. Peragallo

Clase: Coscinodiscophyceae Round & R.M.Crawford

Orden: Biddulphiales

Familia: Biddulphiaceae Kützing

Género: Biddulphia S.F.Gray

- *B. sp.*Gray

Orden: Chaetocerotales Round & R.M.Crawford

Familia: Chaetocerotaceae Ralfs

Género: Bacteriastrum Shadbolt

- *B. delicatulum* Cleve
- *B. hyalinum* Lauder

Género: Chaetoceros Ehrenberg

- *C. atlanticus* Cleve
- *C. brevis* Shutt
- *C. coartatus* Lauder
- *C. curvisetus* Cleve
- *C. danicus* Cleve
- *C. decipiens* Cleve
- *C. dictyota* Ehrenberg
- *C. lorenzianus* Grunow
- *C. affinis pendulus* Karsten
- *C. pelagicus* Cleven
- *C. sp 1.* Ehrenberg
- *C. sp 2.* Ehrenberg

Orden: Coscinodiscales Round

Familia: Coscinodiscaceae Kützing, Kützing

Género: *Coscinodiscus* Ehrenberg

- *C. centralis* Ehrenberg
- *C. gigas* Ehrenberg
- *C. granii* Gough
- *C. wailesii*
- *C. sp. 1* Van Landingham
- *C. sp. 2* Van Landingham

Orden: Hemiaulales Round & R. M. Crawford

Familia: Hemiaulales Heiberg

Género: *Hemiaulus* Heiberg

- *H. hauckii* Grunow ex Van heurck
- *H. sinensis* Greville

Orden: Leptocylindrales Round & R.M.Crawford

Familia: Leptocylindraceae Lebour, Lebour

Género: *Leptocylindrus* Cleve

- *L. danicus* Cleve

Orden: Rhizosoleniales P.C.Silva

Familia: Rhizosoleniaceae De Toni

Género: *Guinardia* H.Peragallo

- *G. flaccida* (Castracane) H.Peragallo
- *G. striata* (Stolterfoth) Hasle

Género: *Rhizosolenia* Brightwell

- *R. bergonii* H.Peragallo
- *R. striata* Greville

Género: Pseudosolenia B.G.Sundström

- *P. calcar-avis* (Schultze) B. G. Sundström

Orden: Thalassiosirales

Familia: Thalassiosiraceae Hasle

Género: Thalassiosira Cleve

- *T. sp.* Cleve

Orden: Triceratiales Round & R.M.Crawford

Familia: Triceratiaceae (Schütt) Lemmermann

Género: Odontella C.Agardh

- *O. chinensis* (Greville) Grunow
- *O. sp* C.Agardh

Clase: Dictyochophyceae P.C.Silva

Orden: Dictyochales Haeckel

Familia: Dictyochaceae Lemmermann

Género: Dictyocha

- *D. fibula* Ehrenberg

Clase: Fragilariophyceae Rund

Orden: Fragilariales P.C. Silvia

Familia: Fragilariaceae Greville

Género: Asterionellopsis Round

- *A. glacialis* (Castracane) Round

Orden: Thalassionematales Round

Familia: Thalassionemataceae Round

Género: *Thalassionema* Grunow ex Mereschkowsky

- *T. nitzschiodes* (Grunow) Mereschkowsky

División: Dinophyta

Clase: Dinophyceae F. E. Fritsch

Orden: Dinophysiales Kofoid

Familia: Dinophysaceae Bürschli

Género: *Ornithocercus* Stein

- *O. sp.* Stein

Orden: Gonyaulacales F. J. R. Taylor

Familia: Ceratiaceae Kofoid

Género: *Neoceratium* F. Gómez, D. Moreira & P. López-García

- *N. breve* (Ostenfeld & Schmidt) Schroder
- *N. carriense* Gourret
- *N. extensum* (Gourret) Cleve-Euler
- *N. furca* (Ehrenber) Claparède & Lachmann
- *N. lineatum* (Ehrenberg) Cleve
- *N. macroceros* (Ehrenberg) Vanhoffen
- *N. masiliense* var. *armatum* (G. Karst.) Jörg
- *N. pentagonum* Gourret
- *N. trichoceros* (Ehrenberg) Kofoid
- *N. tripos* (O. F. Müller) Nitzsch
- *N. vultur* Cleve

Familia: Protoceratiaceae Lindemann

Género: Ceratocorys Stein

- *C. gourreti* Paulsen
- *C. horrida* Stein

Orden: Peridinales Haeckel

Familia: Protoperidiniaceae J.P.Bujak & E.H.Davies

Género: Protoperidinium Bergh

- *P. divergens* (Ehrenberg) Balech

Orden: Pyrocystales Apstein

Familia: Pyrocystaceae (Schütt) Lemmermann

Género: Pyrocystis Haeckel

- *P. sp.* Haeckel

División: Chlorophyta

Clase: Chlorophyceae Wille

Orden: Sphaeropleales Luerssen

Familia: Scenedesmaceae Oltmanns

Género: Scenedesmus Meyen

- *S. sp* Meyen

**Arreglo taxonómico del zooplancton presente en el arrecife Santiaguillo, PNSAV.**

Basado en: Boltovskoy D. y Marine Species, Identification Portal. <http://species-identification.org/index.php>

