



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

El género *Chaetoceros* en zonas de playa, mar y
arrecife dentro del Sistema Arrecifal
Veracruzano.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

PRESENTA:

HERNÁNDEZ GONZÁLEZ JOSÉ ANDRÉS ALEJANDRO

Directora de TESIS:
BIÓL. ANGÉLICA ELAINE GONZÁLEZ SCHAFF
Ecología Marina

México D.F.

Abril 2016



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 historia de las ciencias nos demuestra que las teorías son perecederas. Con cada nueva verdad revelada, tenemos una mejor comprensión de la naturaleza y nuestras concepciones, y puntos de vista, se modifican.”

Nikola Tesla

AGRADECIMIENTOS

En la Conclusión de este trabajo de tesis debo agradecer de manera especial:

En primer lugar a mi directora de tesis la Biól. Angélica Elaine González Schaff que su experiencia, consejos, su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable.

A mis sinodales Dr. Guillermo Artemio Blancas Arroyo, Dr. Antonio Valencia Hernández Biol. Roció Espitia Licea y Biol. Ernesto Constanzo Casillas. Gracias por darme las ideas para plasmarlas en la tesis, las críticas para poder tener una visión objetiva del mismo y recomendaciones que ayudaron a mejorar aspectos poco pulidos, además del tiempo que me han dedicado para leer este trabajo, sus comentarios correcciones y palabras de aliento fueron importantes en gran medida tanto para el término de la tesis como para mi desarrollo personal.

Gracias a Ángela, mi pareja, que sin su apoyo no lo hubiera podido lograr solo pues muchas veces, el desánimo, la pérdida del entusiasmo y todo lo que tiende a pasar cuando las cosas no se nos están dando como queremos nos hace claudicar a un paso de llegar a la meta.

A los amigos que tuve desde el primer día que empecé la carrera hasta el último que de una manera u otra siempre estuvieron apoyándome, dándome ánimo y compartiendo muchísimas experiencias en la universidad y fuera de ella.

A mis profesores de cada materia que curse ya que son a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia, enseñanzas y su muy particular modo de comunicar la información.

Con la mayor gratitud por los esfuerzos realizados para que yo lograra terminar mi carrera profesional siendo para mí la mejor herencia. A mi madre que es el ser más bondadoso y sensible que conozco. Gracias por el apoyo, tu cariño y comprensión que desde niño me has brindado. A mi padre, que ha creído en mí y me ha educado de la mejor manera que ha podido, enseñándome a esforzarme y a tener la fuerza de voluntad para no abandonar mis objetivos.

Finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad a la que llamo hogar y gracias a todas las personas que fueron participes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, gracias a todos ustedes, su aporte se verá reflejado en la culminación de mi paso por la universidad.

“Después de todo, ¿qué es un científico entonces? Es un Hombre curioso que mira a través del ojo de una cerradura, la cerradura de la naturaleza, tratando de saber qué es lo que sucede.”

Jacques Yves Cousteau

ÍNDICE

RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	
MARCO TEORICO	11
JUSTIFICACIÓN	13
HIPÓTESIS	13
OBJETIVOS	14
ANTECEDENTES	15
AREA DE ESTUDIO:	17
MÉTODO	20
RESULTADOS	24
Descripción de especies.....	25
Proporción anual del género <i>Chaetoceros</i>	38
Densidad anual del género <i>Chaetoceros</i>	39
Análisis estadístico.....	42
Índices de diversidad.....	44
Variables ambientales en las estaciones.....	46
Análisis de componentes principales.....	48
DISCUSIÓN	50
CONCLUSIONES	57
BIBLIOGRAFÍA	58

INDICE DE FIGURAS

1. Planos y ejes de Chaetoceros.....	11
2. Vista cingular Chaetoceros.....	12
3. Mapa del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.....	17
4. Morfología de Chaetoceros.....	20
5. Diagrama de Olmstead-Tukey.....	23
6. <i>Ch. affinis</i>	25
7. <i>Ch. atlanticus</i>	25
8. <i>Ch. brevis</i>	26
9. <i>Ch. coarctatus</i>	26
10. <i>Ch. compressus</i>	27
11. <i>Ch. contortus</i>	27
12. <i>Ch. curvisetus</i>	28
13. <i>Ch. danicus</i>	28
14. <i>Ch. debilis</i>	29
15. <i>Ch. decipiens</i>	29
16. <i>Ch. didymus</i>	30
17. <i>Ch. diveresus</i>	30
18. <i>Ch. fircellatus</i>	31
19. <i>Ch. lanciniosus</i>	31
20. <i>Ch. lorenzianus</i>	32
21. <i>Ch. messanensis</i>	32
22. <i>Ch. pelagicus</i>	33
23. <i>Ch. peruvianus</i>	33
24. <i>Ch. protuberans</i>	34
25. <i>Ch. rostratus</i>	34
26. <i>Ch. subtilis</i>	35
27. <i>Ch. teres</i>	35
28. <i>Ch. tortissimus</i>	36
29. <i>Ch. tetrastichon</i>	36
30. <i>Chaetoceros</i> sp.....	37
31. <i>Chaetoceros</i> sp.....	37

INDICE DE TABLAS

1. Tabla de índices de diversidad.....	44
2. Tabla OImstead-Tukey clasificación de la ocurrencia temporal.....	45

INDICE DE GRAFICAS

1. Proporción anual del género Chaetoceros dentro del fitoplancton.....	38
2. Porcentaje de las 24 especies de Chaetoceros encontradas en el año.....	38
3. Gráfica de densidad anual del género en la playa.....	39
4. Gráfica de densidad anual del género en mar.....	39
5. Gráfica de densidad anual del género en arrecife.....	39
6. Proporción anual en playa.....	40
7. Proporción anual en mar.....	40
8. Proporción anual en arrecife.....	40
9. Porcentaje de cada especie en playa.....	40
10. Porcentaje de cada especie en mar.....	41
11. Porcentaje de cada especie en arrecife.....	41
12. Gráfico caja y bigotes de las 3 zonas.....	42
13. Gráfica de densidades en los meses.....	42
14. Gráfica de OImstead-Tukey.....	44
15. Parámetros de la zona de muestreo en playa.....	47
16. Parámetros de la zona de muestreo en mar.....	47
17. Parámetros de la zona de muestreo en arrecife.....	47
18. Análisis de componentes principales en playa.....	49
19. Análisis de componentes principales en mar.....	50
20. Análisis de componentes principales en arrecife.....	51

RESUMEN

Se realizó una campaña de muestreo bimensual del género *Chaetoceros* a lo largo de un ciclo anual en 3 sitios del Sistema Arrecifal Veracruzano con una red de fitoplancton de cono reducido de 80 μm obteniendo así su proporción en el total del fitoplancton, así como el número de especies y su clasificación de acuerdo a su ocurrencia temporal además de la comparación de las estaciones mediante índices de diversidad α y β en las 3 zonas, también se obtuvo su densidad anual en cada una de las zonas denominadas playa, mar (zona con propiedades e influencias marinas) y arrecife, las cuales a su vez tuvieron diferencias en cuanto a las especies presentes así como su densidad. El valor más alto para playa fue de 10 135 692 org/m³, en mar fue menor, con 71 829 org/m³ y en arrecife, con 12 931 org/m³. En la estación de arrecife la especie con mayor porcentaje fue *Ch. peruvianus* con 19%, *Ch. decipiens* con 15%, *Ch. affinis* 15%, *Ch. diversus* 14%, y *Ch. contortus* con 10%, cabe mencionar que la especie *Ch. decipiens* fue constante y ocupó un porcentaje mayoritario en las 3 zonas durante este estudio. En la estación de playa *Ch. compressus*, *Ch. lancinosus*, y *Ch. decipiens* fueron los que destacaron con los porcentajes mayoritarios de 41, 19 y 13% respectivamente. Para la estación mar el 28% y 27% se reparte entre *Ch. peruvianus* y *Ch. compressus* y con el 11% *Ch. decipiens*. El catálogo consta de 24 especies, las cuales se clasificaron en el diagrama Olmstead-Tukey, teniendo así 8 especies dominantes, 4 fueron ocasionales, 2 fueron constantes y 10 raras. Una de las especies dominantes fue *Ch. lancinosus* que fue la que registró una máxima densidad con 6.3×10^6 org/m³, la que registró la segunda mayor densidad con 2.5×10^6 org/m³ fue la especie ocasional *Ch. compressus* y las 3 especies que se clasificaron como constantes son las que tienen la mayor frecuencia de aparición y también mayor densidad, estas fueron: *Ch. peruvianus*, con 159×10^3 org/m³ *Ch. decipiens* 284×10^3 org/m³ y *Ch. diversus* 361×10^3 org/m³. La zona más diversa en cuanto a la diversidad alfa fue la de arrecife, ocupando el segundo lugar la de mar y en ultimo la de playa.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el conocimiento que se tiene sobre la ecología de las microalgas puede ser poco abundante y limitado a algunas zonas en comparación a otro tipo de organismos, a pesar de que las especies que forman parte del fitoplancton tienen una gran importancia dentro de las cadenas tróficas como productoras de oxígeno, bioindicadoras y hasta depuradoras de contaminación. Debido a esto el fitoplancton marino ha sido enfatizado en diversas obras en todo el mundo, ya que es responsable de más de 45% de la producción primaria neta del planeta (Falkowsky *et al.*, 2004; Simon *et al.*, 2009). Algunos autores han mencionado que las diatomeas (Bacillariophyta), los dinoflagelados (Dinoflagellata), las Haptophyta y las algas verdes (Chlorophyta) podrían contar aproximadamente por el 40, 40, 10 y 6% de las especies de eucariotas presentes en el fitoplancton marino actual, mientras que la suma de otros grupos contribuiría un 2% (Simon *et al.*, 2009), aunque existe información adicional indicando una mayor diversidad de diatomeas en el fitoplancton marino, con cerca de 5 000 especies (Katz *et al.*, 2004).

El sistema arrecifal veracruzano, declarado como área natural protegida denominada Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) con aprox. 52,000 ha, es la zona que cuenta con estudios científicos diversos, pero los estudios sobre la floraficológica de los arrecifes coralinos veracruzanos no son abundantes, su creación obedeció primordialmente a la necesidad de proteger y conservar un sistema arrecifal único en el Golfo de México el cual cuenta con un importante potencial científico, económico, educativo, pesquero, histórico, turístico y cultural, pero que se encuentra bajo una intensa presión antropogénica debido al desarrollo aledaño de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río (Hinojosa, 2004). Este sistema está formado por 17 arrecifes de los cuales 11 se localizan frente a Antón Lizardo y el resto enfrente del puerto de Veracruz (Gutiérrez *et al.*, 1993). De estos arrecifes Santiaguillo es una de las 12 plataformas emergentes tipo arrecifes que forman el Sistema Arrecifal Veracruzano sur.

El proyecto está enfocado en 3 sitios cuyas zonas de muestreo son diferentes entre sí, una es la playa, un entorno inestable que expone a las plantas y animales que lo habitan a condiciones dinámicas, siempre cambiantes. Sin embargo, esos patrones cíclicos diarios y estacionales proporcionan a numerosos organismos vegetales y animales una fuente de alimentación y refugio. Los ecosistemas de las playas arenosas están cada vez más expuestos a una gran variedad de impactos antropogénicos como son la contaminación, extracción de arena, explotación de especies costeras e infraestructura (Silvester y Shu, 1993).

Los arrecifes de coral que son ecosistemas tropicales someros que se localizan entre las latitudes 30°N y 30°S (Veron, 2000), pero, su desarrollo depende de varios factores

como: alta transparencia del agua, baja carga de sedimentos, temperaturas altas y poco variables (promedio anual > 20°C), así como una dinámica constante del oleaje para favorecer una alta concentración de oxígeno (Chávez e Hidalgo, 1988; Tunell Jr. *et al.*, 2007).

Y por último las condiciones en mar abierto tienen las influencias de las corrientes marinas y un oleaje más intenso. Destacamos su composición, salinidad media de mares y océanos que es de 35 gr/l (3,5%), puede variar con la profundidad y la latitud (latitudes bajas presentan aguas cálidas mientras que latitudes altas aguas frías), y el contenido de oxígeno disueltos en el agua son los mismos que componen el aire libre, pero en diferentes proporciones, condicionadas por la aportación atmosférica y diversos factores (CONABIO, 2011).

El estudio de uno de los grupos que genera interés por su composición y estacionalidad del cual no se dispone de información en la zona, es el fitoplancton, el cual se compone de seres vivos de origen vegetal que viven flotando en la columna de agua, y cuya capacidad natatoria no logra nunca superar la inercia de las mareas, las olas, o las corrientes, juega un papel fundamental en los procesos biogeoquímicos de diversos elementos, debido a que incorpora y transforma rápidamente elementos inorgánicos dentro de formas orgánicas, generando la materia orgánica requerida para el desarrollo y crecimiento de los heterótrofos, incluyendo bacterias, zooplancton y animales bentónicos (Cloern, 1996). Conformando una parte del fitoplancton se encuentran las diatomeas que son el principal componente de éste. Se estima que las diatomeas son responsables del 40% de la producción marina total de carbono, y llega a constituir hasta un 70% del total del fitoplancton, (Norton 1996).

De los grupos de microalgas utilizadas en acuicultura, se distinguen las diatomeas centrales, ya que han demostrado ser un buen alimento (Brown *et al.*, 1997). Por su uso obligado en muchos laboratorios de producción de larvas para acuicultura, el cultivo de *Chaetoceros sp.* y de otras microalgas representa un esquema cotidiano, formulado y mecánico en el cual se conjugan aspectos relacionados con un manejo inconsistente y variable que disminuye la calidad bioquímica sostenible, que al final se traduce en el valor nutricional (Bustillos-Hurtado y López-Elias, 1994).

Dentro de las diatomeas el género *Chaetoceros* constituye uno de los grupos importantes del fitoplancton marino debido a su gran número de especies Rines y Hargraves (1986) cita cerca de 400 especies con numerosas variedades y formas con una amplia distribución (Navarro, 1982) destacando su presencia en aguas turbulentas y nutritivas (Margalef, 1974). El género *Chaetoceros* fue descrito por primera vez por Ehrenberg en 1844. *Chaetoceros* es una diatomea planctónica de aguas saladas y generalmente marina que junto con *Coscinodiscus* y *Thalassiosira* se consideran como los géneros planctónicos marinos con mayor diversidad de especies y distribución más amplia (Rines y Hargraves 1988).

Chaetoceros se agrupa formando colonias lineares o helicoidales. En vista cingular, los individuos de este género muestran un contorno rectangular, mientras que la vista valvar, permite distinguir un perfil circular o elíptico. El género *Chaetoceros* es destacado por su uso frecuente en la alimentación de larvas de camarones peneidos con la especie *Chaetoceros muelleri*. Sin embargo algunas especies del género *Chaetoceros* con setas grandes y robustas, como *Ch. danicus*, mecánicamente le puede hacer daño a las branquias de los peces; también pueden formar colonias mucilaginosas como *Ch. socialis*, y causar letargo y muerte de los peces. (Clement y Lembeye 1993, Horner *et al.*, 1997, Fryxell y Hasle 2004, Smayda 2006, en <http://www.scribd.com>).

La clasificación taxonómica de diatomeas de Medlin y Kaczmarska (2004) tiene como aporte a las anteriores clasificaciones el haber tomado en cuenta datos genéticos del ARN ribosomal de algunas especies. Esto ha llevado a que la mayoría de los grupos taxonómicos dentro de las diatomeas sean más o menos artificiales, y a pesar del esfuerzo de Medlin y Kaczmarska (2004), todavía dista mucho de existir una taxonomía filética en este grupo de organismos. Para este caso el género está actualmente en la división *Bacillariophyta*, dentro de la subdivisión *Bacillariophytina*, cuya Clase es *Mediophyceae*, dentro de la subclase *Chaetocerotophycidae* y en el Orden *Chaetocerotales*, donde pertenece a la Familia *Chaetocerotaceae*.

La determinación de las especies en este trabajo se basó principalmente en las siguientes características: formación de la colonia, tamaño y forma de la célula, naturaleza de los espacios intercelulares (ventanas), medida del eje apical, morfología y orientación de las setas según el criterio utilizado por Hargraves (1979).

MARCO TEORICO

Las diatomeas se caracterizan por la presencia de una pared celular o frústula compuesta de sílice; la cual se divide en una parte superior (epiteca) y una parte inferior (hipoteca). La estructura y ornamentación de la frústula son la base de la clasificación de las diatomeas (Hasle y Fryxell, 1997).

Las diatomeas se clasifican de manera general de acuerdo a la forma de la frústula, pueden ser diatomeas céntricas o pennadas. En general, las diatomeas suelen ser microscópicas, aunque las hay de hasta 2 milímetros de longitud; las podemos encontrar de manera individual o agrupadas en colonias formando largas cintas, estrellas, abanicos, etc.; o unidas a algún otro tipo de algas o fitoplancton.

Las Diatomeas céntricas Presentan una clara simetría radial, ordenada en relación a uno o varios puntos centrales en la valva (parte superficial de la frústula), de manera que encontramos diatomeas con frústulas circulares, triangulares o poligonales. Al contrario de las diatomeas pennales, las diatomeas centrales nunca presentan rafe, y por consecuencia son diatomeas inmóviles por lo general. Algunas presentan espinas y apéndices externos, que les permiten mantenerse flotando véase figuras 1 y 2.

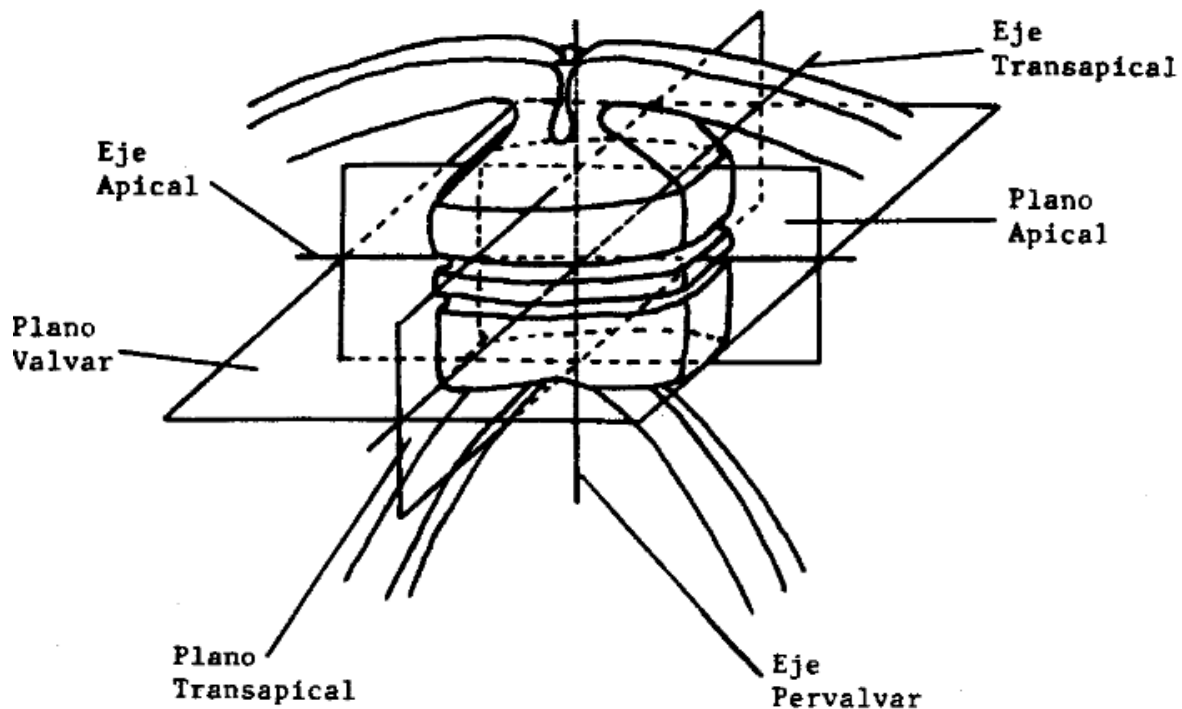


Figura 1. Planos y ejes de *Chaetoceros*, Zamudio M. E. (1988)

El género *Chaetoceros* junto con *Coscinodiscus* y *Thalassiosira* se consideran los géneros planctónicos marinos con mayor diversidad de especies y distribución más amplia (Rines y Hargraves 1988, Jensen y Moestrup 1998).

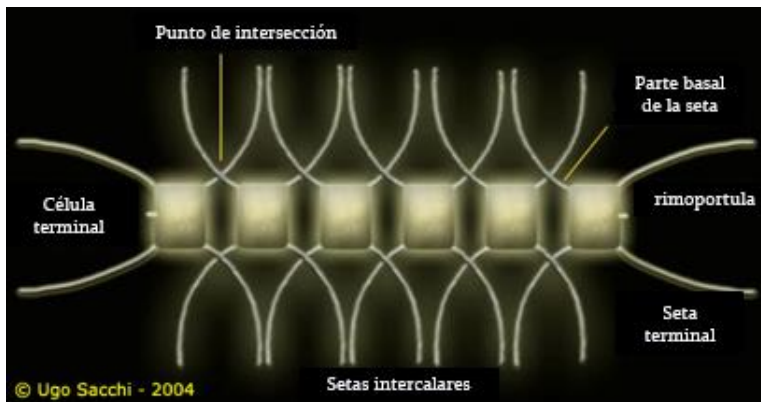


Figura 2 vista cingular *Chaetoceros*

recientemente por Rines y Hargraves (1988) y Rines y Theriot (2003), ya que hay muchas inconsistencias.

En cuanto a su distribución se ha visto que la mayoría de las especies muestran preferencia por latitudes templadas y tropicales, con florecimientos en época de lluvias (Allen, 1925; Hasle, 1986)

Afloramientos producidos por varias especies *Chaetoceros* son consideradas dañinas, algunas especies con largas y robustas setas como *Ch. convolutus*, *Ch. concavicornis* *Ch. danicus*, puede dañar mecánicamente branquias de los peces (Clément y Lembeye 1993, Horner *et al.*, 1997, Fryxell y Hasle 2004, Smayda 2006). Los afloramientos comprenden hasta 25 especies las cuales pueden ser dominantes en el plancton durante semanas por lo que son un componente integral de la ecología de los mares (Rines y Theriot, 2003) desde el punto de vista de las investigaciones en pesquerías algunos miembros de la familia *Chaetocerotaceae* son importantes como alimento para muchos organismos en el plancton (Hendey, 1964).