Reino: Protozoa

Filo: Ciliophora

Clase: Spirotrichea

Orden: Tintinnida

Familia: Xystonellidae

Género: Favella

- *F. ehrenbergi* Claparède & Lachmann

Familia: Codonellidae

Género: Tintinnopsis Stein

Filo: Granuloreticulosa

Clase: Foraminifera

Orden: Globigerinida

Famillia: Candeinidae

Género: Globigerinita Bronnimann

Familia: Globorotaliidae

Género: Globorotalia Cushman

Reino: Chromista

Filo: Sarcodina

Clase: Actinopoda

Subclase: Radiolaria

Orden: Spumellaria

Familia: Actinommidae

Género: Actinomma Haeckel

Reino: Animalia

Filo: Rotifera

Clase: Eurotatoria

Orden: Ploima

Familia: Trichocercidae

Género: Trichocerca Lamarck

Filo: Cnidaria

Clase: Hydrozoa

Orden: Siphonophoroae

Familia: Diphyidae

Género: Muggiaea

- *M. atlántica* Cunningham

Filo: Annelida

Clase: Polychaeta

Orden: Phyllodocida

Familia: Isopilidae Bergström

Lopadorrhynchidae Claparède

Typhloscolecidae Uljanin

Género: Typhloscolex Busch

Filo: Arthropoda

Subfilo: Crustacea

Clase: Branchiopoda

Orden: Diplostraca

Familia Polinidae

Género: Evadne Lov n

Clase: Malacostraca

Orden: Amphipoda

Familia: Caprellidae

Género: Caprella Lamarck

Orden: Euphausiidae

Familia: Euphausiidae

Género: Euphausia Dana

Clase: Maxillopoda

Orden: Calanoida

Familia: Acartiidae

Género: Acartia Dana

Familia: Paracalanidae

Género: Acrocalanus Giesbrecht

Orden: Harpacticoida

Familia: Miraciidae

Género: Macrosetella

- *M. gracilis* Dana

Orden: Sessilia

Familia: Balanidae

Género: Amphibalanus Pitombo

Filo: Bryozoa

Filo: Chaetognatha

Clase: Sagirroidea

Orden: Apherogastera

Familia: Sagittidae

Género: Sagitta

- *S. enflata* Grassi

Filo: Chordata

Clase: Appendicularia

Orden: Copelata

Familia: Oikopleuridae

Género: Oikopleura Lohmann

Subfilo: Vertebrata

Clase Pisces

Filo: Echinodermata

Clase: Ophiuroidea

Orden: Ophiurida

Familia: Amphiuroidae

Género: Amphiuroides

Filo: Mollusca

Clase: Bivalvia

Clase: Gastropoda

Orden: Neptaeinoglossa

Familia: Cerithiopsidae

Género: Cerithiopsis Forbes & Hanley

## ANEXO II

### Fitoplancton

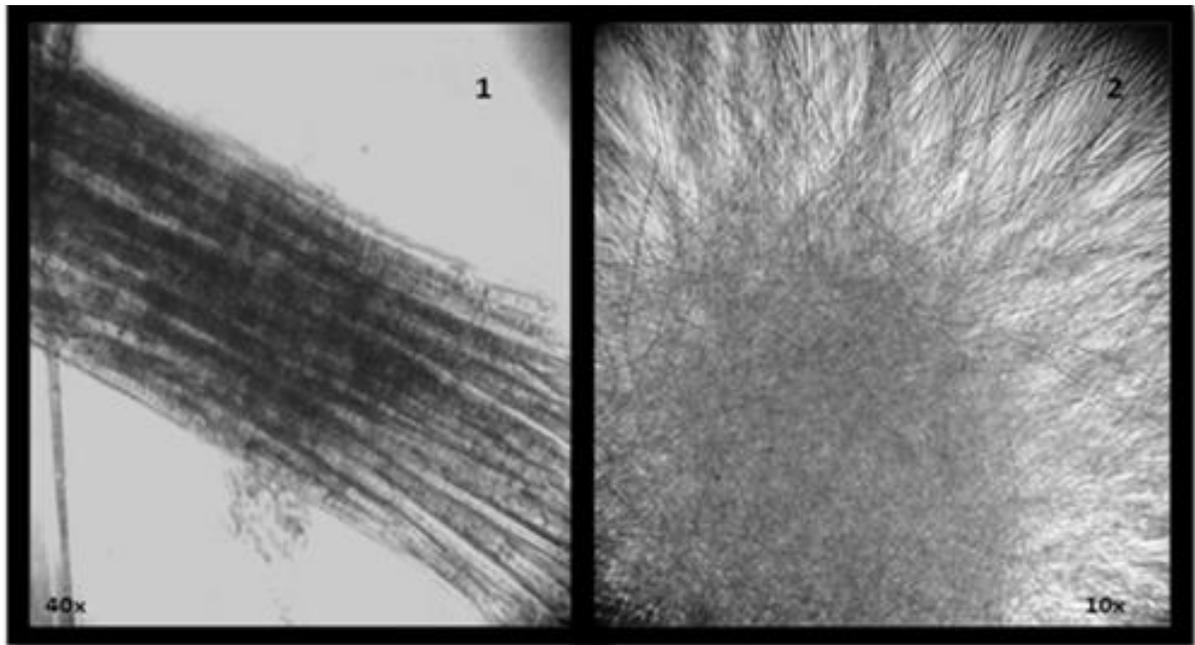


Lámina 1. *Trichodesmium erythraeum* (1), *T. thiebautii* (2).

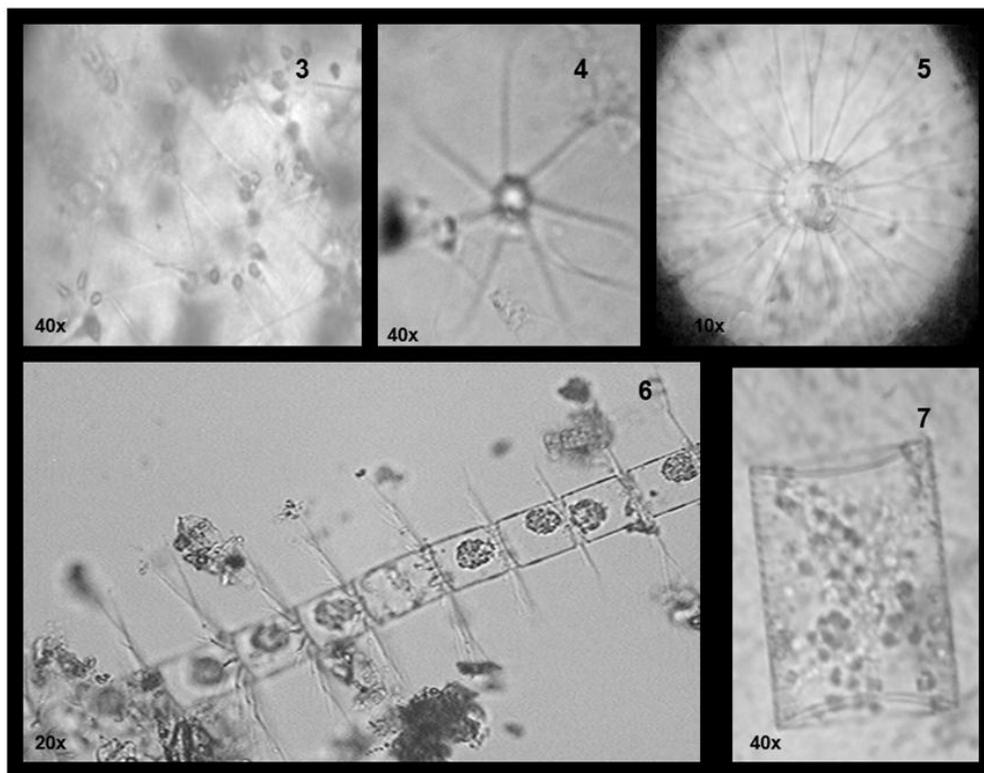


Lámina 2. *Asterionellopsis glacialis*(3), *Bacteriastrium delicatulum*(4) *B. hyalinum*(5-6) *Biddulphia* sp. (7).

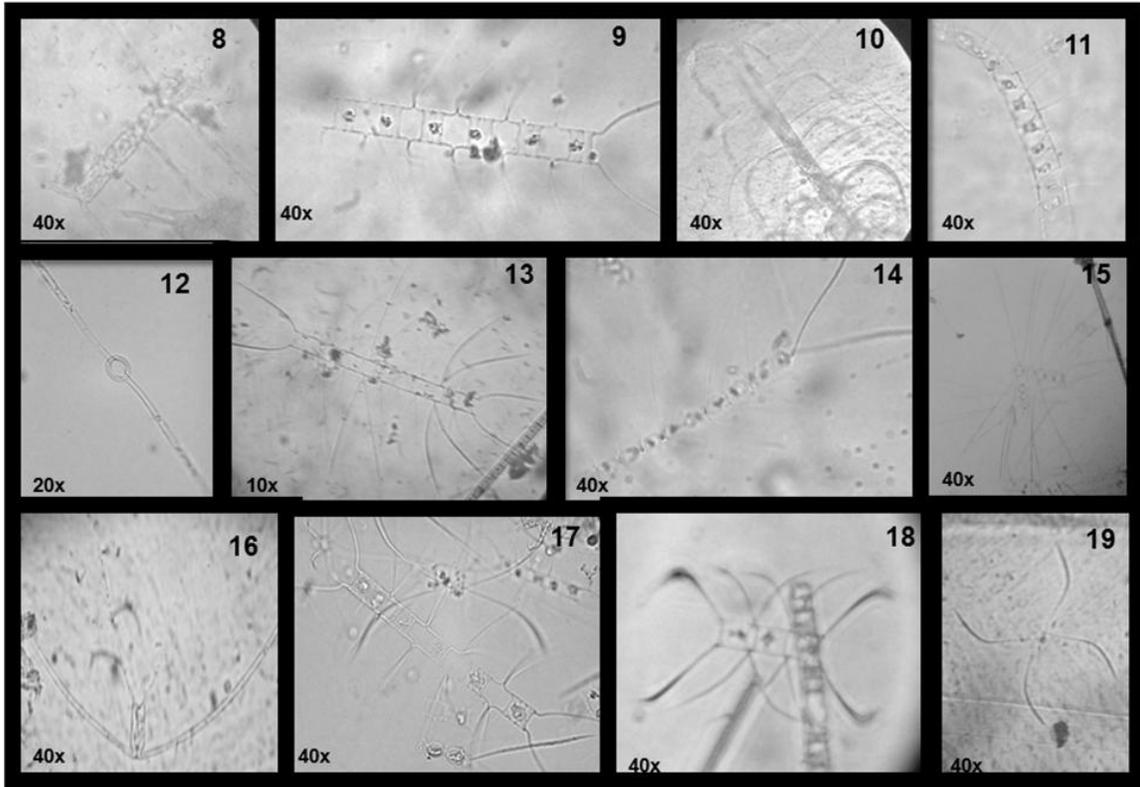


Lámina 3. *Chaetoceros atlanticus* (8) *C. brevis* (9) *C. coartatus* (10) *C. curvisetus* (11) *C. danicus* (12) *C. dictaeta* (13) *C. decipens* (14) *C. lorenzianus* (15) *C. affinis pendulus* (16) *C. pelagicus* (17) *C. sp. 1* (18) *C. sp. 2* (19).