Debido a la gran diversidad morfológica del género, que tiene una complicada clasificación en tres subgéneros y más de veinte secciones (Ostenfeld 1903, Gran 1908, Hernández-Becerril y Flores Granados 1998, Rines y Theriot 2003). Este sistema de clasificación ha sido cuestionado

JUSTIFICACIÓN

El género *Chaetoceros* forma parte de los importantes del fitoplancton marino debido a su gran número de especies según Rines y Hargraves (1964), además de ser un género ampliamente utilizado en la acuicultura como alimento de etapas larvianas de organismos marinos de interés comercial como el camarón, por tal razón, la finalidad que se le da a este trabajo es el aporte de información acerca de la ficología de la zona, en especial la composición y abundancia de especies del género *Chaetoceros* del cual no hay trabajos previos que se enfoquen en la riqueza de dicho género para el Sistema Arrecifal Veracruzano, asimismo, se elaboró un catálogo con fotografías de las especies que se encontraron y la distribución conocida, de ésta manera servirá como una guía práctica de referencia a los estudiantes de la Fes Zaragoza que incursionen en el estudio de los componentes del fitoplancton.

HIPÓTESIS

Si sabemos que el género *Chaetoceros* es reconocido como uno de los más grandes en cuanto a número de especies y formas, e importante dentro de las diatomeas marinas, entonces se espera encontrar una diferente proporción, composición, diversidad y abundancia dentro del fitoplancton de las 3 zonas donde la mayor abundancia se espera en la playa debido a su constante aporte de nutrientes, mayor diversidad en el arrecife al ser una zona con mayor estabilidad y menor influencia de corrientes, así como una menor proporción en el mar, debido a las corrientes y mayor profundidad que lo hacen ser poco productivo a comparación de las anteriores.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Determinar la composición, diversidad y proporción del género *Chaetoceros* en 3 zonas del PNSAV a lo largo de un ciclo anual.

OBJETIVOS PARTICULARES:

- ❖ Cuantificar la proporción que ocupa el género *Chaetoceros* en el total del fitoplancton y en las zonas a lo largo de un ciclo anual.
- ❖ Determinar los organismos y elaborar el Catálogo de las especies presentes de *Chaetoceros* en las 3 zonas del PNSAV.
- ❖ Comparar la diversidad encontrada en las 3 zonas con los índices de α y β
- ❖ Analizar a que variables pudieran estar asociadas las especies encontradas en las 3 estaciones.

ANTECEDENTES

Los estudios del fitoplancton del Golfo de México son escasos y han sido realizados en su mayoría por instituciones extranjeras, en lo referente al género *Chaetoceros*.

Uno de los trabajos destacados y que se centran en este género es el de Rines y Hargraves, (1988) en el que hacen un compendio de la composición florística del género *Chaetoceros*, y aunque el trabajo previo en la bahía de Narragansett, Rhode Island, U.S.A, ha reportado un total de quince especies, en este fueron cuarenta especies, y algunas variedades también fueron identificadas. Presentando descripciones y esquemas.

Por su parte Shevchenko, *et.al.*, (2003), hacen la composición cualitativa y cuantitativa de *Chaetoceros* Ehr. que fue estudiada en Amursky Bay (Mar de Japón) donde encontró un total de 30 especies, 1 variedad y 1 forma de este género. El género *Chaetoceros* se produjo en el plancton durante todo el año a una temperatura del agua de -1,8 a 25 ° C y una salinidad de 11-35 ‰. Se encontraron seis especies dominantes y 1 variedad de *Chaetoceros*. El números de especies variaron entre 100 y 1 071 000 células / L. Los números fueron máximos en verano y mínimos al comienzo de la primavera. Las especies de *Chaetoceros* tuvieron un porcentaje de 5-18% (invierno), 65-95% (primavera), el 50% (en verano), y el 20% (otoño) de los números totales y biomasa de fitoplancton.

Posteriormente Shevchenko *et.al.*, (2006), reportan un total de 33 taxones de *Chaetoceros* entre 1991 y 2004 desde el fitoplancton en Peter the Great bay en la parte noroeste del mar de Japón. Su Distribución, ilustraciones y descripciones de diagnóstico están previstos para todos los 33 taxones de *Chaetoceros* del área de estudio.

En este contexto internacional, Tabassum y Saifullah, (2010) Informa la presencia de 17 especies de *Chaetoceros* incluyendo dos variedades, desde el mar Arábigo al noroeste de Pakistán y alrededores del mar profundo, *Ch. coarctatus* fue la especie más común y más frecuente, seguida por *Ch. messanensis* y *Ch. lorenzianus*, mientras que otras eran raras. La diversidad de especies máxima ocurrió durante la temporada del monzón.

Al respecto para América del sur Sunesen, *et.al.*, (2008) realizan una investigación donde se estudió la morfología, taxonomía y distribución de las especies pertenecientes al género *Chaetoceros* encontradas en aguas costeras marinas de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Veinte taxa fueron encontrados, identificados, descritos, ilustrados y comparados con los taxa más allegados; La mayoría de los taxa apareció esporádicamente en todas las estaciones de campo y no se encontraron diferencias en la distribución espacial de las especies.

Dentro de las investigaciones en el Golfo El-Sayed *et.al.*, (1972) realizan una recopilación de las investigaciones hechas por varios autores y ellos mismos sobre la producción primaria y biomasa fitoplanctónica, de 1944 a 1967 para todo el Golfo de México en diversas expediciones y con diferentes épocas, donde de las 918 especies de diatomeas encontradas, 62 especies corresponden al género *Chaetoceros*.

Años después Krylov, (1974), en sus estudios de distribución y biocenosis de fitoplancton en el Banco de Campeche cita 25 especies del género *Chaetoceros*. En otros estudios realizados en la región adyacente a la Bahía de Campeche cabe destacar a López y Borrero (1977), Popowski (1982) y Borrero (1984), con 23, 21 y 18 especies respectivamente tratando aspectos tanto de distribución como de densidad de fitoplancton en la plataforma cubana. Posteriormente Ruiz, (1988) hizo un estudio en la bahía de Campeche donde determinó 26 especies de *Chaetoceros* incluyendo 2 formas, las especies con mayor frecuencia fueron *Ch. lorenzianus*, *Ch. compressus*, *Ch. pendulus*, *Ch. diversus*, *Ch. peruvianus*, *Ch. pelagicus* y *Ch. didymus*, y las especies con menor frecuencia presentan una distribución dispersa a excepción de *Ch. affinis* y *Ch. brevis* que tienen una mayor concentración entre Tuxpan y Veracruz.

Al respecto Cárdenas, (1992) reporta para una zona marina del sureste del golfo de México 22 especies de *Chaetoceros* y su abundancia así como índices de diversidad aplicados al género cuya abundancia mayoritaria se reporta en áreas aledañas a la costa con 3 especies que destacaron ; *Ch. curvisetus*, *Ch. pelagicus* y *Ch. lorenzianus*.

Así mismo Orduña, (2012) en su tesis de distribución y abundancia del fitoplancton nocivo en la zona costera de Tuxpan, Veracruz, del porcentaje de las familias encontradas, los géneros más representativos fueron: *Protoperidinium* con 41 especies, *Chaetoceros* con 33 especies, *Rhizosolenia* con 15 especies, *Ceratium* con 12 especies, *Pediastrum* con 10 especies, y finalmente los géneros *Nitzschia* y *Coscinodiscus* con nueve cada uno. En una instancia más actual Góngora, (2014) en su tesis hecha en el arrecife Santiaguillo, reportó 23 géneros de fitoplancton en los que destaca el género *Chaetoceros* como uno de los más abundantes y se ha reportado un total de 10 especies cuyo máximo se registra en julio con salinidad de 20-30 ups y temperatura de 22 a 29°C.

AREA DE ESTUDIO:

La zona de estudio está localizada en el estado de Veracruz. En el cual se encuentra el **PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO (PNSAV)** (Fig.3).

Este sistema es uno de los más importantes en México por su tamaño y el número de especies. El Sistema Arrecifal Veracruzano está formado por bajos, islas y arrecifes situados en la porción interna de la plataforma continental en el Golfo de México, los cuales se elevan desde profundidades cercanas a los 40 m. El sistema incluye dos áreas geográficamente separadas, la primera se localiza enfrente del Puerto de Veracruz e incluye a los arrecifes Gallega, Galleguilla, Anegada de Adentro, La Blanquilla, Isla Verde, Isla de Sacrificios, Pájaros, Hornos, Ingeniero y Punta Gorda, todos dentro de la isóbata de los 37 m. La segunda área se ubica frente a Punta Antón Lizardo, a unos 20 km al suroeste del Puerto de Veracruz, e incluye los siguientes arrecifes: Giotte, Polo, Blanca, Punta Coyol, Chopas, Enmedio, Cabezo, el Rizo, Santiaguillo, Anegada de Afuera, Anegadilla y Topatillo, todos ellos en la isóbata de los 48 m. (DOF, 2000).

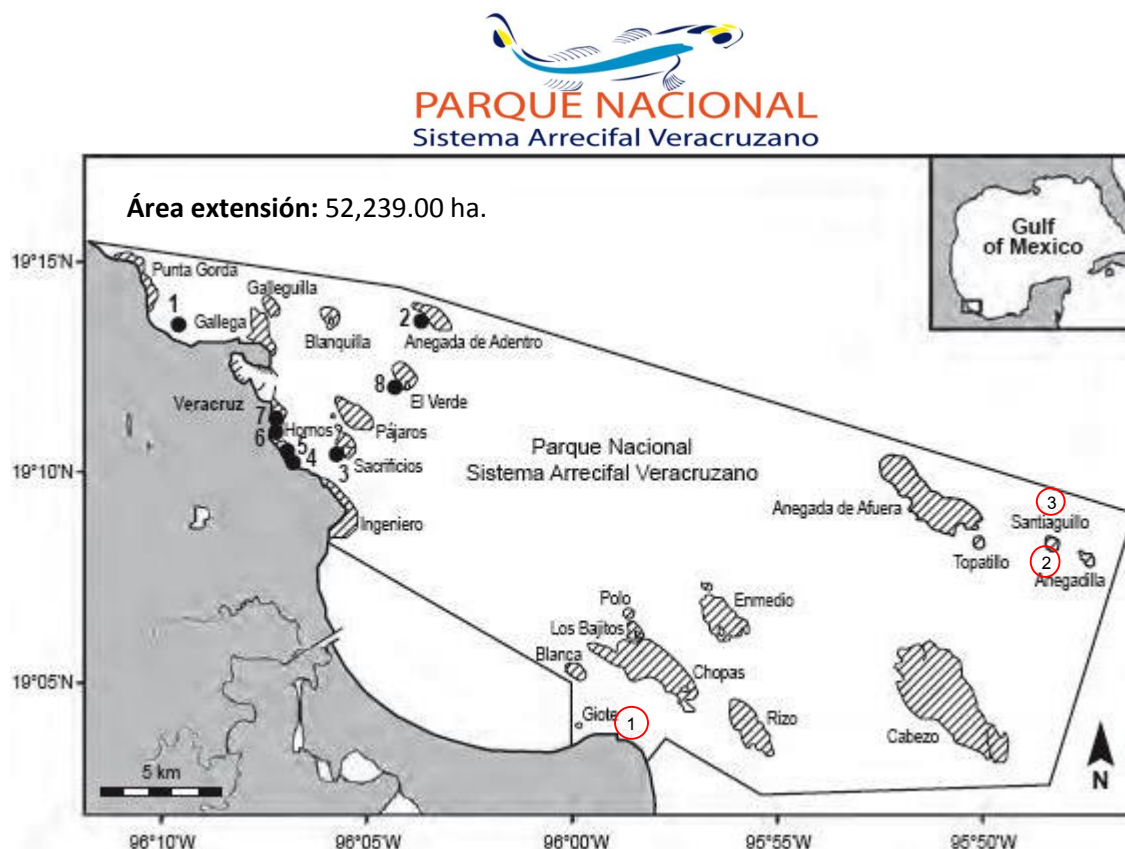


Figura 3. Mapa del Área Natural Protegida Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Coordenadas de mar Se muestran las estaciones de muestreo: 1) playa 19° 3'47.79"N, 95°59'32.65"O, 2) arrecife 19°9'0" N y 95°48'0" O, 3) mar 19° 8'31.00"N, 95°48'15.02"O.

El clima del parque es cálido-húmedo con lluvias en dos épocas bien marcadas: la de nortes, de menor precipitación, que se presenta de septiembre a abril, con temperatura baja y frecuentes invasiones de masas de aire frío del norte: éstas, por su fuerza, pueden ser desde vientos frescos hasta violentos y huracanados. La época de lluvias se presenta de mayo a agosto, con temperaturas elevadas, alta precipitación y vientos débiles del este. La 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. Además de que en la región de Veracruz los frentes fríos en invierno, llamados "nortes", son más importantes para los arrecifes que los huracanes, pues afectan la temperatura del agua. En los últimos 30 años, sólo dos huracanes han impactado el ambiente de manera leve. (DOF, 2000).

El arrecife está construido en un banco de restos bioclásticos calcáreos de materiales coralinos pertenecientes al Pleistoceno reciente, y es producto del descenso en el nivel del mar, asociado a la última glaciación (Emery, 1963, en Vargas-Hernández *et al.*, 1993).

La principal característica física común entre los arrecifes de Veracruz es su posición y forma, y su alargamiento en el sentido noroeste a sureste debido a la dirección del oleaje. Las lagunas arrecifales, delimitadas por las barreras coralinas de las aguas profundas, rara vez exceden los 2 m y en general conservan un promedio de 1 m. (DOF, 2000).

A pesar de su cercanía a la costa y desembocaduras de ríos importantes como el Jamapa y el Papaloapan, no se han observado variaciones significativas en la salinidad de las áreas arrecifales.

La plataforma continental del Golfo de México es un área de alta sedimentación terrígena debido a la gran cantidad de ríos que descargan en la zona. A pesar de ello se pueden encontrar algunas estructuras arrecifales en áreas dispersas. Los arrecifes que componen el sistema se encuentran delimitados por los ríos La Antigua al norte y Papaloapan al sur. La desembocadura del río Jamapa divide al sistema en dos áreas, 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.

Los arrecifes de Veracruz se han descrito como de tipo plataforma, y presentan dos formas de desarrollo: una es alargada en sentido noroeste-sureste y otra en semicírculo con la misma orientación. Se caracterizan por tener pendientes en barlovento y en sotavento. La pendiente de sotavento presenta un desarrollo arrecifal notable. Cada arrecife difiere en complejidad topográfica, cantidad de carbonato de calcio, depositado, riqueza de especies y cobertura viva (DOF, 2000).

Uno de los rasgos relevantes de las costas de Veracruz lo constituye el drenaje fluvial producto de la desembocadura de los ríos Pánuco, Tuxpan, Cazones, Tecolutla, Nautla, Actopan, La Antigua, Jamapa, Blanco, Papaloapan, Coatzacoalcos y Tonalá. Éstos determinan en gran medida las características sedimentarias de la plataforma continental y la diversidad biológica que se manifiesta en una amplia gama de ecosistemas costeros y una gran riqueza de especies.

La zona marina del estado de Veracruz presenta, a diferentes profundidades, masas de agua definidas por sus características de salinidad, temperatura y oxígeno disuelto. Es importante resaltar que hasta el momento no se conoce la existencia de una zona de hipoxia, con concentraciones bajas de oxígeno (< 2.0 mg/l), frente a las costas del estado, como ocurre en el norte del Golfo de México en la desembocadura del río Mississippi. Otro rasgo importante en la zona marina es que existe una fuerte estacionalidad de las corrientes de agua, ya que van al sur en el periodo de septiembre a marzo, y hacia el norte en el periodo de mayo a agosto, con un periodo de transición de marzo a abril y de agosto a septiembre (CONABIO 2011).

Vegetación y flora: Ésta se puede dividir en terrestre, compuesta por diversas especies de pastos, arbustos y unas cuantas especies arbóreas como la casuarina y las palmas; y la vegetación acuática, compuesta por pastos marinos como *Thalassia testudina* y una enorme variedad de especies de algas. La flora del sistema presenta 28 especies; la mayor severidad ambiental que afecta al Golfo de México limita la presencia de algunas especies por lo que la diversidad vegetal es relativamente pobre.

En Isla Verde se conocen 26 especies de plantas incluyendo las especies estabilizadoras de la arena *Pandanus* sp. y *Randia laetevirens*, así como *Tournefortia gnaphalodes* y *Agave angustifolia*; en el borde más extremo se encuentra *Euphorbia buxifolia* y *Sesuvium portulacastrum*. En la superficie del islote La Blanquilla se han identificado *Tournefortia gnaphalodes*, *Sesuvium portulacastrum*, *Ipomoea stolonifera* e *I. litoralis* (Lot-Helgueras, 1971).

Fauna: Una de las características más importantes de esta área es el desarrollo de varias especies de corales pétreos los cuales, a su vez, 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.

El 29 de noviembre de 2012, para beneficiar la ampliación del Puerto de Veracruz, el Gobierno federal dio a conocer un decreto en el Diario Oficial de la Federación mediante el cual modifica el polígono del Parque Marino Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano que se estableció en 1992 como Área Protegida y La incrementa de 52 mil a 65 mil hectáreas (verdebandera.com.mx).

MÉTODO

TRABAJO DE CAMPO

Se realizó una campaña de muestreo bimensual a lo largo de un ciclo anual en 3 sitios:

- Muestreo en arrecife Santiaguillo ubicado en las coordenadas: 19° 8'32.92"N, 95°48'33.78"O.
- Una zona con influencia de mar abierto ubicado en las coordenadas 19° 8'31.00"N, 95°48'15.02"O a la que se le denominara Mar.
- Zona de playa en las costas de Antón Lizardo: 19° 3'47.79"N, 95°59'32.65"O, Veracruz.

Cada sitio Georreferenciado con un GPS GARMIN ETREX y las condiciones ambientales anotadas.

Se tomó visibilidad al disco de Secchi, para evaluar la penetración de luz (Margalef, 1967) seguido de esto, se tomaron dos tipos de muestras, una fue para la medición de parámetros, tomada con una botella Van Dorn marca Wildco con capacidad de 3 L en cada sitio.

Se tomaron los siguientes parámetros del agua:

- Oxígeno disuelto con un oxímetro marca HANNA H19142,
- Conductividad y salinidad con un multifactores marca Tracer Pockertester,
- El pH con un potenciómetro pH-009(I)A,
- Temperatura con termómetro de inmersión 0-50°C.

La otra muestra se tomó en cada estación utilizando una red de plancton de cono reducido con una abertura de malla de 80 µm a través de un arrastre de duración de un minuto a velocidad mínima del motor de la lancha (1m/s). Posterior al arrastre, el agua filtrada se vertió en un frasco de 50 ml fijando con formol al 4% para su transporte. (Ferrario *et al.*, 2010).

TRABAJO DE LABORATORIO

Para determinar las especies presentes se utilizó el microscopio óptico binocular marca Carl ZEISS. Con un microscopio invertido marca Olympus modelo IX70 se hizo el recuento de organismos, utilizando cámaras de sedimentación de 50 ml (Vollenweider, 1974).

El análisis cuantitativo del fitoplancton, consistió en realizar un inventario de los taxones y un recuento de los individuos presentes de cada taxón. Para ello se realizó una visualización previa de la muestra, antes de iniciar el recuento, con la finalidad de

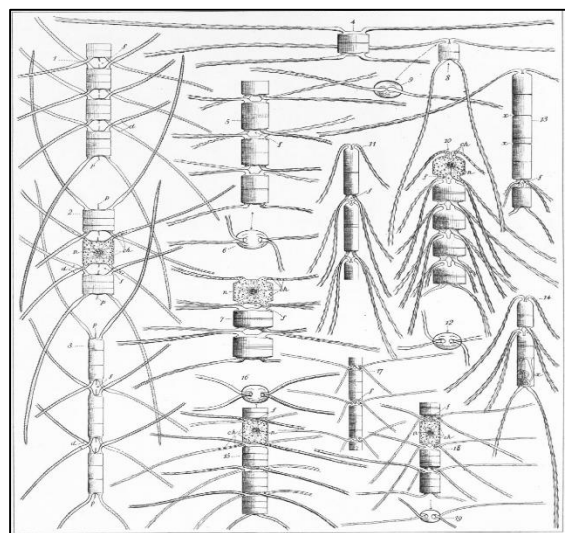


Figura 4. Morfología de Chaetoceros (tomado de www.marinespecies.org).

confeccionar una lista de los taxones presentes en la muestra, y tener una visión general de la densidad de algas y con ayuda de las claves y guías, Tomas (1997), Rines y Hargraves (1988) principalmente, así como las de Ruiz (1988), Orduña (2012), Campos *et al.*, (2013) y Shevchenko (2004) se identificaron los organismos presentes.

Este estudio se basó en la separación de las especies de acuerdo con las características morfológicas de las células: formación de la colonia, tamaño y forma de la célula, naturaleza de los espacios intercelulares (ventanas), altura eje apical, morfología y orientación de las setas según el criterio utilizado por Hargraves (1979).

TRABAJO DE GABINETE

Dado que el recuento fue realizado con el objetivo de 10x donde se contaron en promedio 20 campos y se procedió a hacer los cálculos para la extrapolación de organismos al total del área de la sedimentación de la cámara para obtener los organismos por 50 ml contenidos en la muestra, posteriormente se realizaron los cálculos del agua filtrada provenientes del arrastre de red, la cual fue calculada con la fórmula:

$$V = \pi r^2 h$$

Dónde:

- h = longitud o distancia = vt = (velocidad) (tiempo)
- vt = (velocidad de la lancha) (tiempo o duración del arrastre)
- r = radio de la boca de red

Y así determinar el número de org/m³ con el volumen de agua filtrada del cual proviene la muestra (Ramírez, 2000).

Se elaboraron las gráficas de densidad de organismos a lo largo del tiempo con el uso de una hoja de cálculo en Excel 2013. Se realizó la comparación de la proporción del género en el ciclo anual con las 3 estaciones con gráficas de pastel. Así como gráficas para representar el porcentaje de cada especie que se encontró en las 3 zonas.

Se realizaron los análisis estadísticos (exploratorios, convencionales o no paramétricos).

Para saber el comportamiento de los datos se utilizaron gráficas de caja y bigote, para reconocer alguna posible tendencia.

Posteriormente se hizo una prueba de normalidad, la prueba de Shapiro-Wilk la cual está basada en la comparación de los cuartiles de la distribución normal ajustada a los datos. El estadístico W de Shapiro-Wilks mide la fuerza del ajuste con una recta. Cuanto menor sea el valor de este estadístico mayor desacuerdo habrá con la recta de normalidad, por lo que se rechazará la hipótesis nula (Shapiro y Wilk, 1965). Una vez determinado el comportamiento de los datos se realizó una prueba de Kruskal-Wallis ya que es una prueba no paramétrica, la prueba de Kruskal-Wallis no asume normalidad en los datos, en oposición al tradicional ANOVA (Siegel, 1988). Estas pruebas fueron hechas con el programa Statgraphics Centurión XV.

Para comparar la diversidad de las 3 zonas se realizaron los índices de diversidad alfa y beta. En el caso de la diversidad alfa se ocupó el índice de Shannon-Wiener (Moreno, 2001).

Índice de Shannon (Shannon-Weiner)

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln(p_i)$$

Donde:

- S - número de especies (la riqueza de especies)
- p_i - proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): n_i / N
- n_i - número de individuos de la especie i
- N - número de todos los individuos de todas las especies

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 2004).

Para la representación de la diversidad beta se ocupó el índice de Sorensen que relaciona el número de especies en común con la media aritmética de las especies en ambos sitios (Magurran, 2004)

Índice Sorensen (cualitativo)

$$I_s = \frac{2c}{S_a + S_b}$$

Donde:

- c = Número de especies comunes a ambas comunidades
- S_a = Número de especies de la comunidad A
- S_b = Número de especies de la comunidad B

Ambos índices toman valores de 0 a 1. El valor de 1 indica similitud completa y 0 señala que las comunidades no tienen especies en común (Reduca, 2012)

Para jerarquizar la dominancia de las especies fitoplanctónicas se construyó el diagrama de Olmstead y Tukey (Sokal y Rohlf, 1981). El criterio de discriminación se basa en la media de la frecuencia de aparición relativa para el eje de las "X" y de la media respectiva del logaritmo natural de la sumatoria de la densidad absoluta para el eje de las "Y", de tal forma que Al trazar ambas se perfilan cuatro cuadrantes (Figura 3).

Mediante el diagrama de Olmstead-Tukey fue posible establecer una clasificación de la ocurrencia temporal de las especies en el área de estudio, siendo las especies categorizadas como:

A) Especie dominante: aquélla con un valor de biomasa o densidad, y frecuencia relativa mayor al valor central del grupo de datos ordenados.

B) Especie constante: aquélla cuya biomasa o densidad no sobrepasa a la mediana, pero sí a su frecuencia relativa de aparición.

C) Especie ocasional: aquélla cuya biomasa o densidad es mayor a la mediana, pero con un valor de aparición inferior al valor central de la frecuencia relativa.

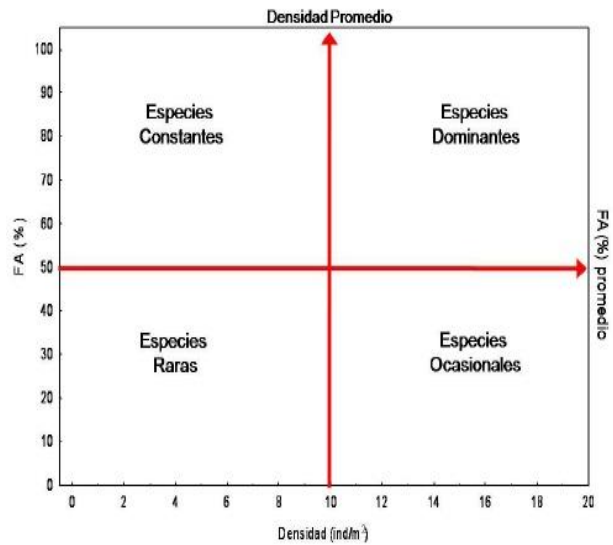


Figura 5. Diagrama de Olmstead-Tukey

D) Especies raras: aquélla caracterizada por su biomasa o densidad, y frecuencia de aparición baja, siendo ambos valores menores a sus respectivas medianas.

Y finalmente se realizó un análisis de componentes principales (ACP) entre las especies y los parámetros para identificar la posible asociación que se cifra en las variables medidas ya que es una técnica que intenta buscar la representación de una muestra de individuos de los que tenemos muchas variables de interés. (<http://www.uco.es>).

RESULTADOS

El listado fitoplanctónico del género *Chaetoceros* en las 3 zonas del área de estudio estuvo conformado por 24 especies. De acuerdo a Medlin y Kaczmarska (2004).

División: *Bacillariophyta*

Sub division: *Bacillariophytina*

Clase: *Mediophyceae*

Sub clase: *Chaetocerotophycidae*

Orden: *Chaetocerotales*

Familia: *Chaetocerotaceae*

Genero: *Chaetoceros*

Especie: *Chaetoceros affinis* Lauder, 1864

Ch. atlanticus Cleve, 1873

Ch. brevis F.Schütt, 1895

Ch. coarctatus Lauder, 1864

Ch. danicus Cleve, 1889

Ch. debilis Cleve, 1894

Ch. decipiens Cleve, 1873

Ch. diversus Cleve, 1873

Ch. lacinosus F.Schütt, 1895

Ch. lorenzianus Grunow, 1863

Ch. messanensis Castracane, 1864

Ch. peruvianus Brightwell, 1856

Ch. protuberans H.S.Lauder, 1864

Ch. rostratus Lauder, 1864

Ch. subtilis Cleve, 1896

Ch. teres Cleve, 1896

Ch. furcellatus J.W.Bailey, 1856

Ch. pelagicus Cleve, 1873

Ch. didymus Ehrenberg, 1845

Ch. curvisetus Mangin, 1910

Ch. tetrastichon Cleve, 1897

Ch. contortus F.Schütt, 1895

Ch. compressus Lauder, 1864

Ch. tortissimus Gran, 1900

Descripción de especies

La descripción de las especies con los caracteres distintivos, la forma que presentan las células, la imagen de referencia y la fotografía que se tomó bajo el microscopio invertido se exponen a continuación.



1-*Chaetoceros affinis* Lauder, 1864

Observaciones taxonómicas

Las cadenas son rectas. Las ventanas son lanceoladas, ligeramente estrechas en la mitad. Las setas intermedias son delgadas y largas saliendo perpendiculares al eje de la cadena. Las setas terminales grandes, rizadas, fuertemente divergentes, al eje de la cadena, luego inclinadas paralelamente al eje y ligeramente torcidas, cada célula contiene un cloroplasto. Eje apical 9-30 μm . Rines y Hargraves, (1988), Jensen y Moestrup (1998).



Ch. affinis. Rines y Hargraves, (1988)

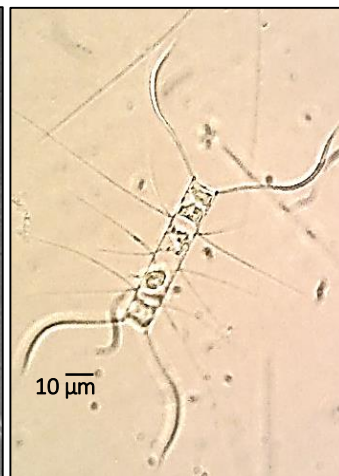


Figura 6. *Ch. affinis*.

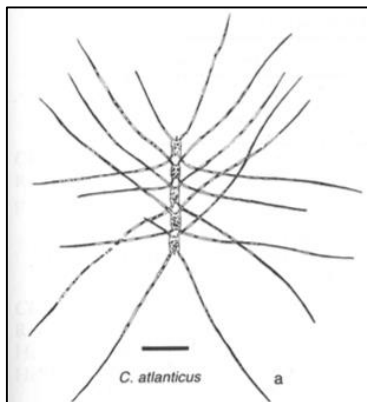
Distribución: Europa: mar Adriático, mar Báltico, mar negro, Bretaña, Croacia, Francia, Heligoland, Rumania; Norte América: Canadá, Nueva Escocia; América del sur: Brasil, Colombia; Asia: China, Japón, Corea, Rusia, Taiwán; Australia y Nueva Zelanda (<http://www.algaebase.org/search/species/>).



2-*Chaetoceros atlanticus* Cleve, 1873

Observaciones taxonómicas

Células con una abertura intercelular o foramen hexagonal, más pequeño que la propia célula. Setas ligeramente o muy elevadas al eje apical ampliadas en diagonal con setas en línea recta. Eje apical 10-14 μm . Rines y Hargraves, (1988), Hasle y Syvertsen (1996), Jensen y Moestrup (1998), Licea-Duran (1999).



Ch. atlanticus. Hasle y Syvertsen (1996).

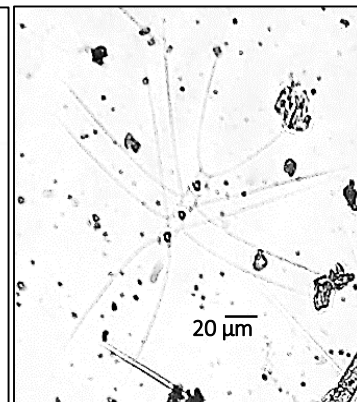


Figura 7. *Ch. atlanticus*.

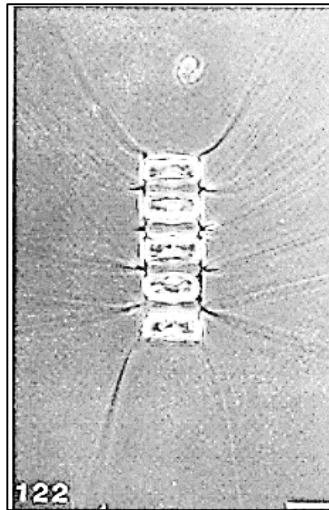
Distribución: Europa: Mar Adriático, Mar Negro, Bretaña, Croacia; Islas del Atlántico: Islas Canarias; Norte América: Canadá, Nueva Escocia; América del Sur: Brasil, Colombia; Asia: China, Corea, Rusia, Taiwán; Australia y Nueva Zelanda: Australia; Antártico e Islas Subantárticas (<http://www.algaebase.org/search/species/>).



3-*Chaetoceros brevis* Schütt, 1895

Observaciones taxonómicas

Las células son generalmente más anchas que largas, las ventanas entre las células son elípticas más grandes que la misma célula. Las setas salen de las esquinas de las valvas, se cruzan en su parte basal, son delgadas y largas, casi rectas, algunas veces ligeramente curvadas, las setas terminales no difieren de las intermedias en grosor. Presentan un cloroplasto por célula. Eje apical 10-23 μm . Jensen y Moestrup (1998), Rines y Hargraves, (1988), Licea-Duran (1999).



Ch. brevis. Rines y Hargraves, (1988)

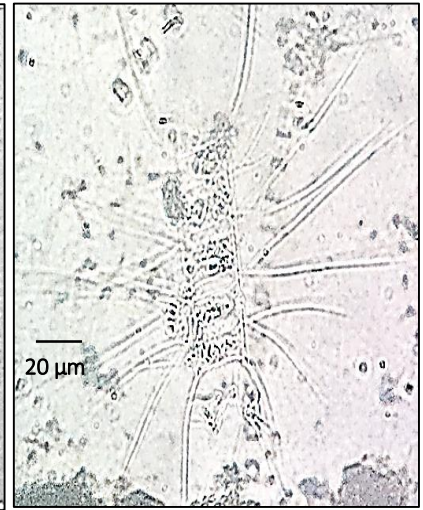


Figura 8. *Ch. brevis*.

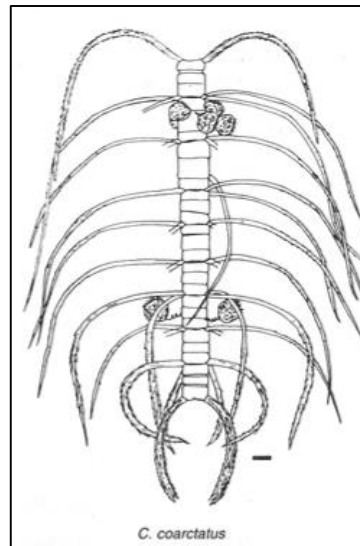
Distribución: Europa: mar Adriático, mar Báltico, Mar Negro, Bretaña, Francia; Norte América: Canadá; América del sur: Colombia; Asia: China, Corea, Taiwán; Australia y Nueva Zelanda: Nueva Zelanda (<http://www.algaebase.org/search/species/>).



4-*Chaetoceros coarctatus* Lauder, 1864.

Observaciones taxonómicas

Extremos de la cadena de células notablemente diferentes. Las setas terminales posteriores fuertemente curvadas robustas densamente espinadas, con 2 extremos diferentes. Setas terminales anteriores menos robustas; curvadas hacia el extremo posterior. Por regla general se encuentra presencia de especies de *Vorticella* (probablemente *Vorticella oceanica*) algunas veces en grandes números. Eje apical 25-37 μm . Navarro (1982), Hasle y Syvertsen (1997), Jensen y Moestrup (1998), Rines y Hargraves (1988), Licea-Duran (1999).



Ch. coarctatus. Hasle y Syvertsen (1996).

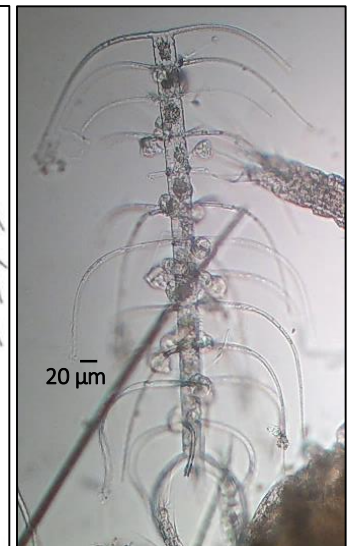


Figura 9. *Ch. coarctatus*.

Distribución: Europa: Mar Adriático, Bretaña, Croacia; Norte América: Canadá; Centroamérica: Golfo de California; América del sur: Brasil, Colombia; Asia: China, Corea, Taiwán; Australia (<http://www.algaebase.org/search/species/>).

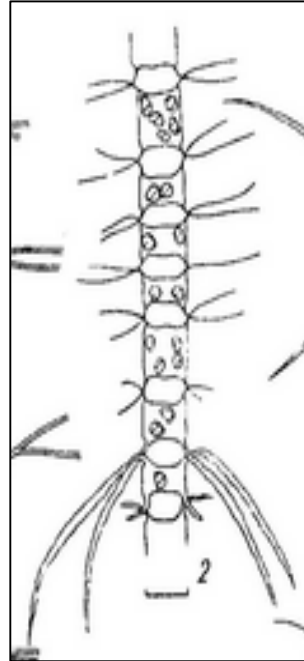


5-*Chaetoceros compressus* Lauder, 1864

Observaciones taxonómicas

Cadenas lineales y muy largas; células rectangulares; la valva ligeramente convexa en el centro; setas delgadas emergentes dentro del margen de la valva usualmente bastante cortas en la parte basal setas intercalares de dos tipos: la mayoría delgadas y cortas y ligeramente curvadas a los extremos de la cadena y el segundo tipos usualmente cercanas al extremo de la cadena extremadamente gruesas y cubierta con pequeñas espinas. Cloroplastos variables de 4-10. Eje apical 5-21 μm . Rines y Hargraves (1988), Shevchenko *et al.*, (2006).

Distribución: Europa: Mar Adriático, Mar Báltico, Mar Negro, Bretaña, Croacia, Francia, Rumania; Islas del Atlántico: Islas Canarias; Norte América: Canadá; América: Colombia; Asia: China, Rusia, Taiwán; Australia y Nueva Zelanda: Australia (<http://www.algaebase.org/search/species/>)



Ch. Compressus.
phyto.bss.ibss.org

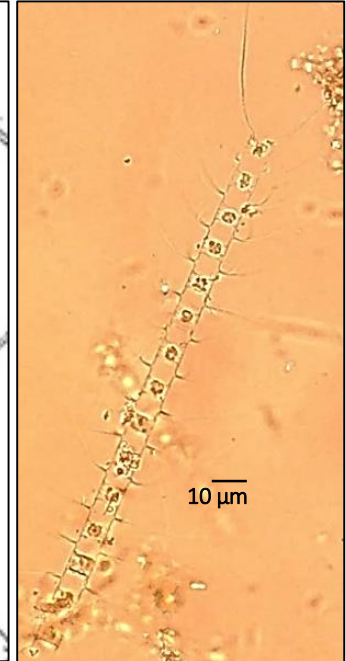


Figura 10. *Ch. compressus.*

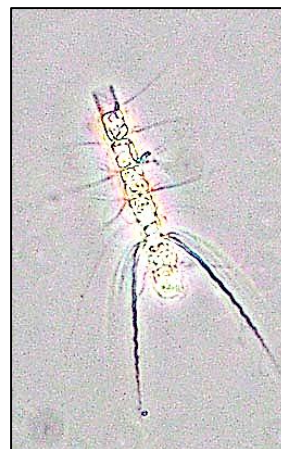


6-*Chaetoceros contortus* F.Schütt, 1895

Observaciones taxonómicas

Las células forman largas cadenas lineales que se retuercen ligeramente alrededor del eje de la cadena. Algunas setas usualmente cercanas al extremo de la cadena, gruesas y retorcidas. Eje apical 10-17 μm . Rines y Hargraves (1988), Jensen y Moestrup (1998).

Distribución: Europa: Mar Báltico, Rumania; América del sur: Brasil; Asia: Japón, Corea; Australia and Nueva Zelanda: Nueva Zelanda (<http://www.algaebase.org/search/species/>).



Ch. contortus. algaebase.org



Figura 11. *Ch. contortus.*

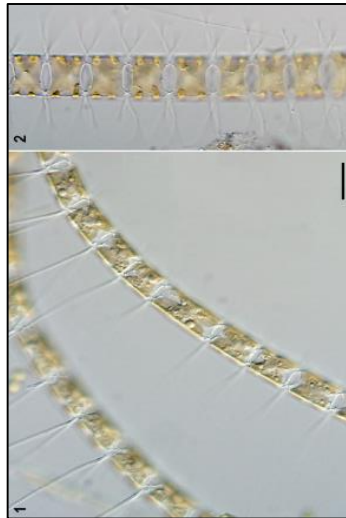


7-*Chaetoceros curvisetus* Mangin, 1910

Observaciones taxonómicas

Cadenas curvas, valvas rectangulares y cóncavas, con aberturas lanceoladas y conectadas por los polos; setas con poca o ninguna parte basal, la curvatura de la cadena es mayor que la que presenta *Ch. debilis*, setas delgadas originadas en el margen de la célula, el foramen es lanceolado. Eje apical 6-20 μm . Cupp (1943), Rines y Hargraves (1988), Licea-Duran (1999), Shevchenko *et al.*, (2006).

Distribución: Europa: Mar Adriático, Mar Báltico, Mar Negro, Bretaña, Croacia, Noruega, Rumania, España; Islas Atlánticas: Islas Canarias; Norte América: Canadá, Nueva Escocia; América Central: Baja California; Islas del Caribe: Cuba; América del sur: Brasil, Colombia; Asia: China, Japón, Corea, Rusia, Taiwán; Antártico e Islas Subantárticas (<http://www.algaebase.org/search/species/>).



Ch. curvisetus. algaebase.org



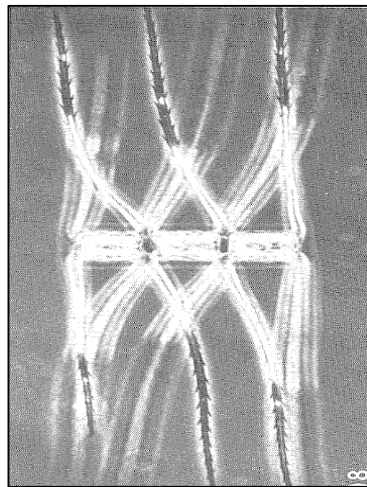
Figura 12. *Ch. curvisetus*



8-*Chaetoceros danicus* Cleve, 1889

Observaciones taxonómicas

Células solitarias o en cadenas cortas. Usualmente más de 3 células. Frústulas isovalvares. Setas largas, rectas y espinosas, perpendiculares al eje perivalvar y divergente ligeramente al eje apical. Setas intercaladas que se tornan paralelas a las setas terminales. Los cloroplastos son pequeños y numerosos estando en las células y las setas. Eje apical 11-19 μm . Cupp (1943), Rines y Hargraves, (1988) Jensen y Moestrup (1998), Licea-Duran (1999).



Ch. danicus. Rines y Hargraves, (1988)

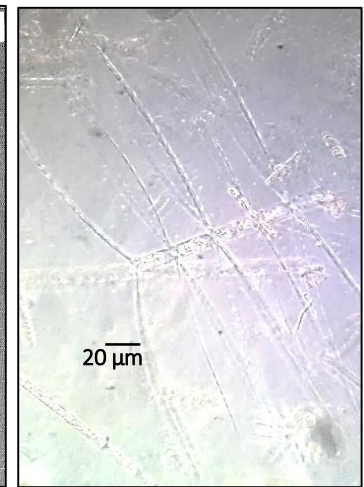


Figura 13. *Ch. danicus*

Distribución: Europa: Mar Adriático, Mar Báltico, Mar Negro, Bretaña, Croacia, Francia, Heligoland, Rumania; Islas Atlánticas: Islas Canarias; Norte América: Canadá; América del sur: Brasil, Colombia; Asia: China, Corea, Taiwán; Sureste de Asia: Singapur; Australia y Nueva Zelanda (<http://www.algaebase.org/search/species/>).

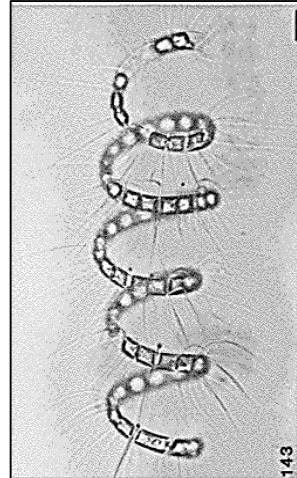


9-*Chaetoceros debilis* Cleve, 1894

Observaciones taxonómicas

Las cadenas son largas, espirales torcidas, sin células finales especiales, el radio de curvatura es más pequeño que el de *Ch. curvisetus*. Eje apical 9-40 μm . Rines y Hargraves (1988), Hernández-Becerril (1998), Jensen y Moestrup (1998).

Distribución: Europa: Mar Adriático, Mar Báltico, Mar Negro, Bretaña, Francia; Norte América: Canadá, Nueva Escocia; América del sur: Brasil, Colombia; Asia: China, Japón, Corea, Rusia, Taiwán; Australia y Nueva Zelanda: Australia, Nueva Zelanda: Antártico e Islas Subantárticas (<http://www.algaebase.org/search/species/>).