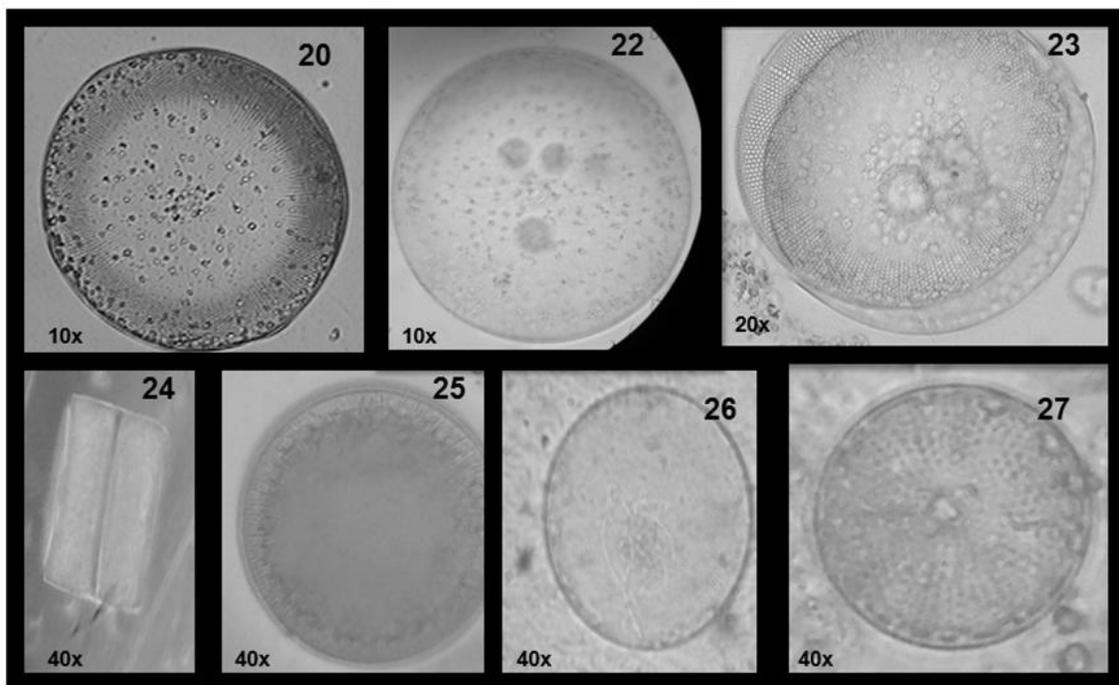


Lámina 4. *Coscinodiscus centralis* (20) *C. gigas* (22) *C. granii* (23) *C. walesii* (24) *C. sp. 1* (25) *C. sp. 2* (26) *Thalassiosira sp.* (27).

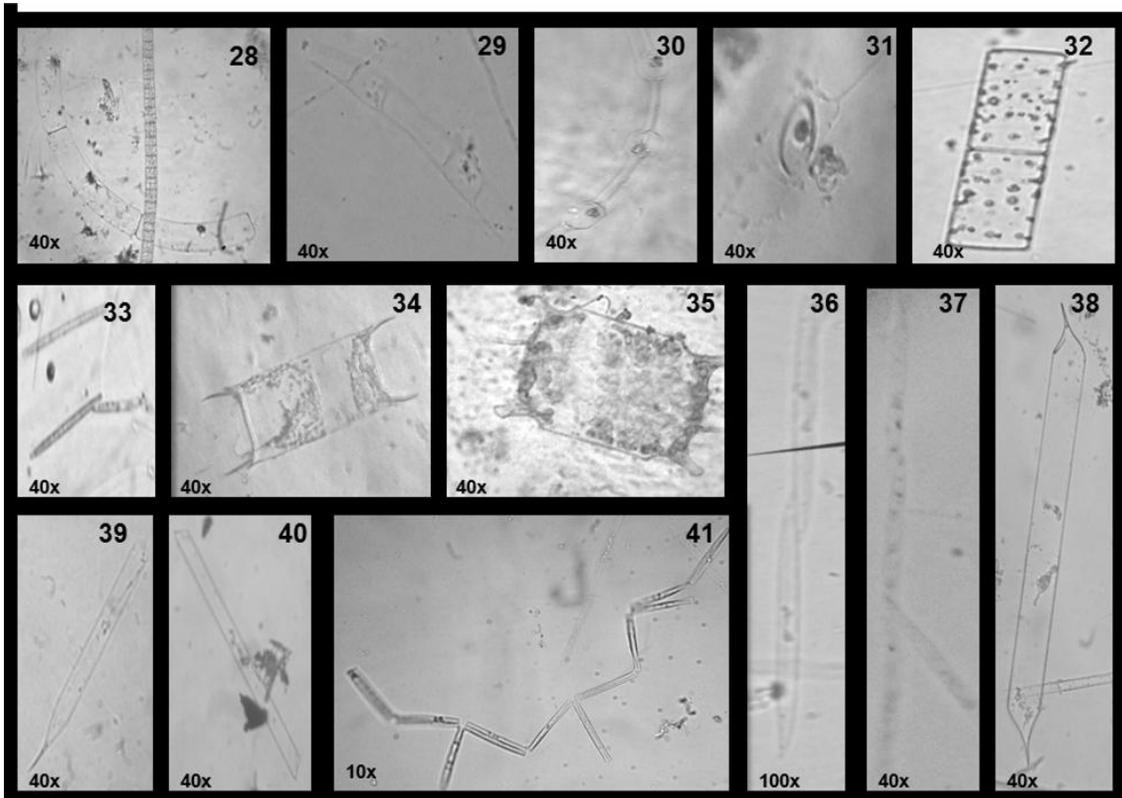


Lámina 5. *Guinardia striata* (28) *Hemiaulus hauckii* (29) *H. sinensis* (30) *H. sp.* (31) *Leptocylindrus danicus* (32) *Nitzschia sp.* (33) *Odontella chinensis* (34) *O. sp.* (35) *Pseudo-nitzschia affinis delicatissima* (36) *Pseudo-nitzschia sp.* (37) *Pseudosolenia calcar avis* (38) *Rhizosolenia bergoni* (39) *R. striata* (40) *Thalassionema nitzschioides* (41).