Ch. debilis. Rines y Hargraves, (1988)

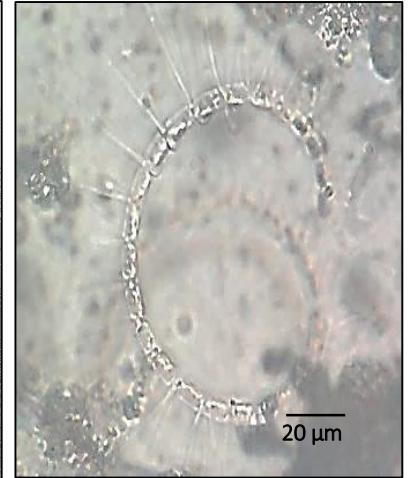


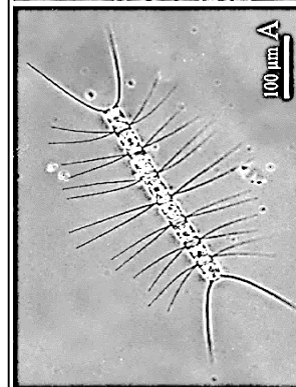
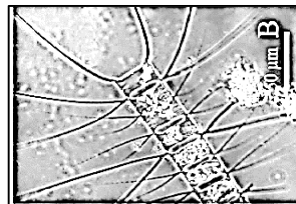
Figura 14. *Ch. debilis*



10-*Chaetoceros decipiens* Cleve, 1863

Observaciones taxonómicas

En vista cingular con esquinas afiladas tocándose con las células adyacentes. Cadenas rectas, rígidas, más o menos aplanadas, por lo general muchas células. Foramen variando en tamaño y forma. Setas centrales ligeramente curvadas y las otras se tornan más curvadas progresivamente a medida que se acercan a las terminales. Los cloroplastos están en el cuerpo de la célula. Eje apical 10-80 μm . Cupp (1943), Rines y Hargraves (1988) Jensen y Moestrup (1998), Licea-Duran (1999).



Ch. decipiens. Rines y Hargraves. (1988)

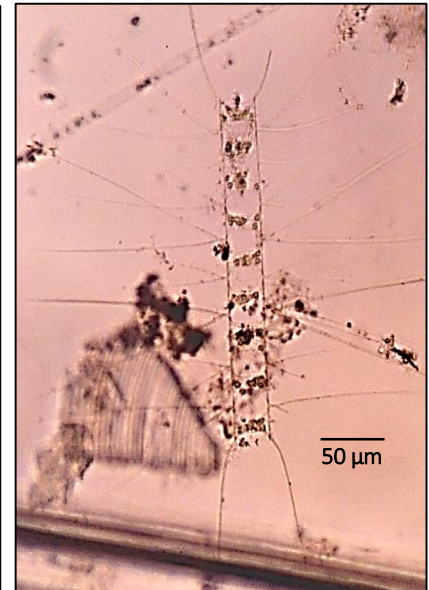


Figura 15 *Ch. decipiens*

Distribución: Europa: Mar Adriático, Mar Negro, Bretaña, Croacia, Francia; Islas del Atlántico: Islas Canarias; Norte América: Canadá, Nueva Escocia; América del Sur: Brasil, Colombia; Asia: China, Rusia, Taiwán; Australia y Nueva Zelanda (<http://www.algaebase.org/search/species/>).

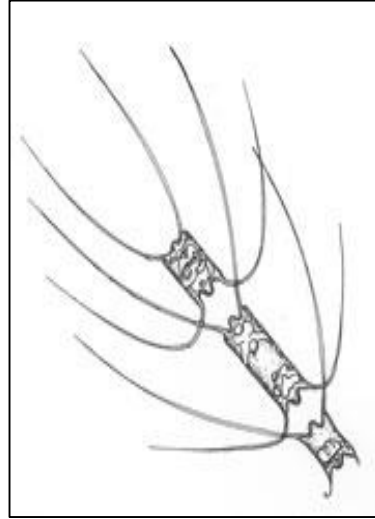


11-*Chaetoceros didymus* Ehrenberg, 1845

Observaciones taxonómicas

Ventanas grandes, estrechas a la mitad. Las valvas con una protuberancia semicircular en el centro. Las setas originándose de las esquinas de las células, cruzándose en su base o más allá, presentan dos plastos por célula. Eje apical 10-40 μm . Rines y Hargraves, (1988), Jensen y Moestrup (1998), Hasle y Syvertsen (1997), Licea-Duran (1999).

Distribución: Europa: Mar Adriático, Mar Báltico, Mar Negro, Bretaña, Francia, Heligoland, España; Islas Atlánticas: Islas Canarias; North América: Canadá; América Central: Golfo de California; América del Sur: Brasil, Colombia; Asia: China, Japón, Corea, Taiwán; Australia y Nueva Zelanda (<http://www.algaebase.org/search/species/>).



Ch. didymus. Rines y Hargraves (1988)



Figura 16. *Ch. didymus*

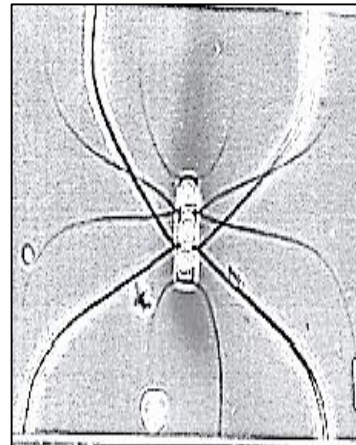
América del Sur: Brasil, Taiwán; Australia y Nueva Zelanda



12-*Chaetoceros diversus* Cleve, 1873

Observaciones taxonómicas

Cadenas rectas, no torcidas, por lo general cortas. Las setas intermedias de dos clases: (1) seta delgada más o menos curvada, a menudo recta y por lo general ligeramente girada hacia los extremos de la cadena y (2) setas fuertes en forma de un garrote incrementando en grosor de la base hacia afuera, luego volviéndose más delgada en los extremos. Setas terminales siempre delgadas y difiere de las otras en la posición en primer lugar, más o menos en forma de U. Eje apical 8-12 μm . Rines y Hargraves (1988), Jensen y Moestrup (1998), Licea-Duran (1999).



Ch. diversus. Rines y Hargraves, (1988)

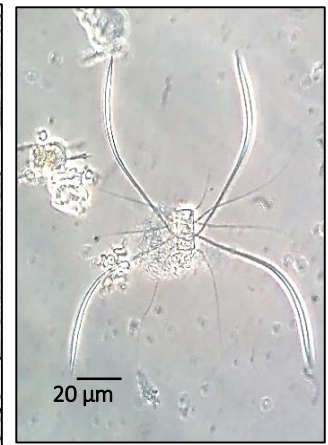


Figura 17. *Ch. diversus*

Distribución: Europa: Mar Adriático, Mar Negro, Bretaña, Croacia, Rumania; Norte América: Canadá; América Central: Golfo de California; América del sur: Brasil, Colombia; Asia: China, Corea, Rusia, Taiwán; Australia y Nueva Zelanda: Australia (<http://www.algaebase.org/search/species/>).

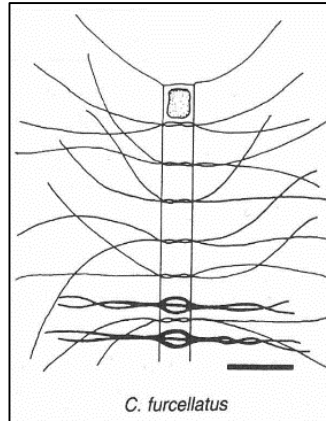
13-*Chaetoceros furcellatus* Baylei, 1856



Observaciones taxonómicas

Las células unidas a las cadenas, pueden ser largas y ligeramente curvas. Cara de las valvas es plana a ligeramente cóncavo con una inflación central. Las setas se originan en el interior del margen de las válvulas. Eje apical 8-20 μm . Hasle y Syvertsen (1997), Rines y Hargraves (1988).

Distribución: Bahía de colores, Bahía de Fundy, Golfo de San Lorenzo, Océano Atlántico del Norte, Golfo de Maine Atlántico Noroeste, Reino Unido, Mar del Norte Belga. ([Http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=149624](http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=149624))



Ch. furcellatus Hasle y Syvertsen (1996).

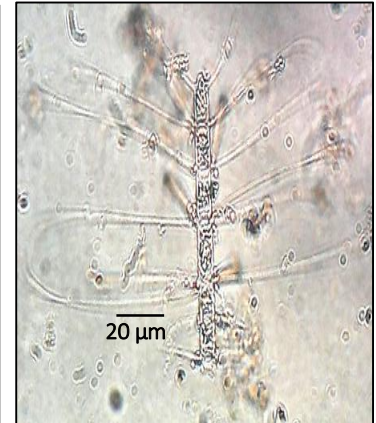


Figura 18. *Ch. furcellatus*

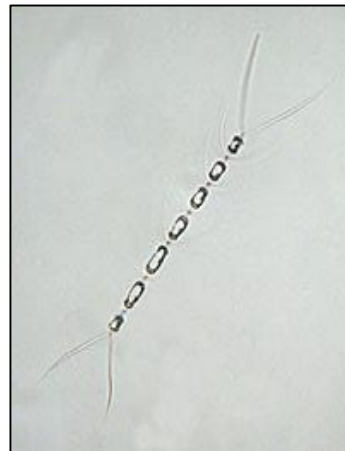


14-*Chaetoceros laciniosus* F.Schütt, 1895

Observaciones taxonómicas

Cadenas lineales, primera seta paralela y luego perpendicular al eje principal después de cruzar entre sí. Tienen dos cloroplastos por célula, uno asociado por cada valva. Eje apical 10-42 μm . Cupp (1943), Rines y Hargraves (1988), Hernández-Becerril (1996), Hasle y Syvertsen (1997), Jensen y Moestrup (1998). Licea-Duran (1999).

Distribución: Europa: mar Adriático, mar Báltico, mar Negro, Bretaña, Francia, Noruega, Rumania; Islas Atlánticas: Islas Canarias; Norte América: Canadá, Rhode Island; América del sur: Brasil; Asia: China, Corea, Rusia, Taiwán; Australia y Nueva Zelanda; Antártico e Islas Subantárticas (<http://www.algaebase.org/search/species/>).



Ch. laciniosus. algaebase.org

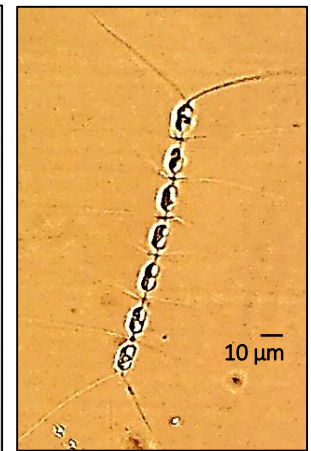


Figura 19. *Ch. laciniosus*

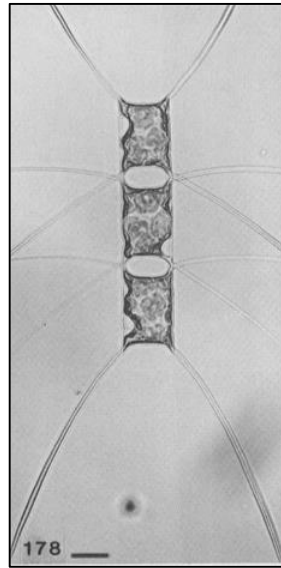


15-*Chaetoceros lorenzianus* Grunow, 1863

Observaciones taxonómicas

Cadenas rectas y rígidas en vista cingular, generalmente separadas, foramen elíptico a ovalado y amplio. Las setas terminales tienen una amplia divergencia que llega a ser paralela al eje de la cadena. Eje apical 10-37 μm . Cupp (1943), Navarro (1982), Rines y Hargraves (1988), Hasle y Syvertsen (1997), Jensen y Moestrup (1998), Hernández-Becerril (1998), Licea-Duran (1999).

Distribución: Europa: Mar Adriático, Mar Negro, Bretaña, Croacia, Rumania, Mar Báltico; Islas del Atlántico: Islas Canarias; Norte América: Canadá; América del sur: Brasil, Colombia; Asia: China, Japón, Corea, Rusia, Taiwán; Sureste de Asia: Singapur Australia y Nueva Zelanda (<http://www.algaebase.org/search/species/>).



Ch. lorenzianus. Rines y Hargraves (1988)

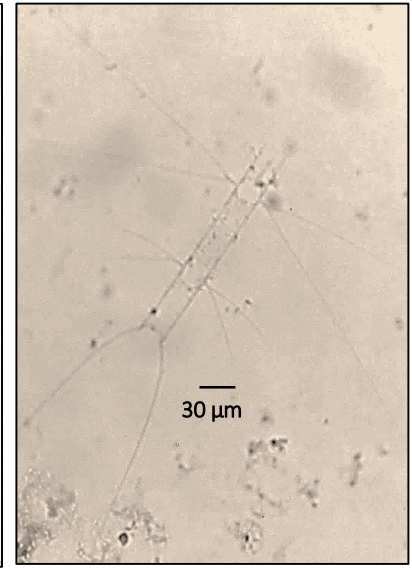


Figura 20. *Ch. lorenzianus*

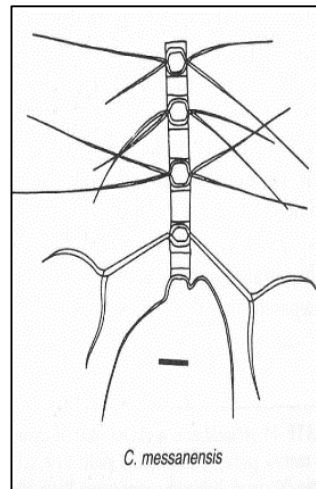


16-*Chaetoceros messanensis* Castracane, 1875

Observaciones taxonómicas

Cadenas cortas. Algunas setas intermedias fusionadas cerca de las dos terceras partes de su longitud, de modo que la parte basal es sólo una seta individual la cual se bifurca siendo más gruesa. Eje apical 10-40 μm . Cupp (1943), Rines y Hargraves 1988, Jensen y Moestrup (1998), Hasle y Syvertsen (1997), Hernández-Becerril (1998), Licea-Duran (1999).

Distribución: Europa: Mar Adriático, Mar Báltico, Mar Negro, Bretaña, Croacia; Islas Atlánticas: Islas Canarias; Norte América: Canadá; América del sur: Brasil, Colombia; Asia: China, Corea, Rusia, Taiwán; Australia y Nueva Zelanda: Australia (<http://www.algaebase.org/search/species/>).



Ch. messanensis. Tomas, (1997)

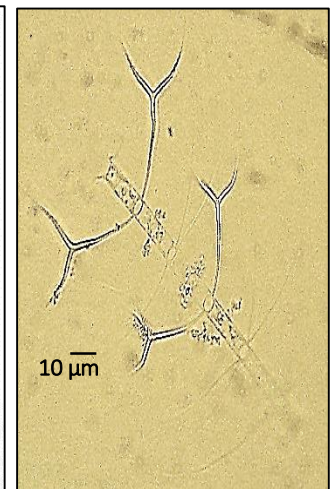


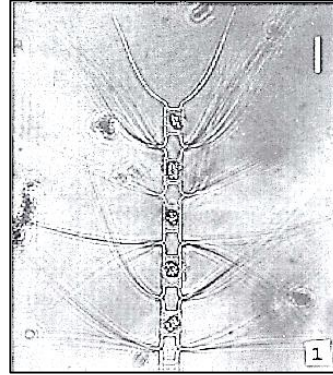
Figura 21. *Ch. messanensis*



17-*Chaetoceros pelagicus* Cleve, 1873

Observaciones taxonómicas

Las cadenas son largas. Ventanas consecuentemente grandes, amplias y hexagonales, las setas centrales se pronuncian hacia el extremo terminal de la cadena. Un cloroplasto por célula. Eje apical 10-14 μm . Cupp (1943), Navarro (1982), Rines y Hargraves (1988), Hasle y Syvertsen (1996), Jensen y Moestrup (1998), Licea-Duran (1999).



Ch. pelagicus. Rines y Hargraves, (1988)

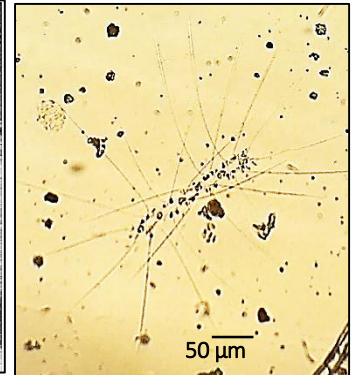


Figura 22. *Ch. pelagicus*

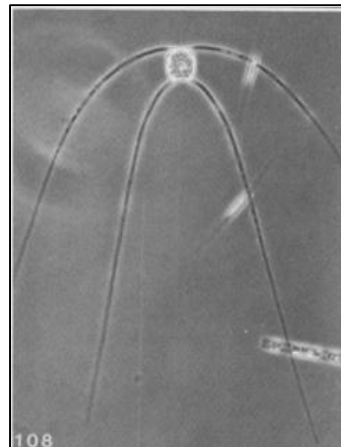
Distribución: Europa: Mar Adriático, Mar Negro, Mar Báltico; Norte América: Canadá; América del sur: Brasil, Colombia; Asia: China, Taiwán. (<http://www.algaebase.org/search/species/>).



18-*Chaetoceros peruvianus* Brightwell, 1856

Observaciones taxonómicas

Células en general solitarias, valvas distintas, setas de la valva superior originándose cerca del centro, fuertemente curvadas hacia atrás, setas de la valva inferior surgen cerca del margen de la valva. Cloroplastos pequeños y numerosos en todo el cuerpo de la célula así como en las setas. Eje apical 10-30 μm . Cupp (1943), Rines y Hargraves (1988), Hasle y Syvertsen (1997), Jensen y Moestrup (1998), Hernandez-Becerril, (1998), Licea-Duran (1999).



Ch. peruvianus. Rines y Hargraves (1988)

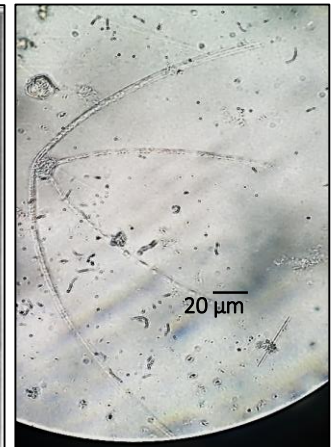


Figura 23. *Ch. peruvianus*

Distribución: Europa: Mar Adriático, Mar Negro, Bretaña, Francia, Rumania; Islas Atlánticas: Islas Canarias; Norte América: Canadá; América del sur: Brasil, Colombia; Asia: China, Corea, Rusia, Taiwán; Sureste de Asia: Singapur; Australia y Nueva Zelanda: Australia, Nueva Zelanda; Antártico y las Islas Subantárticas; (como *Ch. peruvianus* var. *currens* Peragallo) Asia: Taiwán (<http://www.algaebase.org/search/species/>).



19-*Chaetoceros protuberans* Lauder, 1864

Observaciones taxonómicas

Cadenas relativamente cortas (menos de 6 células), pero también se encuentran células solitarias. Las setas se cruzan más allá de la parte basal, el foramen es amplio con forma hexagonal cuyos extremos están representados por el cruce de las setas. Eje apical 10-40 μm . Rines y Hargraves (1988), Hasle y Syvertsen (1997), Jensen y Moestrup (1998).



Ch. protuberans. Rines y Hargraves, (1988)

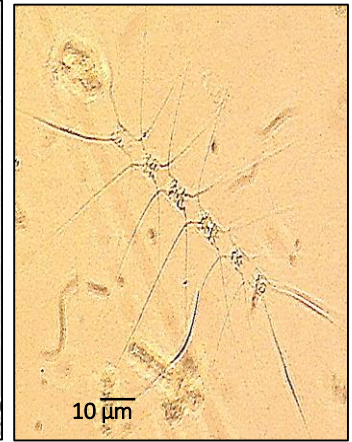


Figura 24. *Ch. protuberans*

Distribución: Europa: Mar Negro, Mar

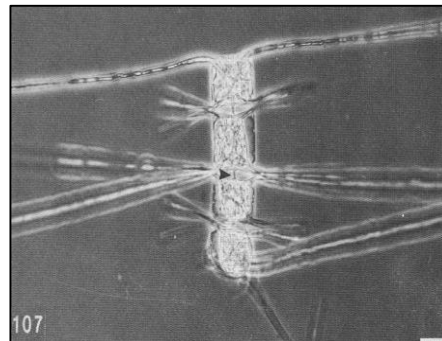
Báltico Francia; Norte América: Canadá; América del sur: Brasil, Colombia; Asia: China, Corea, Rusia, Taiwán; Australia y Nueva Zelanda: Nueva Zelanda (<http://www.algaebase.org/search/species/>).



20-*Chaetoceros rostratus* Lauder, 1864

Observaciones taxonómicas

Cadenas relativamente cortas (menos de 6 células), pero también se encuentran células solitarias. Las células están unidas por un enlace, por lo general procesos centrales, que son variables en longitud, los cloroplastos se producen en las setas y en el interior de la célula. Eje apical 10-37 μm . Rines y Hargraves (1988), Hasle y Syvertsen (1997), Jensen y Moestrup (1998).



Ch. rostratus. Rines y Hargraves, (1988)

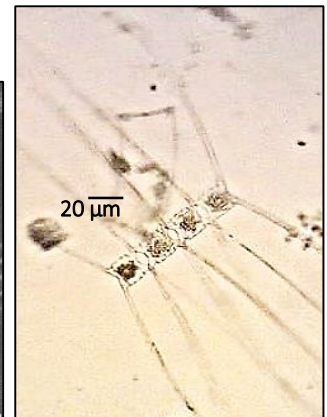


Figura 25. *Ch. rostratus*

Distribución: Europa: Mar Adriático, Bretaña, Croacia. Norte América: Canadá; América del sur: Brasil; Asia: China, Corea, Rusia, Taiwán; Australia y nueva Zelanda: Australia (<http://www.algaebase.org/search/species/>).