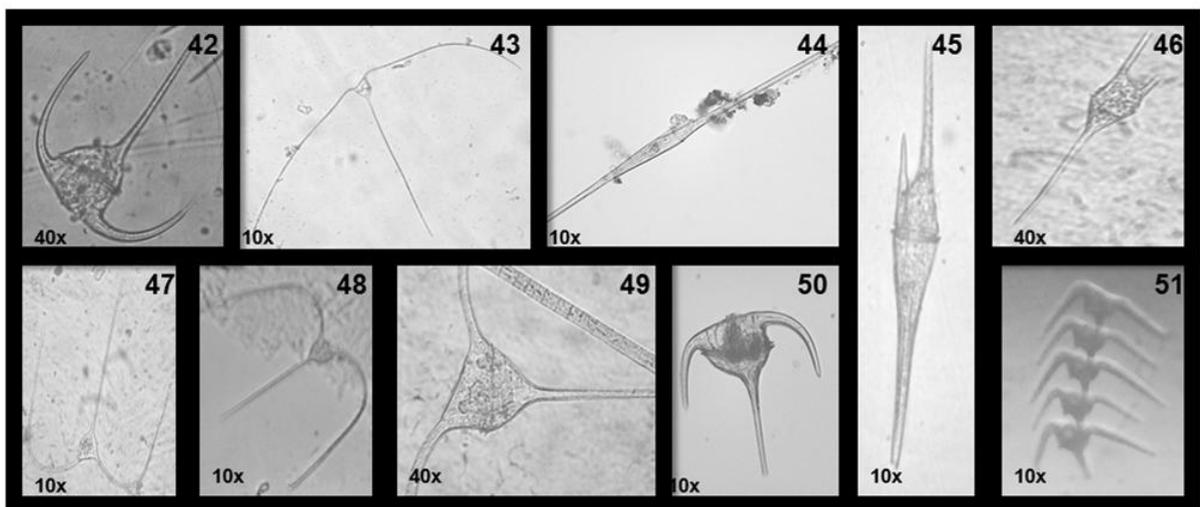


Lámina 6. *Ceratium breve* (42) *C. carriense* (43) *C. extensum* (44) *C. furca* (45) *C. lineatum* (46) *C. macroceros* (47) *C. masiliense var. armatum* (48) *C. trichoceros* (49) *C. tripos* (50) *C. vultur* (51).

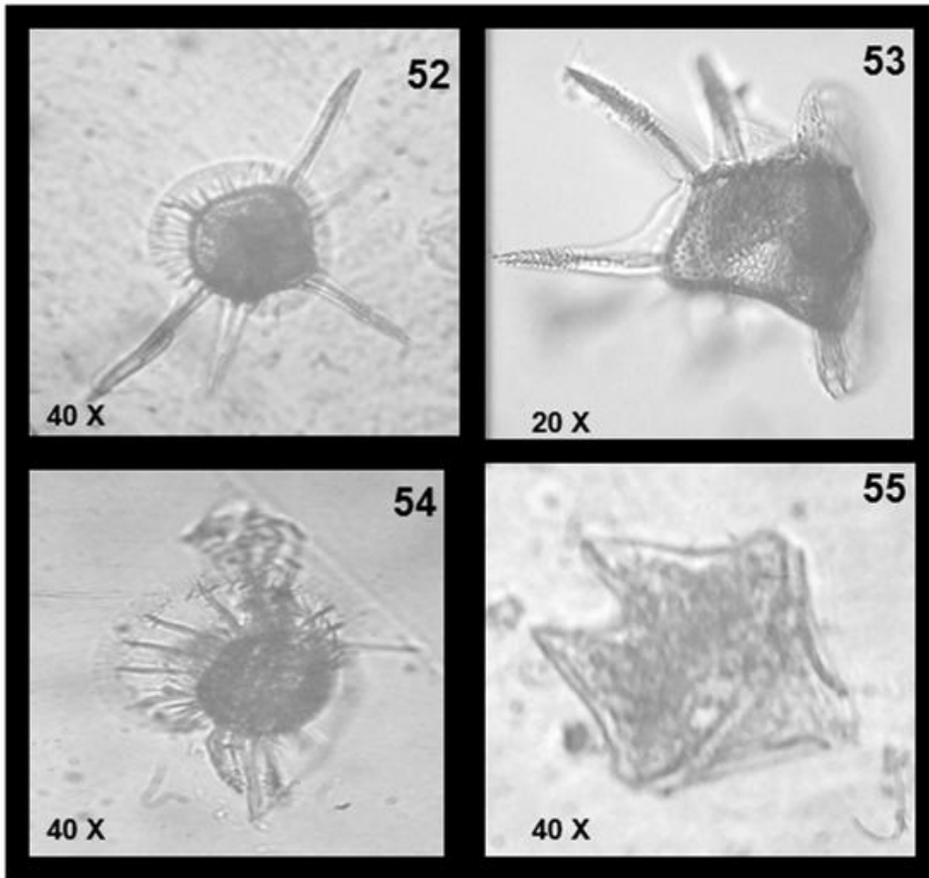


Lámina 7. *Ceratacorys goureti* (52) *C. horrida* (53) *Ornithocercus* sp. (54) *Protoveridinium divergens* (55).

## Zooplankton

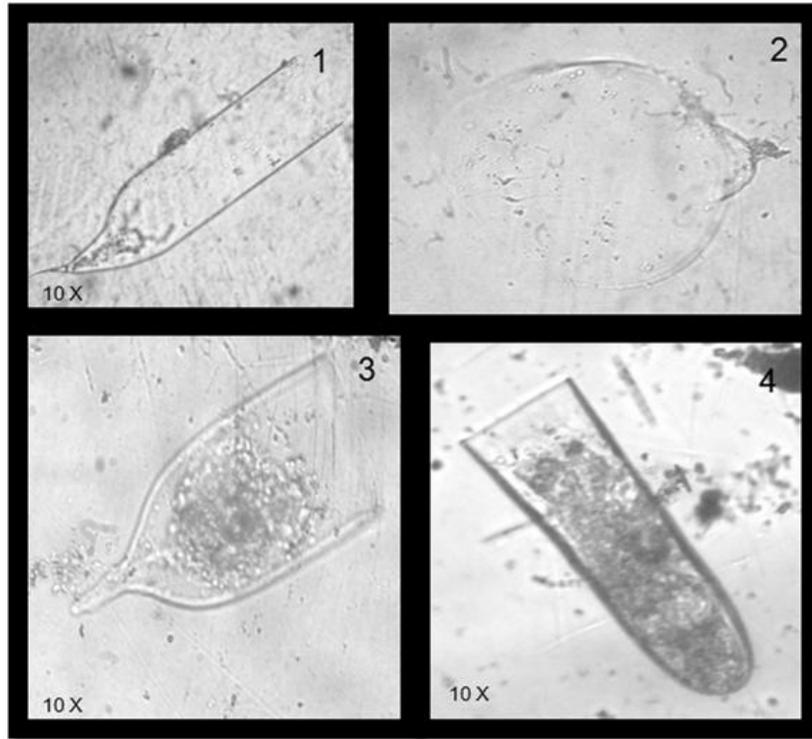


Lámina 8. Tintinnido (1), Tintinnido (2), *Favella ehrenbergi* (3), *Tintinnopsis* sp. (4)