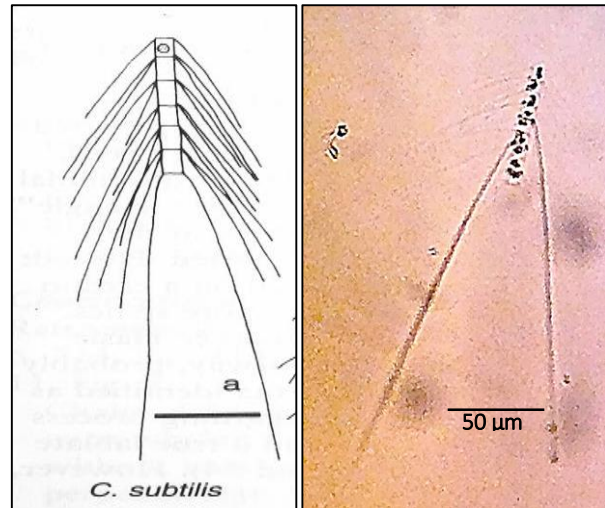


21-*Chaetoceros subtilis* Cleve, 1896

Observaciones taxonómicas

Colonia de células unida estrechamente. No hay espacio intercelular. Setas largas y delgadas, con corta parte basal. Seta terminal más gruesa que las setas intercalares. Las setas no se cruzan, divergen en un ángulo de 45° con el eje apical, dirigido hacia un extremo de la colonia. Un cloroplasto por célula. Eje apical 5-15 µm. Rines y Hargraves (1988), Hasle y Syvertsen (1997) Jensen y Moestrup (1998).

Distribución: Europa: Mar Adriático, Mar Báltico, Mar Negro, Bretaña, Croacia, Rumania; Norte América: Canadá; América del sur: Brasil, Colombia; Asia: Corea, Rusia, Taiwán; Australia y Nueva Zelanda: Australia (<http://www.algaebase.org/search/species/>).



Ch. subtilis. Hasle y Syvertsen (1996).

Figura 26. *Ch. subtilis*

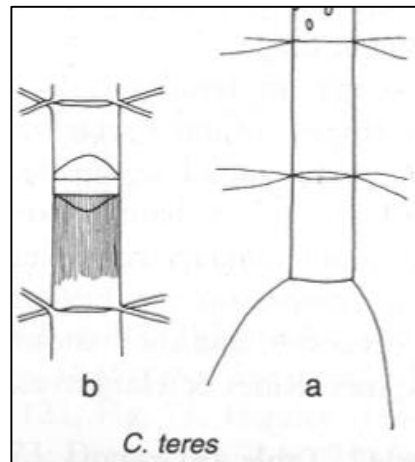


22-*Chaetoceros teres* Cleve, 1873

Observaciones taxonómicas

Las células más largas que anchas, cilíndricas aberturas casi ausentes o aberturas estrechas lanceoladas. Setas terminales divergentes a las centrales. Eje apical 13-25 µm. Rines y Hargraves (1988), Hasle y Syvertsen (1997), Jensen y Moestrup (1998).

Distribución: Europa: Mar Adriático, Mar Báltico, Mar Negro, Bretaña, Francia, Rumania; Norte América: Canadá; Asia: China, Corea, Rusia, Taiwán; Australia y Nueva Zelanda: (<http://www.algaebase.org/search/species/>).



Ch. teres. Hasle y Syvertsen (1997).

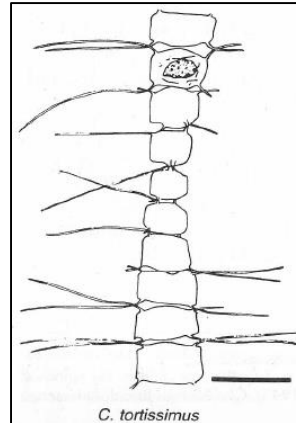
Figura 27. *Ch. teres*



23-*Chaetoceros tortissimus* Gran, 1900

Observaciones taxonómicas

Células en cadena torcida fuertemente en el eje de la cadena y generalmente larga. Sin setas terminales distintas. Setas intermedias largas o cortas y delgadas, con corta parte basal, partiendo de eje de la cadena en varias direcciones en ángulos rectos. Un cloroplasto por célula. Eje apical 11-20 µm Rines y Hargraves (1988), Hasle y Syvertsen (1997), Jensen y Moestrup (1998), Shevchenko *et al.*, (2006).



Ch. tortissimus. Hasle y Syvertsen (1997).

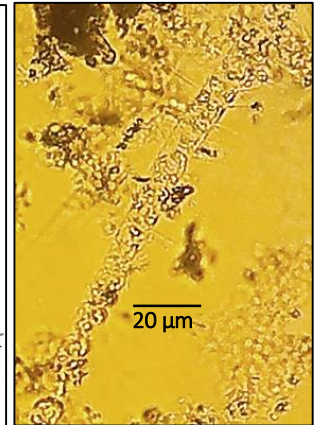


Figura 28. *Ch. tortissimus*

Distribución: Europa: Mar Adriático, Mar Báltico, Mar Negro, Bretaña, Croacia, Hartley, Francia; Norte

América: Canadá,

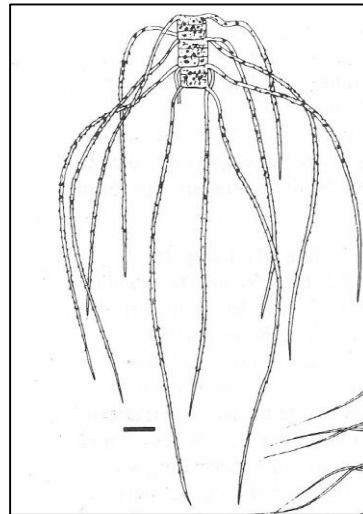
Maine; South América: Brasil, Colombia; Asia: China, Corea, Rusia, Taiwán; Islas Antárticas y subantárticas: Antártico e Islas Subantárticas (<http://www.algaebase.org/search/species/>).



24-*Chaetoceros tetrastichon* Cleve, 1897

Observaciones taxonómicas

Las células se producen en cadenas cortas, a menudo unidos a protozoarios tintínidos. Las aberturas son extremadamente estrechas o ausentes. Las setas de la misma válvula son diferentes: una es más gruesa y con ligera torsión al eje de la cadena, mientras que las otras son más delicadas, largas y giradas paralelamente al eje de la cadena. Eje apical 10-20µm. Rines y Hargraves (1988), Hasle y Syvertsen (1997), Jensen y Moestrup (1998).



Ch. Tetrastichon. Hasle y Syvertsen

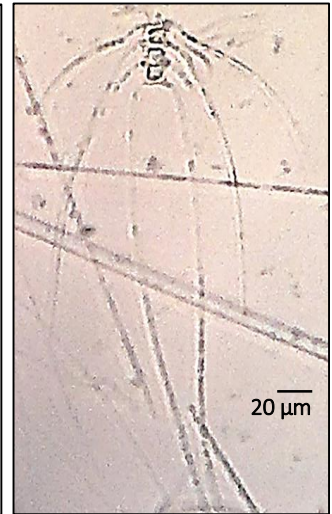


Figura 29. *Ch. tetrastichon*

Distribución: Europa: Mar Adriático, Mar Negro, Bretaña, Croacia; Norte América:

Canadá; América del sur: Brasil; Asia: China, Taiwán. Sureste de Asia: Singapur (<http://www.algaebase.org/search/species/>).

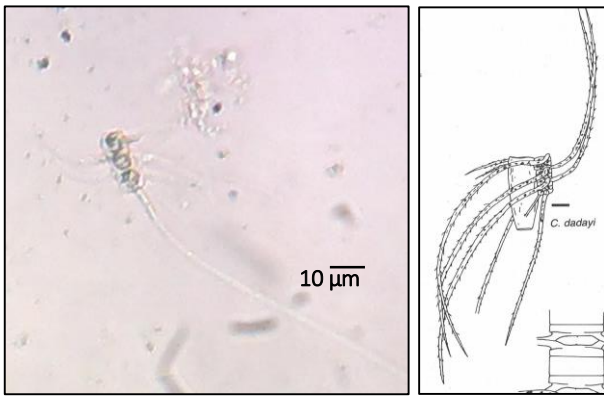


Figura 30. *Chaetoceros* sp

Ch.dadayi. Hasle y Syvertsen (1997).

Cadena corta de 3 células cuyas setas están curvadas hacia lado contrario de las setas opuestas por el eje de la célula, la seta terminal es larga y ligeramente curvada.

Chaetoceros dadayi es la especie posiblemente descrita aunque no se obtuvieron más imágenes como para corroborarlo, *Chaetoceros dadayi* frecuentemente es encontrado con un tintínido adjunto como lo muestra la imagen.

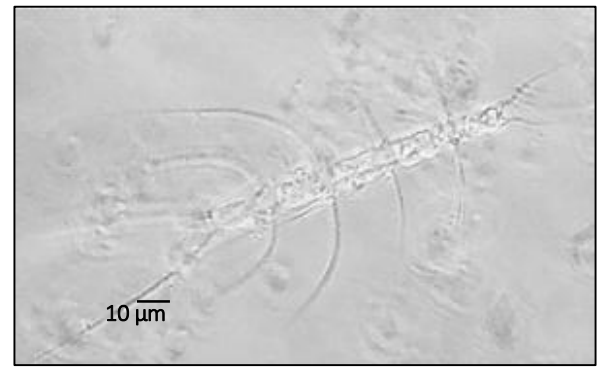
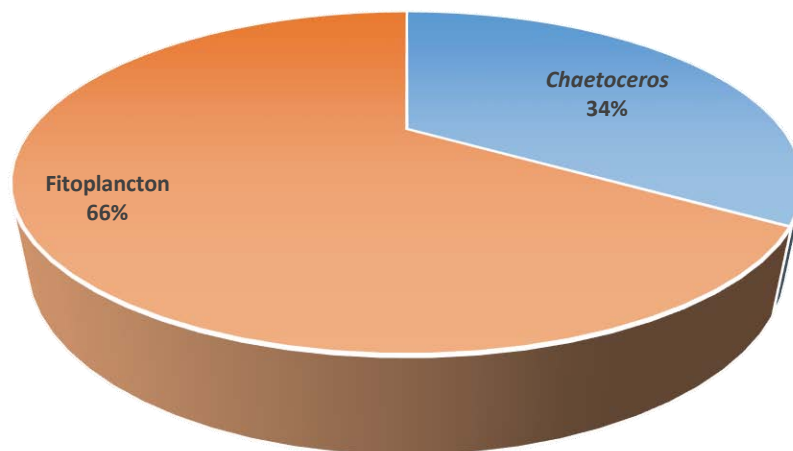


Imagen 31. *Chaetoceros* sp

Colonia rectangular, 5 células con setas posteriores largas y rectas, setas anteriores cortas y en dirección opuesta a las posteriores.

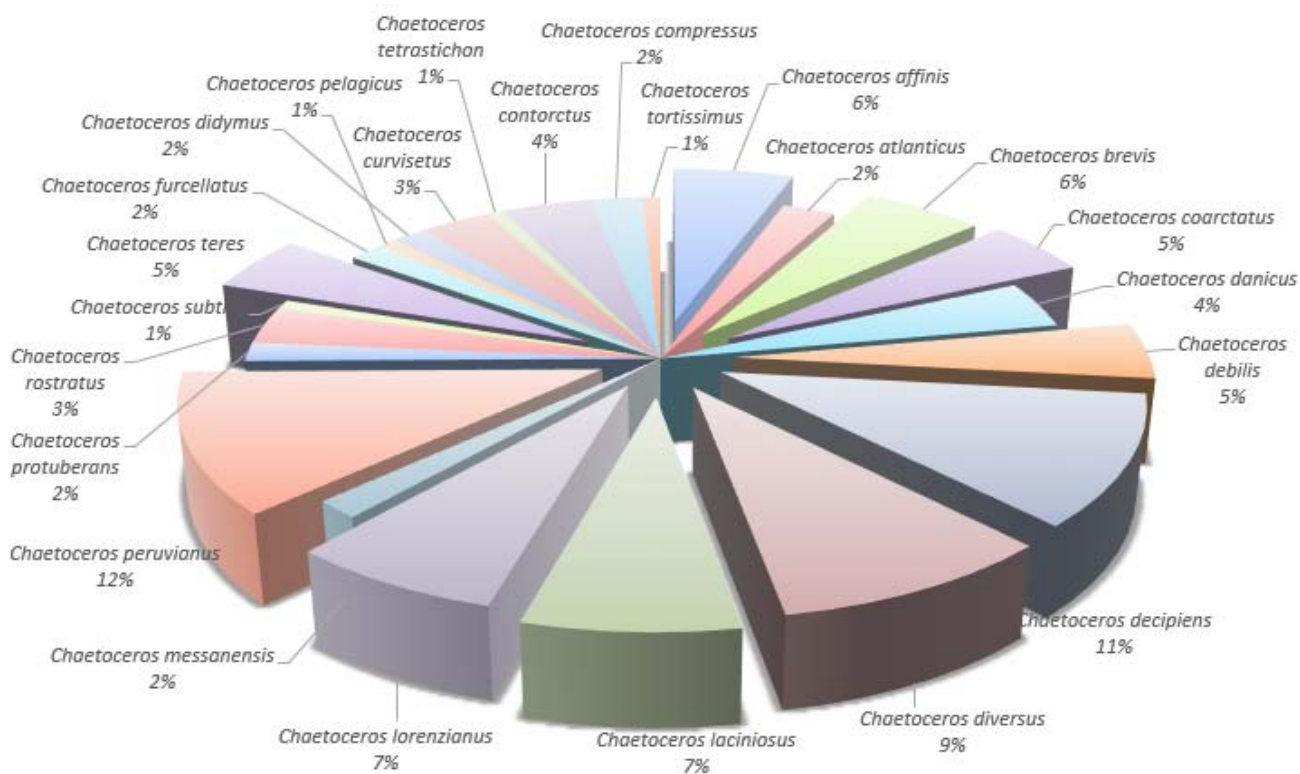
Proporción anual del género *Chaetoceros*

La proporción anual del género dentro del fitoplancton se encuentra representada en la gráfica 1 donde el 34% del fitoplancton se encuentra representado por el género *Chaetoceros*, de ese 34% la frecuencia relativa de cada especie durante el estudio se observa en la gráfica 2.



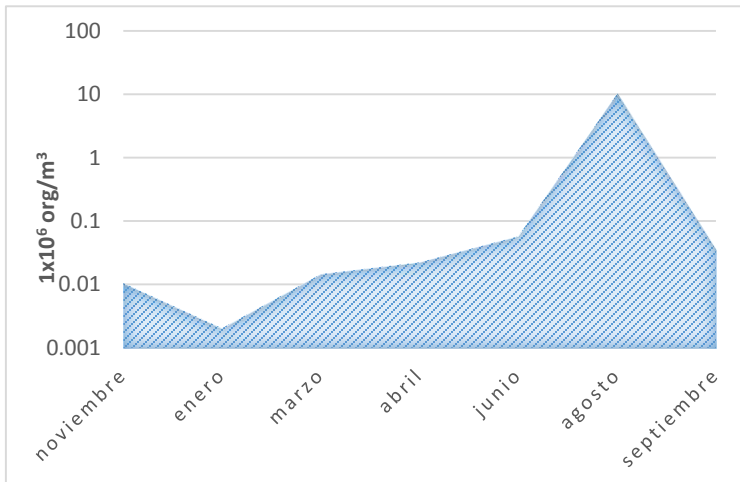
Gráfica 1. Proporción anual del género *Chaetoceros* dentro del fitoplancton.

En la cual se ve que las especies que tienen un mayor porcentaje son *Ch. peruvianus* con 12%, *Ch. decipiens* 11%, *Ch. diversus* 9%, *Ch. laciniosus* 7%, *Ch. lorenzianus* 7%, *Ch. affinis* 6%, *Ch. teres* 5% *Ch. brevis* 6% *Ch. coarctatus* 5% y *Ch. debilis* con 5% resaltadas en el pastel.

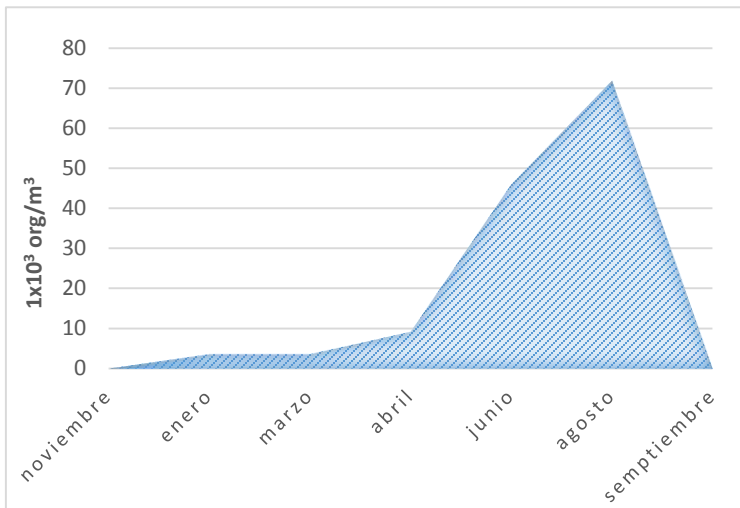


Gráfica 2. Gráfica del Porcentaje de las 24 especies del género *Chaetoceros* encontradas en el año.

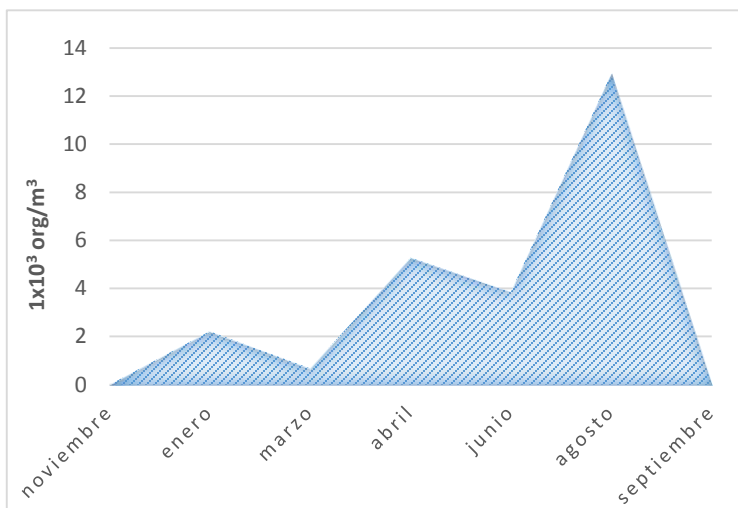
Densidad anual del género *Chaetoceros*



Gráfica 3. Gráfica de densidad anual del género en la playa



Gráfica 4. Gráfica de densidad anual del género en mar



Gráfica 5. Gráfica densidad anual del género en arrecife

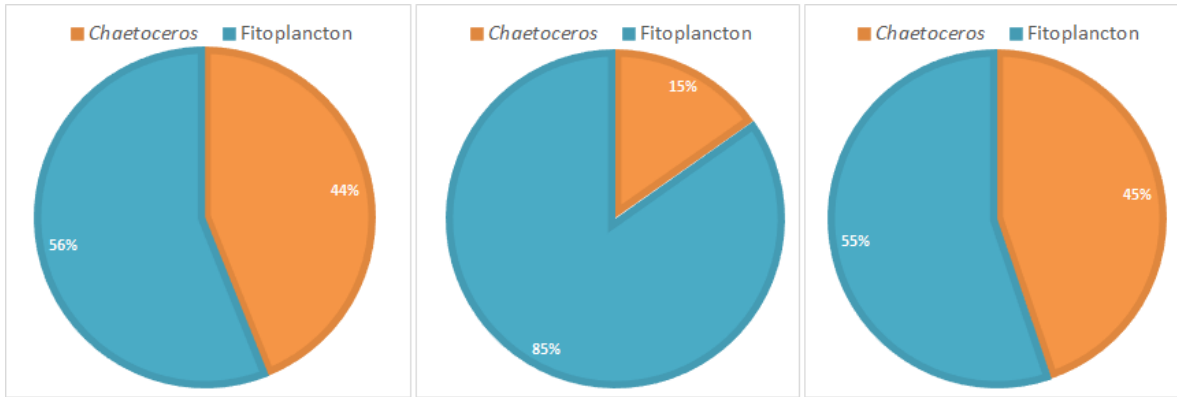
La densidad de cada estación está representada en las gráficas 3,4 y 5 las que muestran los registros de org/m^3 en el ciclo anual para cada una de las estaciones de muestreo, de noviembre del 2013 hasta septiembre del 2014.

En las gráficas de playa, mar y arrecife se observan unos máximos en la densidad del género *Chaetoceros* en el mes de agosto el cual podría deberse a un afloramiento ya que las condiciones en las que se encontraba la muestra mostraron una consistencia mucilaginoso.

El comportamiento del género en las tres zonas es claramente diferente en cuestión de densidades ya que la densidad más alta para playa fue de $10\,135\,692 \text{ org/m}^3$, en mar por otra parte, fue menor con $71\,829 \text{ org/m}^3$ y en arrecife con $12\,931 \text{ org/m}^3$.

Las densidades en el tiempo de las 3 zonas fueron claramente diferentes, los números en playa son mayores a los que se registran en mar y también difieren de los de arrecife.

La proporción anual del género *Chaetoceros* de cada estación se expone a continuación en las gráficas 6, 7 y 8 en donde se observa la diferencia de la proporción que ocupa el género en estación de mar la cual es menor a la de playa y arrecife.

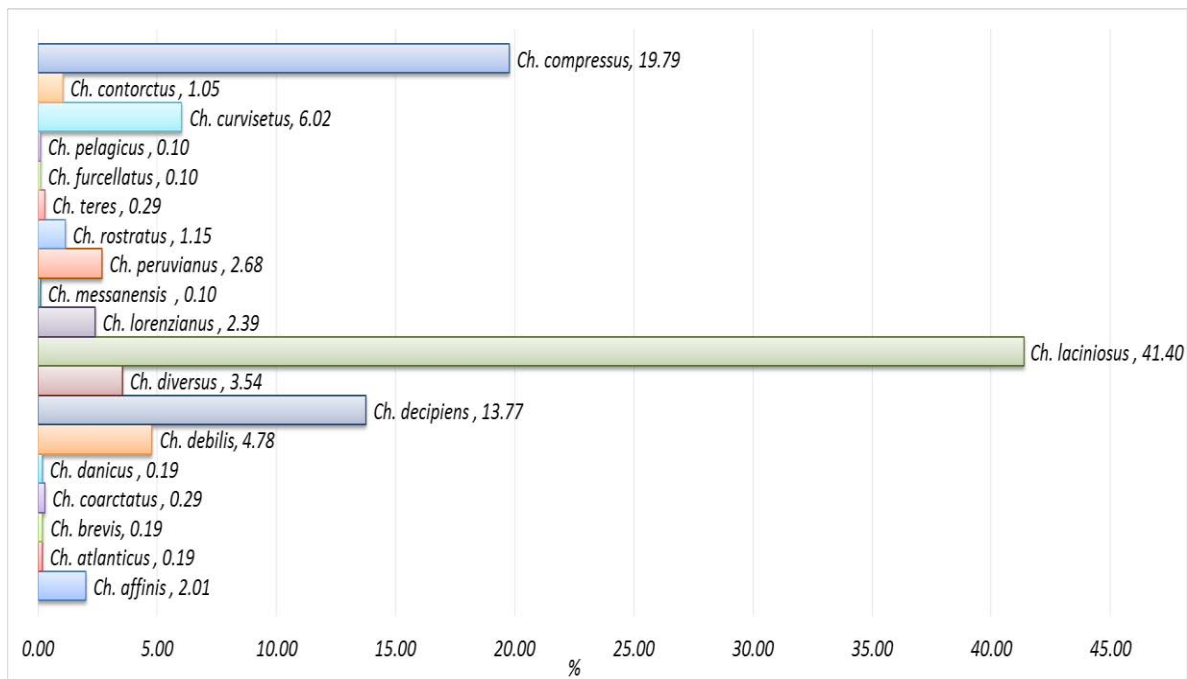


Grafica 6. Proporción anual en playa

Grafica 7. Proporción anual en mar

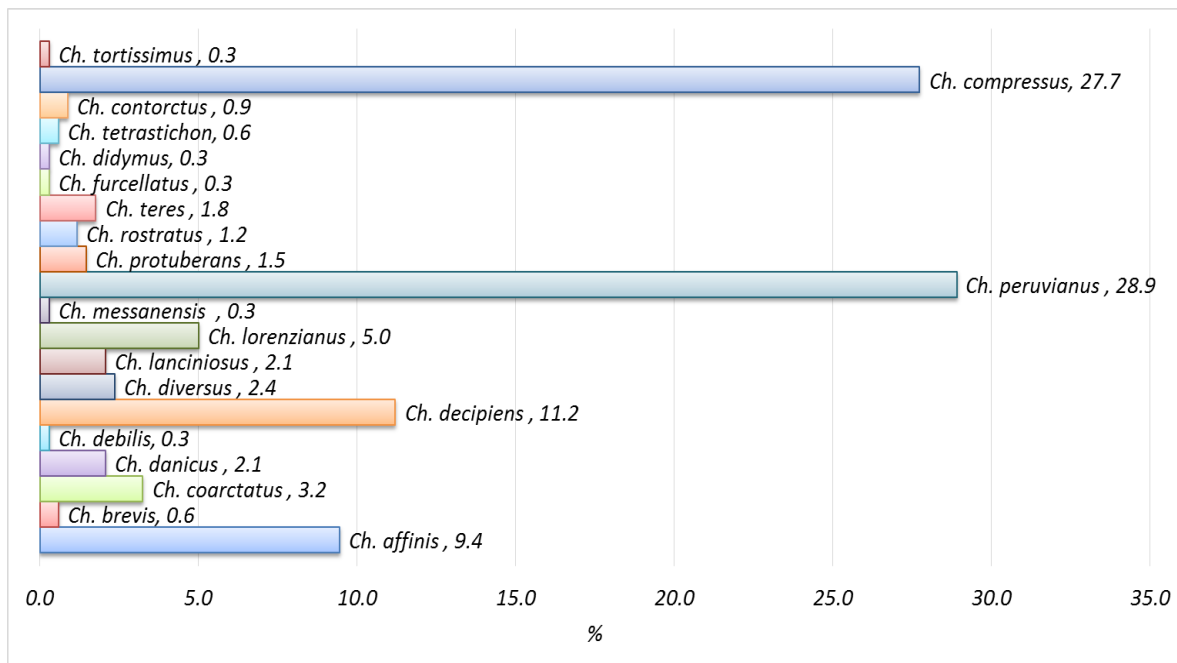
Grafica 8. Proporción anual en arrecife

Las siguientes gráficas de barras representan el porcentaje de cada especie que se encontró en las 3 zonas de muestreo. El porcentaje específico de especies en las zonas se muestra en las gráficas 9, 10, 11.



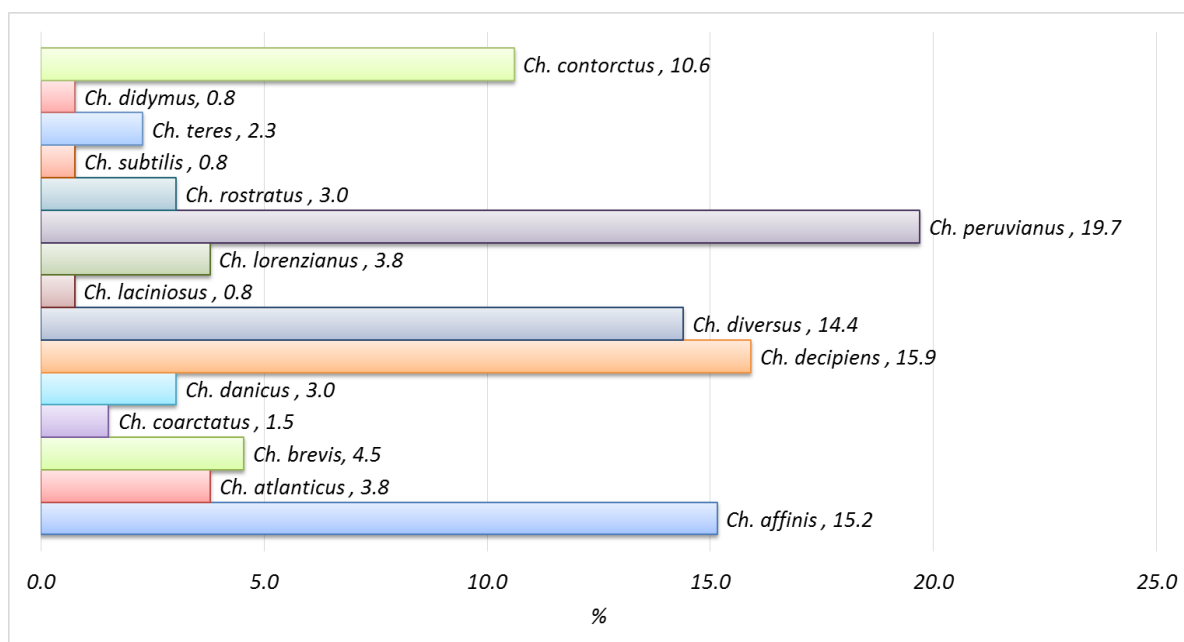
Grafica 9. Porcentaje de cada especie en playa

En la estación de playa *Ch.compressus*, *Ch lancinosus*, y *Ch decipiens* fueron los que destacaron con los porcentajes mayoritarios de 19, 41 y 13% respectivamente. Para la estación mar el 28% y 27% se reparte entre *Ch peruvianus* y *Ch. compressus* y con el 11% *Ch. decipiens*.



Grafica 10. Porcentaje de cada especie en mar

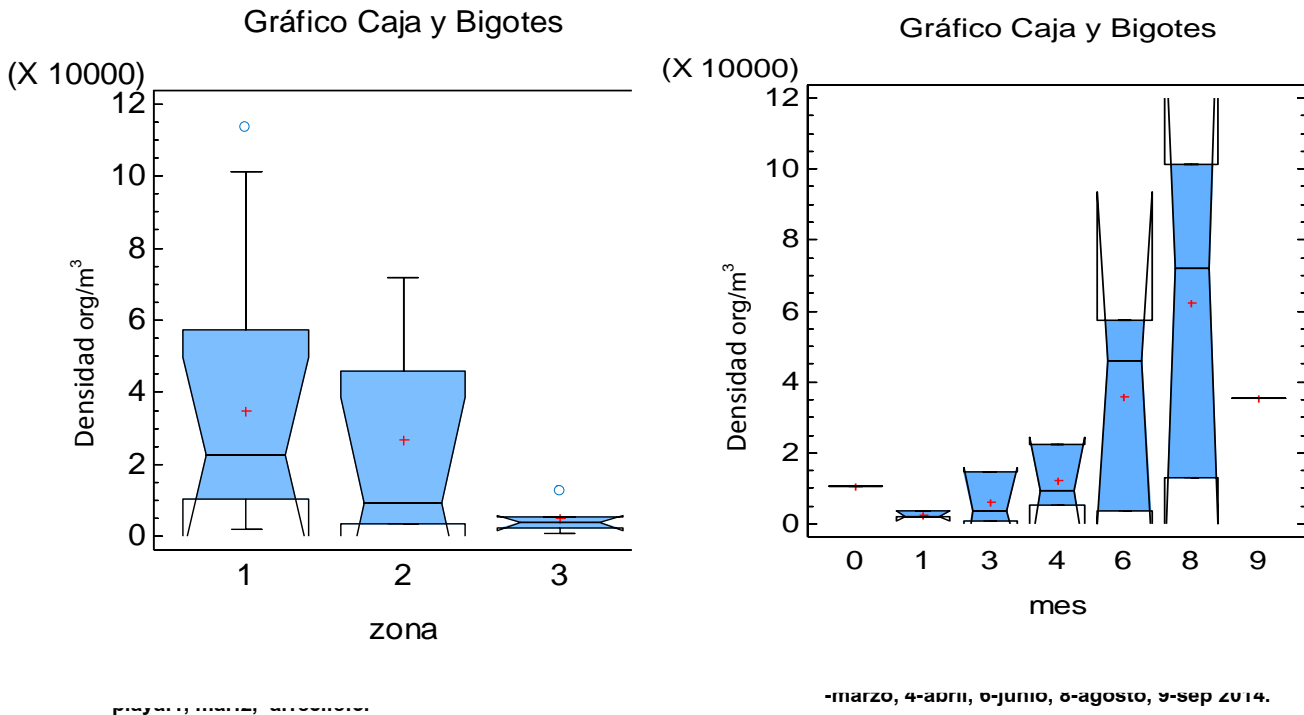
En la estación de arrecife se observa una homogeneidad respecto a los porcentajes de las especies que se encontraron *Ch. peruvianus* con 19%, *Ch. decipiens* con 15%, *Ch. affinis* 15%, *Ch. diversus* 14%, y *Ch. contortus* con 10%, cabe mencionar que la especie *Ch. decipiens* fue constante y ocupó un porcentaje mayoritario en las 3 zonas durante este estudio.



Grafica 11. Porcentaje de cada especie en arrecife

Análisis estadístico

Los contrastes entre las 3 zonas se aprecian en el gráfico exploratorio de caja y bigote. Podemos ver en la gráfica de caja y bigotes que los datos en cada una de las zonas tienen diferente tamaño y concentración de datos; la caja más pequeña y cuyos datos tienen menos dispersión es la zona 3 que es la de arrecife. La zona 1 es playa y la 2 es mar, estas tienen cajas similares aunque la densidad en playa es mayor, por tanto su



En cuanto a las densidades del género *Chaetoceros* en los meses, las cajas difieren en la concentración de los datos y el tamaño, se puede observar que se tiene un aumento en la densidad a lo largo de los meses que se acrecentó cada mes llegando así a su máximo en agosto, donde se presentó un afloramiento de algunas especies de *Chaetoceros* siendo *Ch. compressus* y *Ch. lanciniosus*, las especies con mayor aparición, teniendo una baja del género al término de este ya que en septiembre pese a que no se pudo salir a la estación de arrecife y mar, se puede inferir que después de agosto se tiene un declive en la densidad del género en las 3 zonas. (Gráfica 13).

Una vez teniendo el recuento, la extrapolación de los datos de todas las muestras y elaborar las gráficas de caja y bigote para tener una visión general de la simetría y la distribución de los datos, el siguiente paso era efectuar un ANOVA para identificar si hay diferencias entre las zonas y entre los meses respecto a la densidad de *Chaetoceros*, pero antes se realizó una prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para cumplir los supuestos de un ANOVA. La prueba de Shapiro-Wilk está basada en la comparación de los cuartiles de la distribución normal ajustada a los datos.

Debido a que los datos no se comportaban de manera normal, ya que el valor-P = $9.57913E-10$ fue menor a 0.05, y así se rechazó la hipótesis nula (H_0) de que los datos siguen una distribución normal con un 95% de confianza. Se procedió a efectuar una prueba equivalente para datos no paramétricos.

La prueba que se eligió para determinar diferencias entre las 3 estaciones fue la prueba de Kruskal-Wallis la cual evalúa la hipótesis de que las medianas de *Chaetoceros* dentro de cada una de las 3 zonas son iguales. Durante la prueba de Kruskal-Wallis por zona se obtuvo un Valor-P = 0.13455 el cual es mayor a 0,05 por tanto se aceptó la Hipótesis nula (H_0) en consecuencia no existe diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel de confianza de 95%.

Lo mismo se hizo para analizar el comportamiento entre los meses, en el cual la prueba de Kruskal-Wallis por mes con un Valor-P = 0.11383 mayor a 0,05, se aceptó la hipótesis nula (H_0) con un nivel de confianza del 95.0% por lo que no mostro una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de los meses.

Índices de diversidad

Los atributos ecológicos de Diversidad alfa y beta se muestran a continuación.

Diversidad alfa	
Diversidad de Shannon	
playa	1.84
mar	2.07
arrecife	2.3
Diversidad beta	
Sorensen (cualitativo)	
playa y mar	0.62
playa y arrecife	0.59
mar y arrecife	0.74
Especies compartidas	
11	

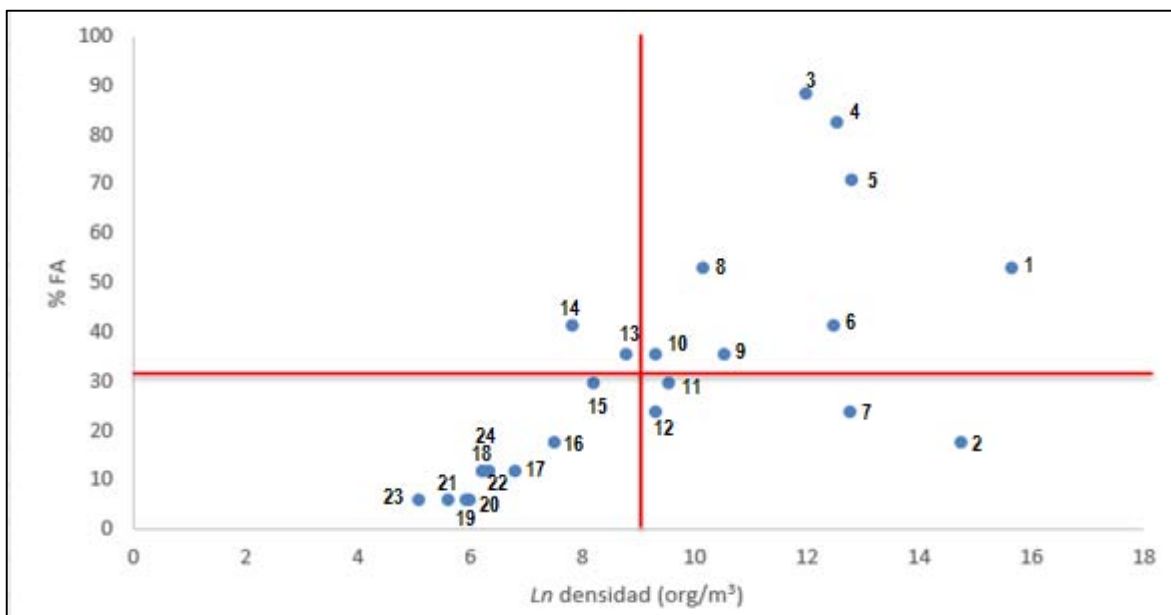
Tabla 1. Tabla de índices de diversidad

En la tabla 1 están resumidos los resultados de los cálculos para las diversidades de Shannon-Wiener y el índice de Sorensen (cualitativo) en las estaciones y entre estaciones.

Para jerarquizar la dominancia de las especies fitoplanctónicas se construyó el diagrama de Olmstead y Tukey (Sokal y Rohlf, 1981).

El análisis Olmstead-Tukey tiene una utilización práctica en estudios de ecología, ya que permite determinar de manera gráfica cuales especies de un ecosistema son dominantes, constantes, ocasionales y raras (Rodríguez-Villanueva, *et. al*, 2003).

La prueba se basa en la división en cuadrantes, los cuales se realizan cruzando las respectivas medias de frecuencia y el logaritmo natural de la densidad. En este encontramos que 8 especies fueron dominantes, 4 fueron ocasionales, 2 fueron constantes y 10 raras, estas se pueden identificar en la tabla 2 y en la gráfica 14 se observa la distribución de las especies en el diagrama Olmstead-Tukey.



Grafica 14. Diagrama de Olmstead-Tukey: 1- *Ch. lanciniosus*, 2- *Ch.compressus*, 3- *Ch. peruvianus*, 4- *Ch.decipiens*, 5- *Ch.diversus*, 6- *Ch.affinis*, 7- *Ch.curvisetus*, 8- *Ch. iorenzianus*, 9- *Ch. debilis*, 10- *Ch.coarctatus*, 11- *Ch.contorctus*, 12- *Ch.rostratus*, 13- *Ch.teres*, 14- *Ch.brevis*, 15- *Ch.danicus*, 16- *Ch.atlanticus*, 17- *Ch. protuberans*, 18- *Ch.furcellatus*, 19- *Ch.tortissimus*, 20- *Ch.tetrastichon*, 21- *Ch.pelagicus*, 22- *Ch.didymus*, 23- *Ch. subtilis*, 24- *Ch.messanensis*.

Dominante	Constante	Ocasional	Rara
<i>Ch. affinis</i>	<i>Ch. brevis</i>	<i>Ch. compressus</i>	<i>Ch. subtilis</i>
<i>Ch. coarctatus</i>	<i>Ch. teres</i>	<i>Ch. contortus</i>	<i>Ch. atlanticus</i>
<i>Ch. debilis</i>		<i>Ch. curvisetus</i>	<i>Ch. furcellatus</i>
<i>Ch. lorenzianus</i>		<i>Ch. rostratus</i>	<i>Ch. pelagicus</i>
<i>Ch. diversus</i>			<i>Ch. didymus</i>
<i>Ch. lacinosus</i>			<i>Ch. protuberans</i>
<i>Ch. decipiens</i>			<i>Ch. tetrastichon</i>
<i>Ch. peruvianus</i>			<i>Ch. danicus</i>
			<i>Ch. tortissimus</i>
			<i>Ch. messanensis</i>

Tabla 2. Olmstead-Tukey clasificación de la ocurrencia temporal

Las especies dominantes son 8 en total como se observa en la tabla de clasificación de la ocurrencia temporal (Tabla 2). Dentro de estas *Ch. lacinosus* registro la máxima densidad entre todas las especies con 6.3×10^6 org/m³. Por otra parte la especie con la segunda mayor densidad fue *Ch. compressus* con 2.5×10^6 org/m³ la cual se clasifica en ocasional.

Ch. debilis, *Ch. lorenzianus*, clasificadas como dominantes además de *Ch. danicus* clasificada en raras son 3 de las 24 especies que están reportadas como taxa nocivos no tóxicos.

Variables ambientales en las estaciones

Los parámetros tomados en botella a lo largo del ciclo anual están representados en las Gráficas 15 16 y 17 para cada una de las estaciones.

Los parámetros en playa se mantuvieron constantes sin embargo algunos de los parámetros en las otras estaciones no están disponibles debido al evento de nortes que se presentaron en los respectivos meses y cuyo efecto en las condiciones ambientales no permitieron la salida a las estaciones de mar y arrecife en noviembre del 2013 y septiembre del 2014.

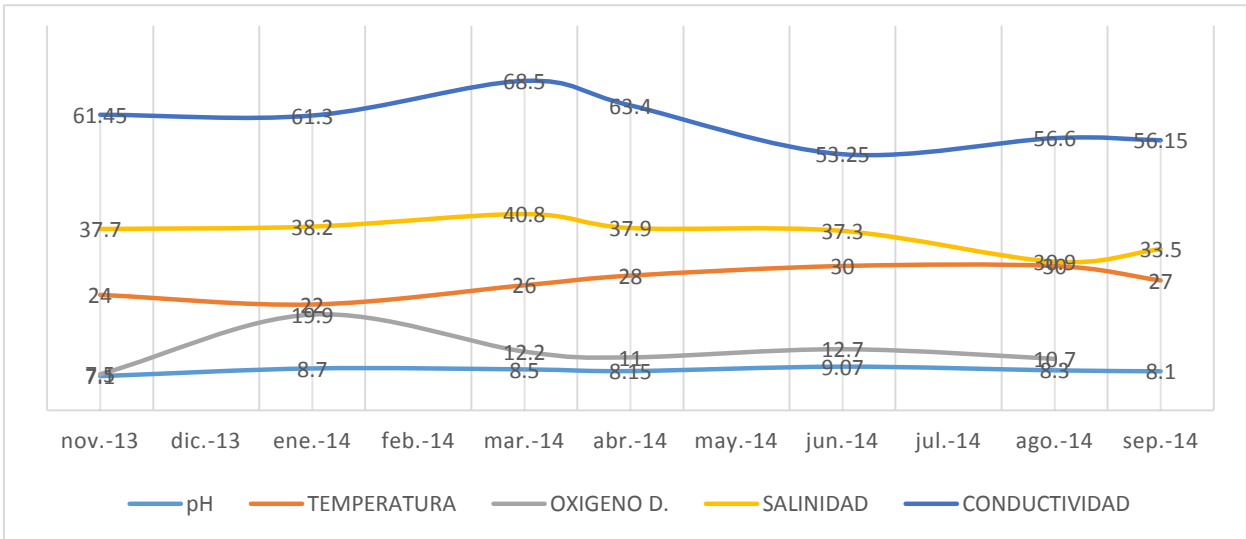
El pH en la zona de playa fluctuó en un intervalo de 7.1 a 9, por otra parte en mar fue de 8.1 – 8.6, y en arrecife de 7.9 – 8.6 estos dos últimos conocidos por sus condiciones más estables que la zona costera y a esto se debe que el rango fuera más amplio en la estación en playa.

La Temperatura en playa fluctuó de los 22 - 30 C°, en mar fue de 23 – 31C° y en arrecife de 22 – 29C°. Un parámetro que se mantuvo en casi los mismos rangos para las 3 estaciones.