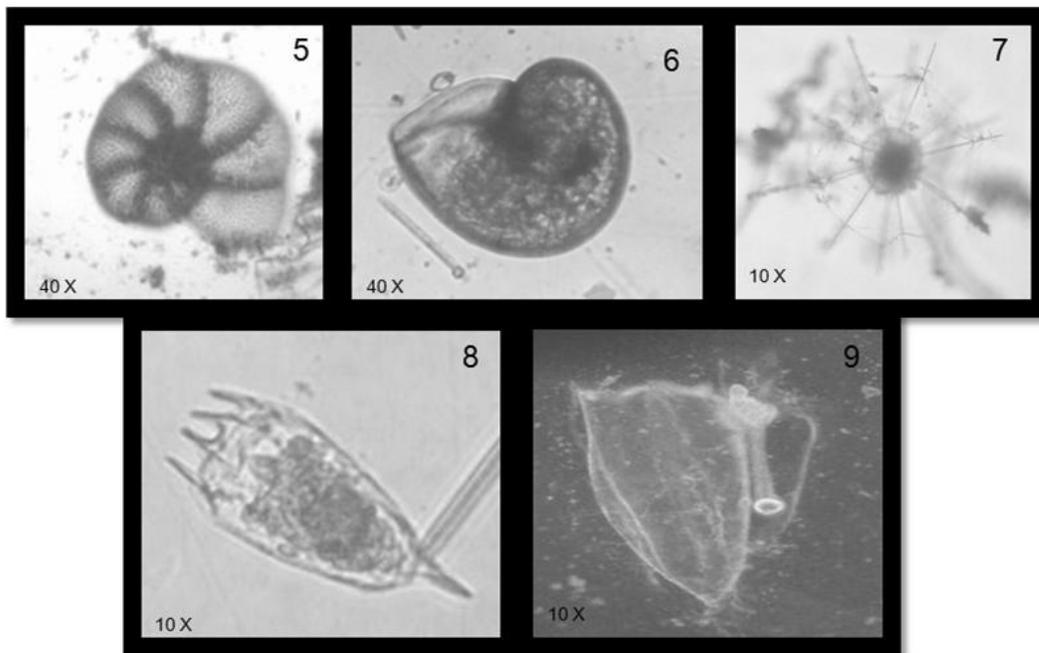


Lámina 9. *Globigerinita* sp. (5), *Globigerinita* sp. (6), *Actinomma* sp. (7), *Trichocerca* sp. (8), *Muggiaea atlántica*(9).

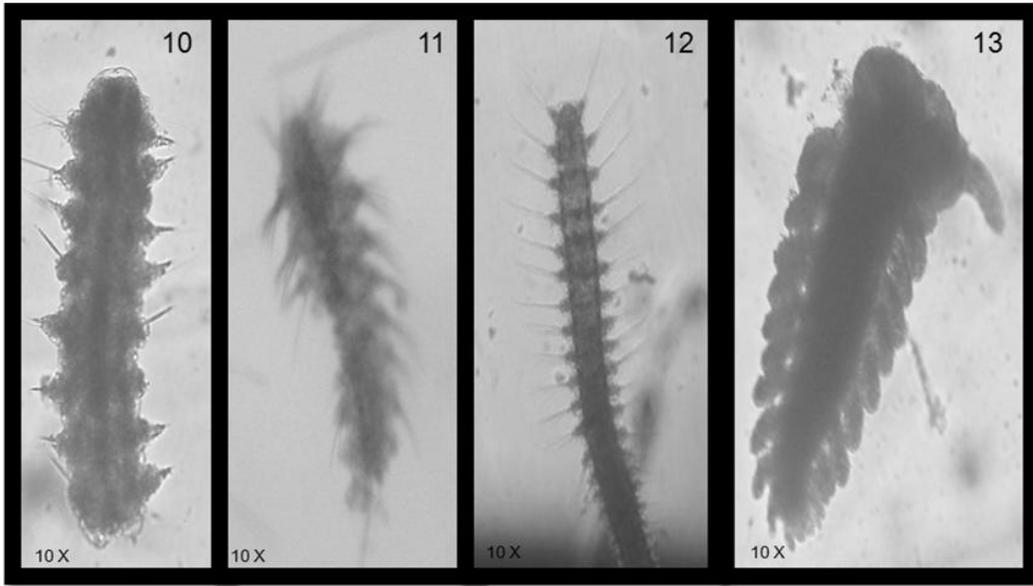


Lámina 10. Familia: Isopilidae (10) , Famlia: Lopadorrhynchidae (11-12), *Typhloscolex sp.* (13).