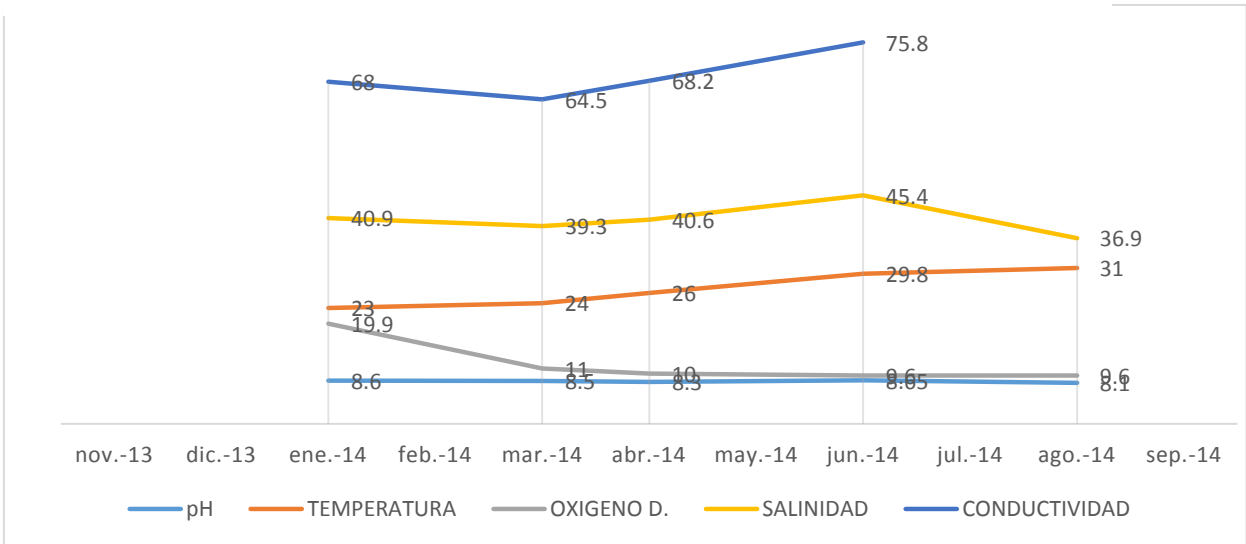
El Oxígeno en playa vario de 7.5 – 19,9 mg/L en mar de 9.6 - 19.9 mg/L y en arrecife de 8.3 - 19.9 mg/L, todas con un máximo en enero.

La Salinidad en playa se mantuvo en un rango de 30.9 - 40.8 ‰, en mar fue de 36.9 - 45 ‰ y en arrecife de 31.9 - 39.4 ‰.

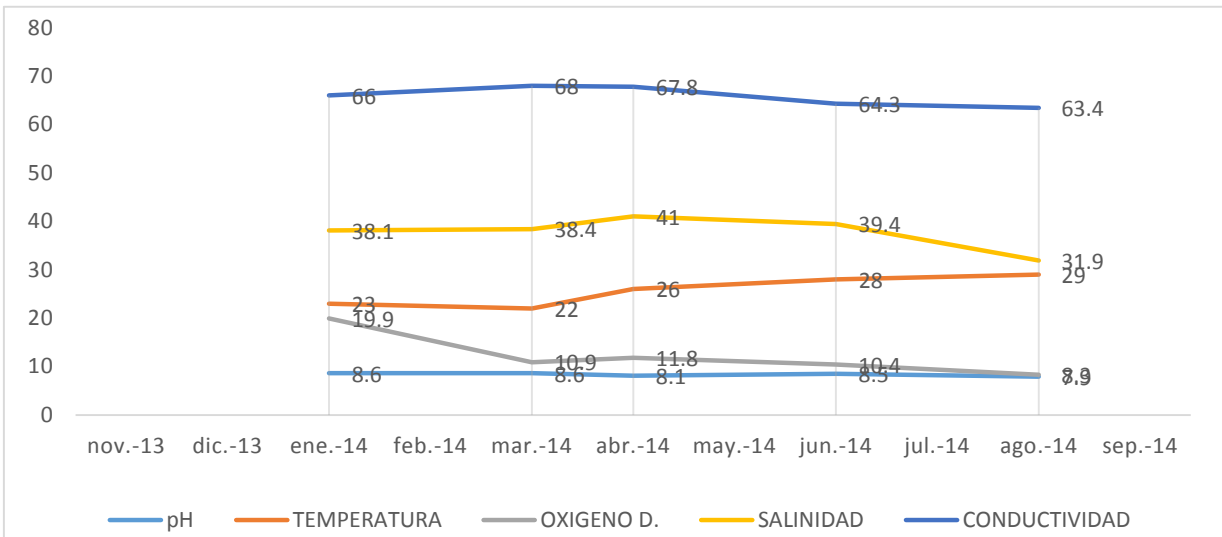
La Conductividad en playa se registró con valores de 53 – 68 mS/cm² en mar fue de 64 - 75 mS/cm² y en arrecife de 63.4 - 68 mS/cm². Se aprecia que las condiciones en playa son de valores poco mayores que en el arrecife y este último tiene rangos mayores que la estación en playa.



Grafica 15. Gráfica de parámetros de la zona de muestreo en playa



Grafica 16. Gráfica de parámetros de la zona de muestreo mar.



Grafica 17. Gráfica de parámetros en zona de muestreo arrecife.

Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales (ACP) permitió establecer los parámetros que resultan más importantes para explicar la variabilidad de las especies de *Chaetoceros* en las 3 zonas.

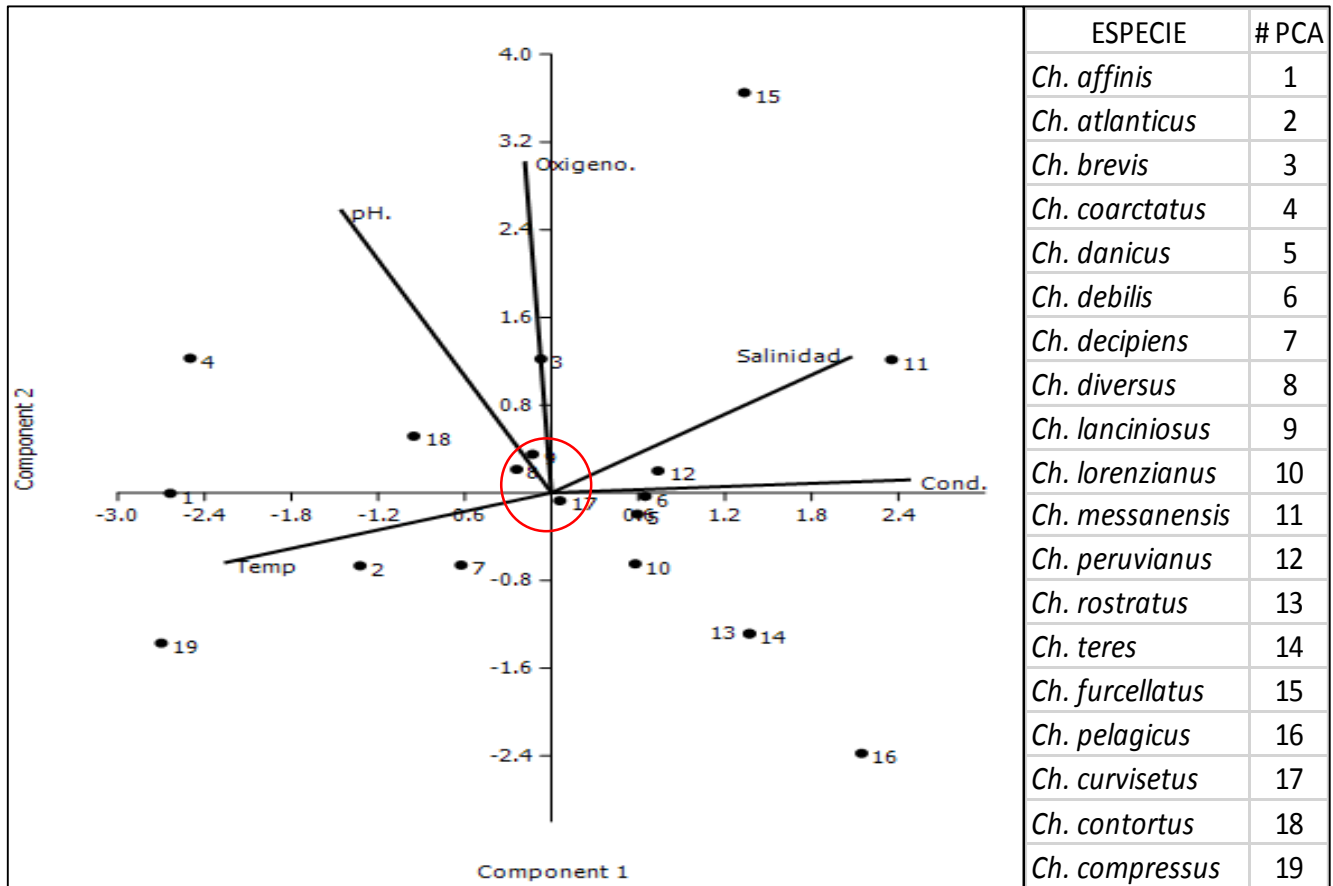
De acuerdo con el criterio de Kaiser (Garson, 2008), se seleccionaron los componentes del ACP que presentaron valores propios (Eigenvalues), iguales o superiores a 1.

El análisis de zonas y especies con respecto a los factores ambientales en playa, indican que los primeros dos componentes en conjunto explican 80% de la variabilidad en los datos originales. Por lo que las variables salinidad y conductividad se asocian de manera directa al componente 1, mientras que las variables pH, temperatura y oxígeno lo hacen de manera indirecta. Para el componente dos, las variables oxígeno, pH, salinidad y conductividad se asocian directamente, de mayor a menor grado respectivamente a este componente, en consecuencia la temperatura tiene una relación indirecta.

En la de mar, 3 componentes se han extraído puesto que tuvieron eigenvalores mayores o iguales que 1.0. En conjunto ellos explican 87% de la variabilidad en los datos originales. Por lo que las variables pH, oxígeno, salinidad y conductividad se correlacionan positivamente al componente 1 mientras que la temperatura lo hace de manera negativa. Para el segundo componente las variables de pH, temperatura y conductividad son las que tienen correlación positiva en este componente, al contrario del oxígeno, y salinidad. El tercer componente tiene marcado con mayor correlación el oxígeno y en menor grado la conductividad, temperatura y pH, y de manera negativa, la salinidad.

Por su parte en el arrecife se indican que los primeros dos componentes en conjunto explican 80% de la variabilidad en los datos originales. Por lo que el oxígeno, pH, salinidad y conductividad tienen alta correlación positiva en el componente 1 mientras que la temperatura se marca con correlación negativa. Y el segundo componente las variables temperatura, salinidad y conductividad se asocian positivamente a este, no así el pH y el oxígeno.

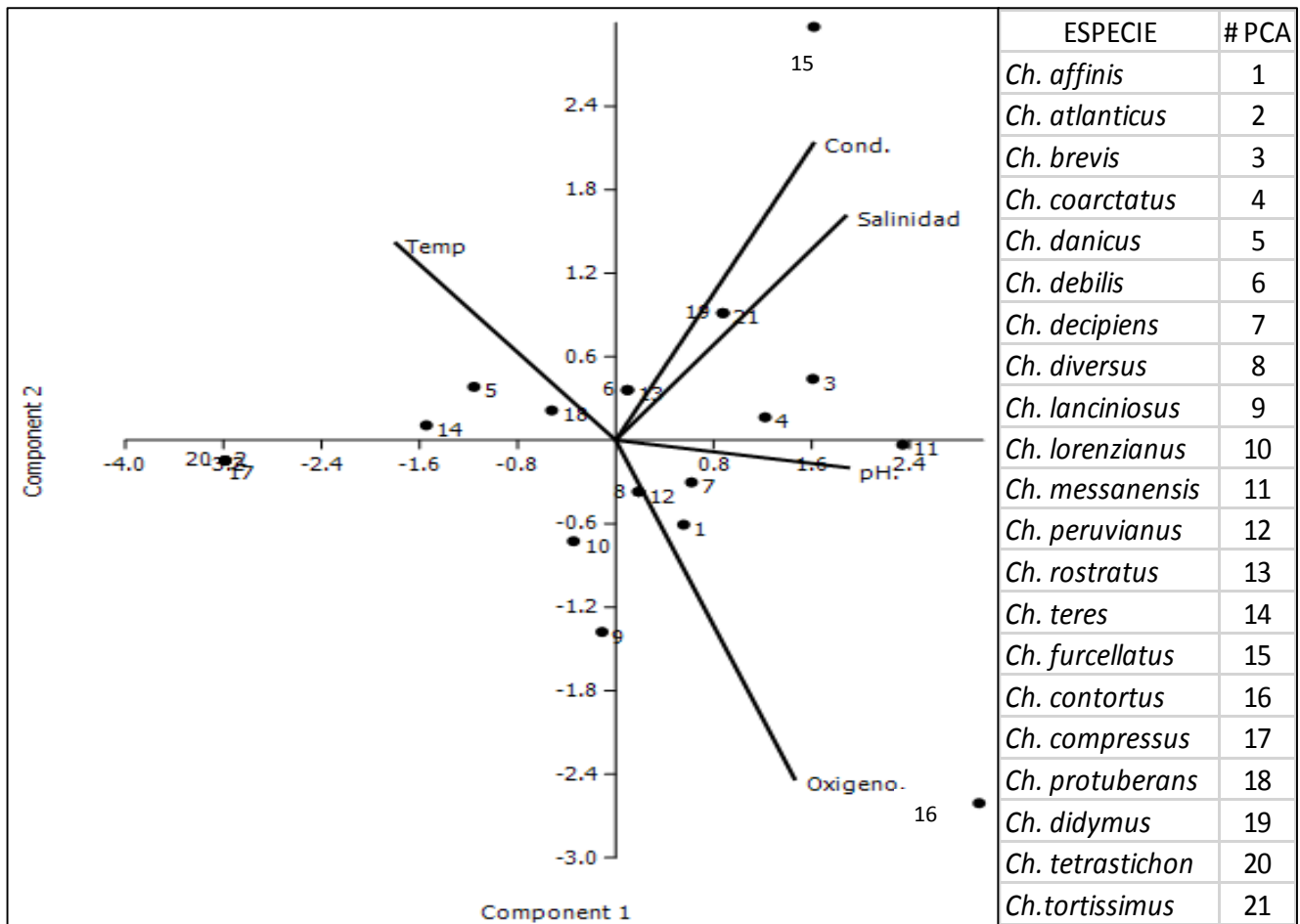
Para cada una de las estaciones se muestran las gráficas 18, 19 y 20, en donde se contraponen las especies y los parámetros medidos en cada estación producto del ACP.



Grafica 18. Análisis de componentes principales en playa

Playa

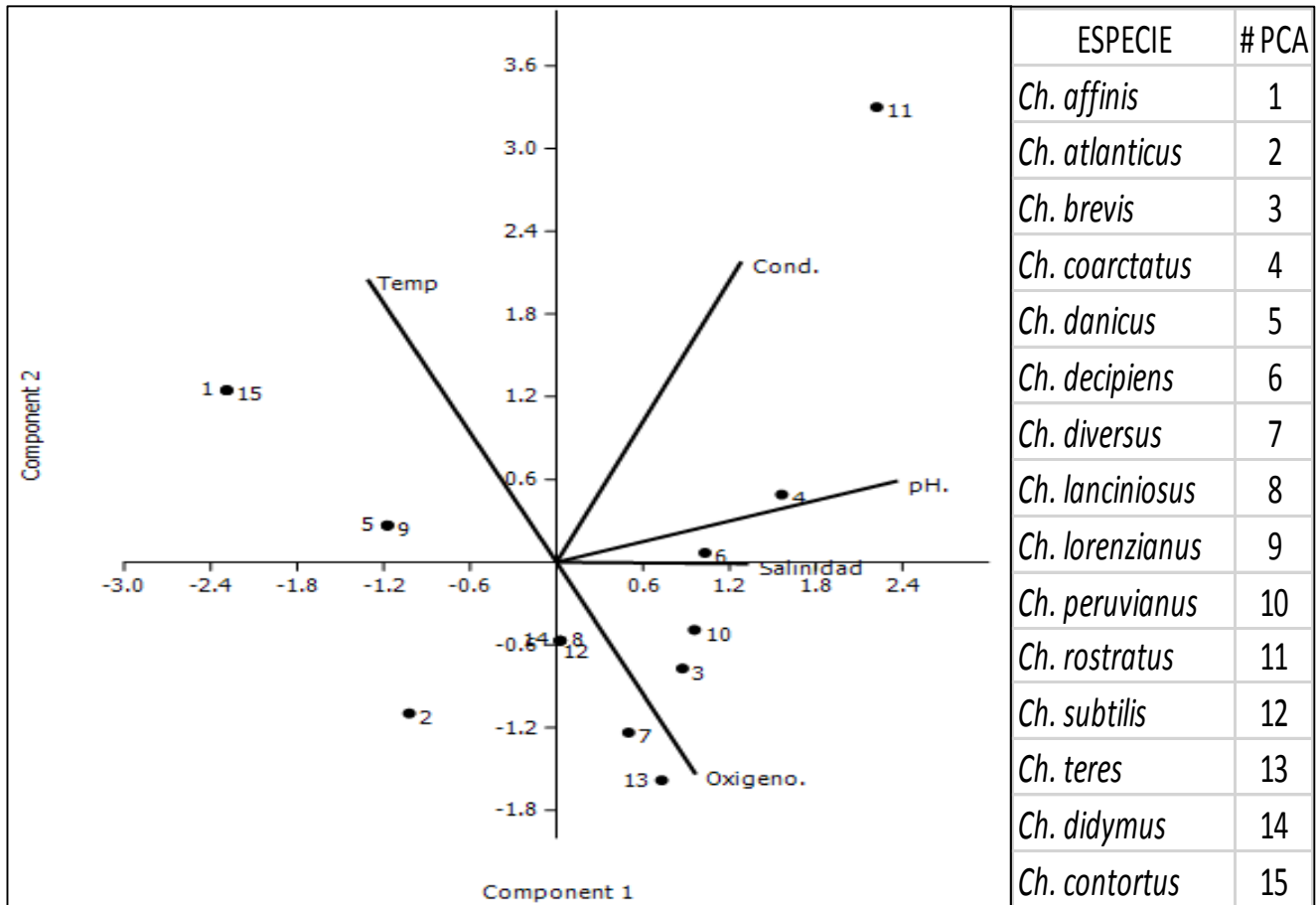
El análisis de componentes principales (ACP) en la zona de playa mostró la afinidad de algunas especies a las variables de los componentes 1 y 2, explicando su relación a las condiciones de la zona y por el contrario, aquellas que podrían no tener tan marcada esta relación; las cuales se agruparon en un círculo: *Ch. diversus*, *Ch. curvisetus*, *Ch. lanciniosus*. Por otra parte, para ciertos parámetros hay especies que se observan más afines como son *Ch. affinis*, *Ch. atlanticus*, *Ch. decipiens* y *Ch. compressus* para temperatura. Las especies *Ch. contortus* y *Ch. coarctatus* se asocian a las variables de pH y temperatura. Oxígeno con *Ch. brevis*, Salinidad con *Ch. messanensis*. Entre oxígeno y salinidad *Ch. furcellatus*. Entre la salinidad y conductividad, *Ch. peruvianus*. Para la conductividad 3 especies: *Ch. danicus*, *Ch. debilis* y *Ch. lorenzianus*. Las especies *Ch. rostratus*, *Ch. teres* y *Ch. pelagicus* pueden no estar determinada por un conjunto de parámetros y solo se han considerado los parámetros medidos en este estudio por lo que no se argumenta que cierta especie tenga una limitante debida a un parámetro en específico.



Grafica 19. Análisis de componentes principales arrecife

Arrecife

En el ACP de arrecife, *Ch. furcellatus*, *Ch. contortus*, *Ch. atlanticus*, *Ch. compressus* y *Ch. tetrastichon* se muestran sin una clara relación con los parámetros de este estudio. Entre Las especies que se muestran afines a la temperatura están: *Ch. danicus*, *Ch. protuberans* y *Ch. teres*. Las siguientes *Ch. tortissimus* y *Ch. didymus* se relacionan más con salinidad y conductividad. *Ch. rostratus*, *Ch. debilis* a la temperatura y conductividad. *Ch. diversus*, *Ch. lorenzianus*, *Ch. lancinosus*, y *Ch. peruvianus* al oxígeno. Agrupándose *Ch. coarctatus* *Ch. brevis* y *Ch. messanensis* al pH junto con salinidad y por ultimo *Ch. affinis*, *Ch. decipiens* pH y oxígeno.



Grafica 20. Análisis de componentes principales en mar

Mar

Las especies que se asociaron al oxígeno fueron *Ch.didymus*, *Ch.subtilis*, *Ch.diversus*, *Ch.teres* y *Ch.lancinosus*. La salinidad y el oxígeno en conjunto muestran 2 especies asociadas: *Ch.peruvianus* y *Ch.brevis*. *Ch.affinis*, *Ch.contorctus*, *Ch.danicus*, y *Ch.lorenzianus* a la temperatura. Para el pH y salinidad: *Ch. decipiens*; solo pH tiene a *Ch.coarctatus*. *Ch. atlanticus* y *Ch.rostratus*, parecen estar más alejados de algún parámetro aunque *Ch.rostratus* podría estar poco relacionado con la conductividad.

DISCUSIÓN

La densidad del género *Chaetoceros* en el PNSAV varió mensualmente dentro de las 3 zonas, con un afloramiento que se presentó en playa en el mes de agosto y cuyas especies formadoras se encontraron en cada una de las zonas a pesar de la lejanía de las estaciones.

El número de organismos varió entre 165 y 10, 135,692 org/m³ siendo mínimos en noviembre y aumentando en abril hasta el máximo en agosto como se muestra en las figuras 3, 4 y 5. Coincidiendo con lo que Allen, (1925) y Harris, (1986) mencionan acerca de la presencia de los afloramientos en época de lluvias.

Este aumento se registra en verano en el mes de agosto que forma parte de la época de lluvias, debido a remolinos ciclónicos que llevan agua profunda rica en nutrientes a la superficie lo que provoca el aumento en especies que se ven beneficiadas por estos. Durante este mes, debido a la ubicación de los arrecifes de coral y la costa, un remolino ciclónico se favorece en la zona noroeste del parque (Salas-Monreal *et al.*, 2009).

Entre las distinciones que dio el diagrama de Olmstead-Tukey están delimitadas 8 dominantes, solo dos constantes 4 ocasionales y 10 raras. Entre las dominantes *Ch. lancinosus* registró la máxima densidad con 6.3×10^6 org/m³, la especie ocasional fue *Ch. compressus*, la cual registro la segunda mayor densidad con 2.5×10^6 org/m³ y las 3 especies que se clasificaron como dominantes que tienen las siguientes mayores densidades fueron: *Ch. diversus* con 361×10^3 org/m³, *Ch. decipiens* 284×10^3 org/m³ y *Ch. peruvianus* con 159×10^3 org/m³. La constante aparición de esas especies y otras más se debe a que especies como *Ch. compressus*, *Ch. decipiens*, *Ch. diversus*, *Ch. lorenzianus*, *Ch. messanensis* y *Ch. peruvianus* se consideran de amplia distribución mundial (Hernández-Becerril, 1998).