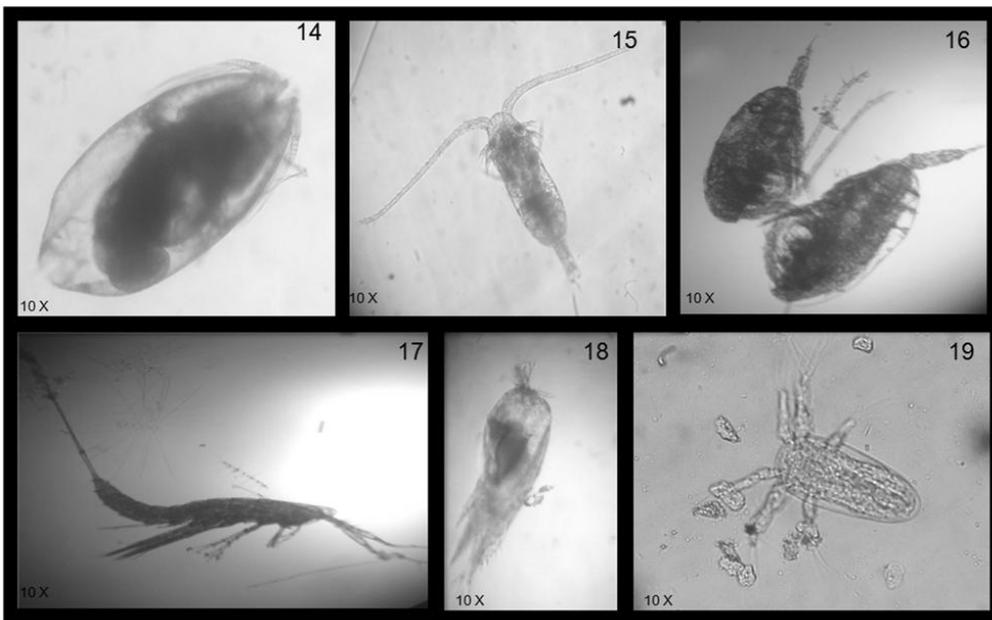


Lámina 11. *Avadne sp.* (14). *Acartia sp.*(15) *Acrocalanus sp.* (16) *Macrosetella gracilis* (17), *Amphibalanus sp.* (18), Larva nauplio (19).

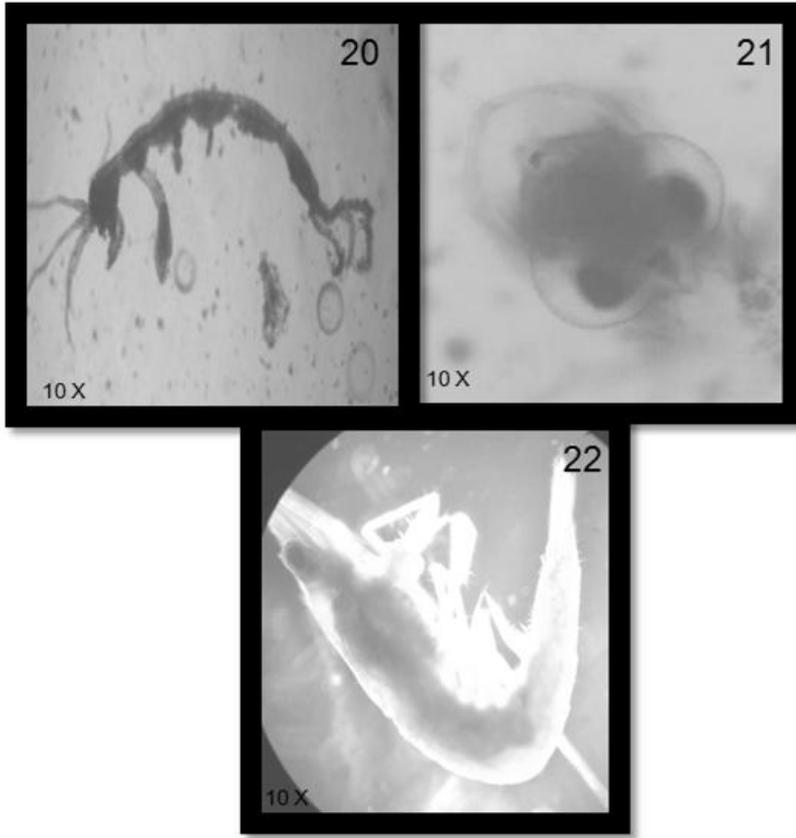


Lámina 12. *Caprellas* sp. (20), Larva zoea de Decápoda (21), *Euphausia* sp. (22).

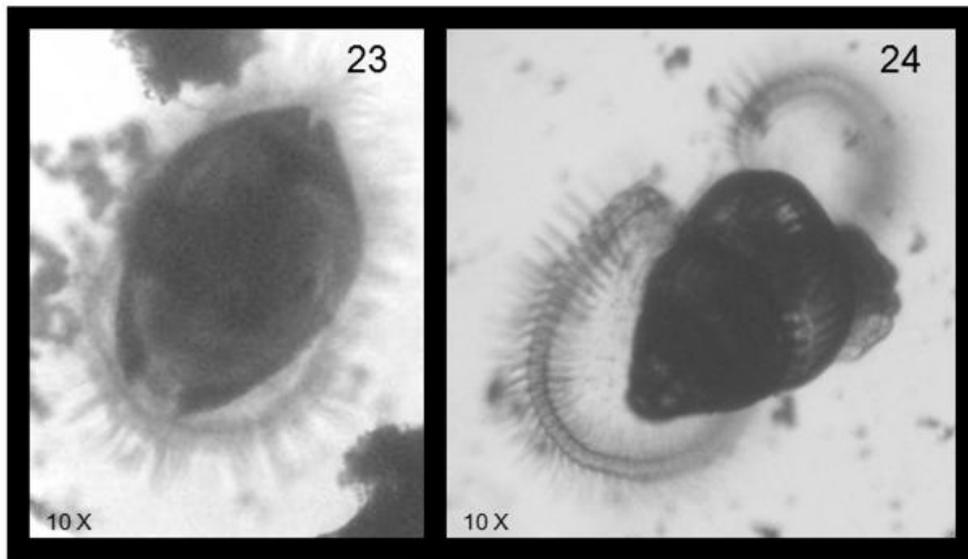


Lámina 13. Larva Veliger (Bivalvo) (23), Larva Veliger de Cerithiopsis (24).

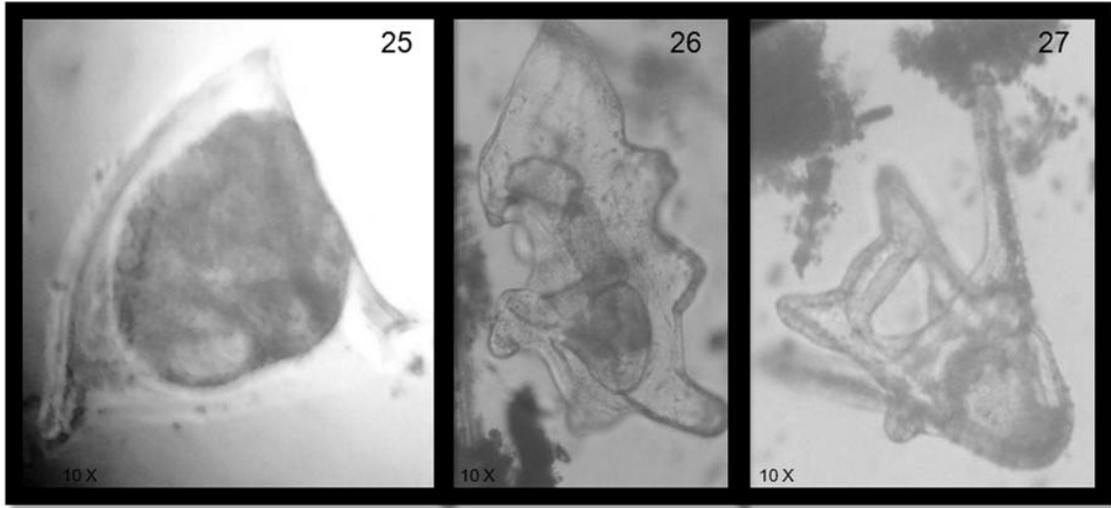


Lámina 14. Larva de *Cyphonautes* (25), Larva Bipinnaria de *Asteroideos* (26), Larva de *Amphiura sp.*(27).

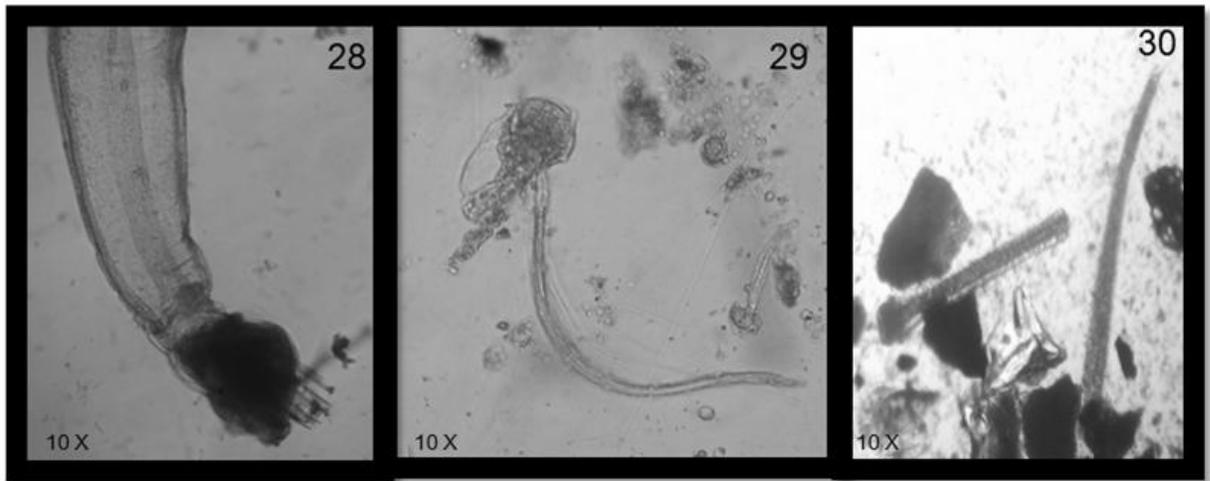


Lámina 15. *Sagitta enflata* (28), *Okiopleura sp.* (29), Larvas de peces (30).

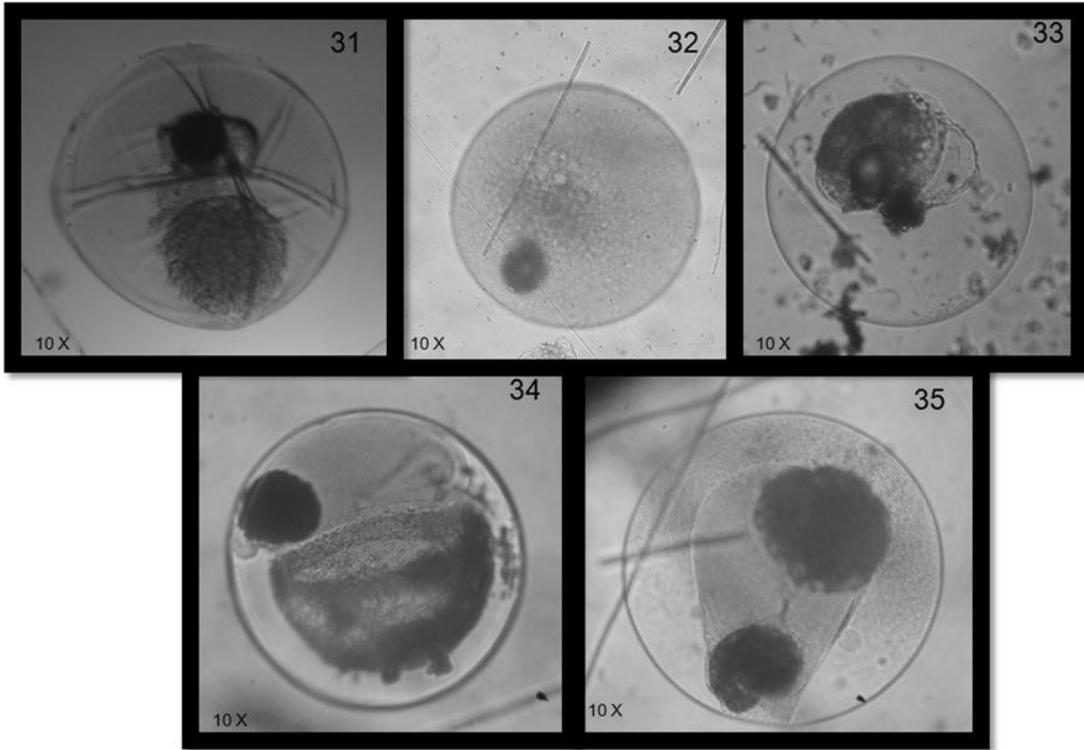


Lámina 16. Huevos de diferentes grupos del zooplancton (31-35).