El número de taxones de *Chaetoceros* registrados en este estudio en el PNSAV a diferencia del realizado por Hernández-Becerril, en 1998 en el sur del Golfo de México, es relativamente baja con 24 especies pero no comparado con un registro más actual de Okolodkov, (2011) en el que enlista 28 especies en el PNSAV.

A diferencia del estudio de Hernandez-Becerril, (1998) con 42, este registro es comparable con los registros de otras obras de las zonas templadas, por ejemplo Proshkina-Lavrenko (1955) encontró 48 especies de *Chaetoceros* en el Mar Negro, Hendey (1964) informó de 62 taxones de aguas costeras británica, Rines y Hargraves (1986) encontraron 45 taxones en la bahía de Narragansett, mientras que Jensen y Moestrup (1998) describen 47 taxones de aguas costeras danesas.

En las regiones subtropicales tropicales Allen y Cupp (1935) encontraron 23 taxones del mar de Java y Ruiz (1988) con 23 especies en la plataforma continental de la bahía de Campeche, el cual es el registro más parecido a este estudio, Cupp (1943) ilustra 54 taxones en las aguas del Pacífico del sur de California, mientras que Simonsen (1974) registró sólo 18 taxones del Océano Índico. Hernández Becerril en (1996) informó de 46 taxones del Océano Pacífico frente a México.

El género *Chaetoceros* es un componente importante de los conjuntos de fitoplancton como lo menciona Orlova, *et al.*, (2003) en el cual floraciones de *Ch. affinis*, *Ch. constrictus*, *Ch. curvisetus* y *Ch. salsugineus*, se observaron en verano con abundancias superiores a 1×10^6 células / L⁻¹ que comprendían el 50% de la abundancia total de fitoplancton a diferencia del 34% que aquí se presenta. Las especies dominantes en la temporada de invierno-primavera fueron *Ch. debilis*, *Ch. decipiens* y *Ch. pseudocrinitus*, con una abundancia de primavera llegando a 800, 000 células / L⁻¹, que comprende el 98% de la abundancia total de fitoplancton.

Estas especies nocivas no tóxicas fueron halladas; *Ch. danicus* Cleve, *Ch. debilis* Cleve, *Ch. lorenzianus* Grunow, (Sunesen, *et al.*, 2008). Las especies aparecen en la figura 6 y su porcentaje para cada una respectivamente es de 4, 5 y 7% aunque para *Ch. danicus* la concentración máxima alcanzada por la especie en las muestras cuantitativas fue de 1,199 org/m³, hay asociación a eventos nocivos en otras áreas geográficas: *Ch. danicus* es una de las especies implicadas en eventos de mortandad masivas de peces en cultivo, debido a anoxia e hipercapnia generadas por el taponamiento de las branquias de los animales con el mucus que estos producen en respuesta al daño físico causado por las grandes setas espinosas (Horner *et al.*, 1997). *Ch. debilis* por otra parte, es una especie cosmopolita, principalmente en aguas frías según Hasle & Syvertsen (1996), cuya concentración máxima alcanzada por la especie en las muestras cuantitativas fue de 26 610 org/m³. Asociada a eventos nocivos en otras áreas geográficas: *Ch. debilis* fue reportada como formadora de una floración asociada a mortandad de salmones en cultivo en las Islas Shetlands, Escocia (Smayda 2006). Y la última, *Ch. lorenzianus* es una especie de aguas cálidas según Hasle & Syvertsen (1996) y de aguas tropicales y templadas según Cupp (1943). La concentración alcanzada por *Ch. lorenzianus* en las muestras cuantitativas fue de 15,311 org/m³, *Ch. lorenzianus* fue reportada como productora de una gran mortandad de sardinas en el Golfo de Nicoya, en la costa Pacífico de Costa Rica a pesar de que no se observaron floraciones (Vargas-Montero y Freer 2004).

Entre las estaciones la proporción anual del género *Chaetoceros* no fue la misma ya que en mar la proporción es menor que en arrecife y en playa, pero estas dos, arrecife y playa parece tener casi la misma, aunque difieren en cuanto a las densidades, ya que en playa la densidad reportada fue mayor que en arrecife. En la estación de playa se presentó una elevada densidad, debida aun afloramiento de organismos entre los cuales las especies de *Chaetoceros* fueron los protagonistas mayoritarios, en concreto a 3: *Ch. lancinosus* *Ch. compressus* *Ch. affinis*.

Algunas especies causan " blooms " significativos tanto en el océano y la costa (Shevchenko y Orlova, 2010). La dominancia del género *Chaetoceros* es típico de la segunda etapa de la sucesión de fitoplancton en los ecosistemas marinos (Raymond, 1980).

Por lo tanto el fitoplancton es generalmente la fuente de vida para los recursos pesqueros así como en la acuicultura, pero también puede llegar a ser la causa de muerte de los animales acuáticos así como el hombre y a su vez de enormes pérdidas económicas en las actividades pesqueras y turismo (Alonso-Rodríguez *et al.*, 2011).

Para explicar de manera amplia lo que los índices de diversidad significan, las definiciones de cada uno se enlistan a continuación:

Diversidad alfa: Se refiere a la diversidad dentro de una misma comunidad en un mismo hábitat
Diversidad beta: Diversidad entre hábitats es el grado de reemplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales.

Índice de Shannon-Wiener, H' . Este índice se basa en la teoría de la información (mide el contenido de información por símbolo de un mensaje compuesto por S clases de símbolos discretos cuyas probabilidades de ocurrencia son p_1, \dots, p_S) y es probablemente el de empleo más frecuente en ecología de comunidades (Shannon y Weaver, 1949).

Índice de similaridad cualitativo de Sorensen (C_s): Mide la similaridad entre una determinada ubicación y otra, considerando la presencia, ausencia, número de especies comunes y totales en dos puntos de muestreo comparados. Este índice está diseñado para ser igual a 1 en caso de similaridad completa e igual a cero en puntos de muestreo sin especies en común, además, posee un fácil cálculo matemático (Moreno, 2001; Margalef, 1995; Franco *et al.*, 1985.)

Si la dominancia esta inversamente relacionada a la diversidad (Krebs, 1978); Los índices de diversidad α muestran que es mayor en la estación de arrecife la cual se caracterizó por tener menor número de organismos por m^3 , por lo que la diversidad responde a la variedad y equitatividad, es decir a la riqueza de especies y el número de organismos por especie que hay, siendo más diversos aquellos ambientes donde no hay una dominancia de la abundancia de pocas especies, o bien aquellas poblaciones que son homogéneas.

En contraparte el comportamiento contrario fue el caso de playa ya que al tener mayor número de organismos es menos diversa ya que el número de organismos por especie fue menos equitativo en esta estación debido a la alta densidad de ciertas especies que hace que sea la estación menos homogénea en este aspecto coincidiendo con lo reportado por Cárdenas, (1992) en donde nos dice que las abundancias mayoritarias se presentaron en áreas aledañas a la costa. Cabe mencionar que la que se ubica en medio de esta comparación es la estación de mar ya que se obtuvo un 2.07 según el cálculo realizado para la diversidad de Shannon (H') lo cual la posicionó en medio de las otras dos estaciones. Por otra parte la diversidad β fue representada con el índice cualitativo de Sorensen (C_s) el cual arroja una similitud entre las especies y su proporción entre las estaciones de playa, mar y arrecife, en donde el valor más alto de las 3 comparaciones posibles se obtuvo entre la estación de mar y arrecife con un índice

de Sorensen de 0.74 mostrando la mayor semejanza puesto que el valor más alto puede ser de 1 el cual indicaría una completa similitud. Seguidamente en orden de similitud con un 0.62 la estación de playa vs mar. Por último la estación de playa vs arrecife se ubica en la tercera posición de similitud con 0.59. Se puede decir que este índice nos dice que la similitud de las 3 estaciones está por arriba del 50 %. Por último la diversidad compartida de especies fue de 11 de un posible de 24 especies. De tal manera que la marcada estacionalidad de la abundancia del fitoplancton y de las características ambientales estudiadas, serían los factores determinantes de las diferencias temporales en la diversidad encontradas en este sistema. De acuerdo con lo dicho por Tapia, (2012) aquellos lugares que presenten especies en abundancia serán a su vez sitios con menor riqueza de especies debido a la competencia en el espacio. Esto se puede relacionar con los índices de diversidad realizados, donde se encontró que en playa la abundancia de 4 o 5 especies resulta ser dominante, pero el resto de las especies en esta zona su abundancia es menor y no están equitativamente representadas, en contraste con el arrecife, donde hay mayor uniformidad, es decir equitatividad entre el número de especies y la abundancia de cada una.

Coincidiendo con lo reportado por Lot-Helgueras, (1971), las condiciones que presentó la estación en arrecife fueron de 22° a 29° C y 37.5 ups media anual, números ligeramente superiores pero manteniendo el esquema ya que las mencionadas por este autor son temperaturas que oscilan entre 22° y 28° C, aguas transparentes y salinidad de 34 a 37 ppm. (Lot-Helgueras, 1971).

El pH en la zona de playa tuvo un rango de 7.1 a 9, por otra parte en mar fue de 8.1 a 8.6, y en arrecife de 7.9 a 8.6 estos dos últimos conocidos por sus condiciones más estables que la zona costera y a esto se debe que el rango fuera más amplio en la estación en playa, debido a la descarga de detergentes cuyas propiedades son básicas y que influyen en cierto grado en el pH además de las otras fuentes de contaminación que son vertidas en las zona costera.

Salinidad media anual 40 ups para mar, la cual es ligeramente alta a comparación de las otras 2 estaciones y la temperatura del agua media anual se encuentra en lo registrado con 26.8°C. En cuanto a la estación de playa, la salinidad media anual fue de 37 ups, la temperatura del agua se mantuvo entre 24° a 30° C, en contraste lo reportado por la CONABIO, (2011) fue de 34.5 ups media anual y temperatura del agua entre 16° y 30° C.

En cuanto al género *Chaetoceros* Góngora, (2014) menciona que está mayormente distribuido en primavera-verano con un máximo en julio, salinidad de 26 – 36 ups y temperaturas de 22 a 30°C, en contraste con este trabajo en donde se encontró el máximo un mes después en agosto con temperaturas de 22- 31°C y salinidad 36 - 45‰. Esto sugiere que el género tiene un rango de adaptabilidad más amplio, lo que lo caracteriza como género cosmopolita (Hasle y Syvertsen 1997).

El Oxígeno en playa varió de 7.5 – 19,9 mg/L, en mar de 9.6 - 19.9 mg/L y en arrecife de 8.3 - 19.9 mg/L, todas con un máximo en enero en el que cabe dentro de la época de nortes y cuyas interacciones de los eventos climáticos como lluvias y vientos además del oleaje influyeron en este valor el cual para las zonas resulta estar sobre saturado.

El fitoplancton está conformado por organismos de distinta índole cuya propiedad fotosintética les otorga la capacidad de desarrollarse con luz y nutrientes apropiados, lo cual sumado a condiciones particulares de salinidad y temperatura, dan lugar a la dominancia de un cierto tipo de organismos sobre otros. (Ochoa, *et al.*, 2003). Por tanto ya que los factores en el mes de agosto tienen los valores de salinidad y temperatura que se presentan junto con el evento de afloramiento es posible que se deba en parte a estas condiciones.

Si se define la estabilidad como “la capacidad de un sistema de volver a su estado original después de un disturbio” (Krebs, 1978), y si consideramos las fluctuaciones de los parámetros abióticos como pequeños disturbios, tendremos una estabilidad local buena en las tres estaciones; pero existen diferencias entre cada zona en cuanto a la diversidad de especies, relación entre No. de especies y abundancia y también en los rangos de parámetros físicos y químicos (Bustillos 1981).

El análisis de componentes principales (ACP) mostró que la ocurrencia de algunas especies está relacionada con las variables contenidas en promedio en 2 componentes en playa, mar y arrecife que explican el 80% de la variabilidad total.

Ch affinis, *Ch. contortus* y *Ch danicus* demostraron tener mayor afinidad a la temperatura al tener coincidencias entre las zonas, *Ch.peruvianus*, *Ch.brevis*, *Ch.diversus* y *Ch. lorenzianus* se encontraron con tendencia al oxígeno, 2 especies con afinidad a la salinidad la cual fue *Ch.messanensis* y *Ch. brevis*, por su parte las especie que se encontraron con tendencia al pH fue *Ch.coarctatus* y *Ch. decipiens*. El resto de especies no mostraron algún sesgo o agrupamiento en específico a los parámetros con los que se correlacionaron por lo que puede no haber algún factor o combinación de factores que pueda determinar de manera puntual la variabilidad de estas especies, por lo que se podría sugerir el aumento de variables para tener un análisis más completo ya que se trata de un género cosmopolita representado en una diversidad de ambientes cuyas condiciones ambientales difieren unas de otras. Es por ello que debemos considerarla una técnica descriptiva, una técnica que intenta buscar la representación de una muestra de individuos y sus variables de interés en donde la muestra es la finalidad.

El fitoplancton es sensible a los cambios ambientales y la falta de información y experiencia técnica, constituye un problema general a la necesidad de implementación y coordinación de modelos de vigilancia costera y el fomento de conciencia y una mayor divulgación de los efectos de las floraciones algales nocivas hacia la población en general por parte de las autoridades sanitarias, escuelas de biología e instituciones pesqueras. (Orduña, 2012).

CONCLUSIONES

En las tres zonas estudiadas el género *Chaetoceros* está integrado por 24 especies. La proporción general del género dentro del fitoplancton total fue de 34%, el porcentaje de este género vario entre las zonas con 44% en playa, en el mar 15% y en el arrecife 45%. De este 34% las más abundantes con los mayores porcentajes fueron *Ch. peruvianus* 12%, *Ch. decipiens* con 11%, *Ch. diversus* 9%, *Ch. lancinosus* 7%, *Ch. lorenzianus* 7%, *Ch. affinis* 6%, *Ch. brevis* 6%, *Ch. teres* 5%, *Ch. debilis* 5%, *Ch. coarctatus* 5%. Las restantes 14 con porcentajes menores a 5% son: *Ch. atlanticus*, *Ch. danicus*, *Ch. messanensis*, *Ch. protuberans*, *Ch. rostratus*, *Ch. subtilis*, *Ch. furcellatus*, *Ch. pelagicus*, *Ch. didymus*, *Ch. curvisetus*, *Ch. tetrastichon*, *Ch. contorctus*, *Ch. compressus*, *Ch. tortissimus*.

La riqueza de especies que comparten las tres estaciones fue de 11 de un total de 24 especies descritas, además la diversidad de cada zona fue distinta teniendo la mayor diversidad en arrecife, esto es debido a que las especies están, a diferencia de las otras zonas, distribuidas equitativamente es decir la abundancia de organismos por especie es más homogénea en esta zona a comparación a la que se encontró en mar, y esta a su vez mayor a la playa.

El análisis de componentes principales (ACP) mostró que la ocurrencia de algunas especies está relacionada con las variables contenidas en 2 componentes en playa, mar y arrecife que explican el 80% de la variabilidad total.

Se confirmó de acuerdo a la hipótesis que la mayor densidad se registró en playa, la diversidad más alta en el arrecife y la proporción menor del género fue observada en la estación de mar.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen W. E, Cupp E. E. (1935). Plankton diatoms of the Java Sea. *Ann Jardin Bot Buitenzorg* 44:101-224.
- Allen W. E. (1925). Review of five years of studies on phytoplankton at Southern California Piers. 1920-1924. *Inst. Oceanogr. Tech. Ser.* 1(15); 347-356
- Alonso-Rodríguez, R., F. Páez-Osuna & I. Gárate-Lizárraga. (2004). El fitoplancton en la camaronicultura y larvicultura: importancia de un buen manejo. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México y Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Sinaloa, México. 147 p.
- Borrero, N., L. López-Baluja y G. Popowski. (1984): Distribución del fitoplancton en la región SE de la plataforma de Cuba. *Academia de Ciencias de Cuba, Instituto de Oceanología, Reporte de Investigación*, 27: 29 pp.
- Brown, M. R., Jeffrey, S.W., Volkman J.K. y Dunstan, G. A. (1997). Nutritional properties of microalgae for mariculture. *Aquaculture* 151: 315-331
- Bustillos G. J. J. (1981). Caracterización de tres zonas de manglar del golfo de California México, de acuerdo a la composición específica, diversidad, densidad y dominancia de las comunidades de diatomeas. M.Sc. Thesis, CICIMAR-IPN, La Paz, Baja California Sur, Mexico.
- Bustillos-Hurtado, C. A. y López-Elías, J. A. (1994). Composición química de dos especies de microalgas en dos fases de crecimiento, cultivadas en medios simplificados. *Oceanografía* 2:133-148.
- Campos C. B., Custodio O. T., Torres S, C., Rivas A. M., y Cruz R. L. (2013). Registro preliminar de la composición fitoplanctónica de la Laguna Michoacán, Paraíso, Tabasco, México. *División Académica de Ciencias Biológicas*- 65 -72
- Cárdenas J. L. (1992). Variación espacial de la abundancia espacial del género *Chaetoceros* Erenberg (BACILARIOPHYCEAE), en una zona marina del sureste del golfo de México (primavera 1989) Tesis licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México FES Zaragoza 85 p.
- Chavez, E. A. y E. Hidalgo. (1988). Los arrecifes coralinos del Caribe Noroccidental y Golfo de México en el contexto socioeconómico. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México.* 15(1): 167-176
- Chávez, E. A., Hidalgo E. & Sevilla M. L. (1970). Datos acerca de las comunidades bentónicas del Arrecife Lobos, Veracruz. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural.* 30: 211-281.
- Clément A. y G. Lembeye. (1993). Phytoplankton monitoring program in the fish farming region of South Chile. In: Smayda TJ & Y Shimizu (eds). *Toxic phytoplankton blooms in the sea*, pp. 223-228. Elsevier, Amsterdam.

- Cloern, J. E. (1996). Phytoplankton bloom dynamics in coastal ecosystems: A review with some general lessons from sustained investigation of San Francisco Bay, California. *Reviews of Geophysics* 34: 127 -168.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2011). La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México concepto y características de hidrosfera consultado 01/7/2014 disponible en:(http://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-pau-bachillerato/tema_4.pdf)
- Cupp E. E. (1943). *Marine Plankton Diatoms of the West Coast of North America*. University of California Press. Berkeley, California. p 238
- DOF, (2000). Carta Nacional Pesquera. Instituto Nacional de la Pesca. Secretaria de agricultura, ganadería y desarrollo rural, pesca y alimentación (SAGARPA).
- Durán S. L. (1998). Proyecto H315 Diatomeas (Bascillariophyceae) más abundantes y frecuentes de la plataforma y talud continental del sur de México. Universidad Nacional Autónoma de México.
- El-Sayed, S. Z., Sackett, W. M., Jeffrey, L. M., Fredericks, A. D., Saunders, R. P., Conger, P. S., Fryxell, G. A., Steidinger, K. A. and Earle, S. A. (1972) Chemistry, primary productivity, and benthic algae of the Gulf of Mexico. In Bushnell, V. C. (ed.), *Serial Atlas of the Marine Environment*. American Geographical Society, New York, pp. 1–29.
- Emery, K.O. (1963). "Estudios regionales: arrecifes coralinos en México". *Geofis. Int.* 3:11-17
- Falkowski, P. G., Katz M. E., Knoll A. H., Quigg A., Raven J. A., Schofield O. y Taylor F. J. R. (2004). The evolution of modern eukaryotic phytoplankton. *Science* 305:354-360
- Ferrario M. E., Sar E. A y Sala S. E. (2010). Metodología básica para el estudio del fitoplancton con especial referencia a las diatomeas, In: Alveal K, ME Ferrario, EC Oliveira & EA Sar (eds). *Manual de Métodos Ficológicos*. Universidad De Concepción, Chile, 23 p.
- Franco, F.G., De la Cruz, A., Rocha, N., Navarrete, G., Flores, E., Kato, S., Sánchez, L., Abarca, C. Bedia. (1985). *Manual de ecología*. Edit. Trillas S. A. Segunda edición. México D. F, México.
- Fryxell G.A y Hasle G.R. (2004). Taxonomy of harmful diatoms. En: Hallegraeff GM, DM Anderson & AD Cembella (eds). *Manual on harmful marine microalgae*, pp. 465-509. IO Cof UNESCO, Paris
- Garson, G. D. (1998). Factor análisis. 30 p. Disponible en: <http://www2.chass.ncsu.edu/garson/pa765/factor.htm>
- Góngora S. I. I. (2014). Visión del plancton en el arrecife Santiaguillo Veracruz. Tesis que para obtener el título de Bióloga. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. p. 98.

- Gran H. H. (1908). XIX Diatomaceae. In: Brandt K & C Apstein (eds). Nordisches Plankton. Botanischer Teil 8 (19): 1-146. Lipsius & Tischer, Kiel und Leipzig.
- Granados B, A., Abarca A. L. G., y Vargas H. J.M., (Eds.), (2007). Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano. Universidad Autónoma de Campeche. 304 p.
- Gutiérrez, D., C. García Sáez, M. Lara y C. Padilla. (1993). "Comparación de arrecifes coralinos: Veracruz y Quintana Roo". En: S.I. Salazar Vallejo y N.E. González (comps.). *Biodiversidad marina y costera de México*. conabio-ciqro, pp. 787-806.
- Hargraves P. E., (1979). Studies on marine plankton diatoms IV morphology of *Chaetoceros* resting spores. *Nova hedwigia* Beich 64:99-108.
- Hasle G. R. (1986). *Phytoplankton Ecology. Structure, Function and fluctuation*. Chapman and Hall. Nueva York, 384 p.
- Hasle G. R., Lange C y Syvertsen E. E. (1996). A review of *Pseudo-nitzschia*, with special reference to the Skagerrak, North Atlantic, and adjacent waters. *Helgoländer Meeresunters* 50: 131-175.
- Hasle, G. R. y Syvertsen, E. E. (1997). Marine diatoms. En: Tomas, C. R. (ed.) *Identifying Marine Phytoplankton*. Academic Press, Inc., San Diego. 5-385.
- Hendey, N. I. (1964). An introductory account of the smaller algae of british coastal waters. part V: Bacillariophyceae (diatoms). *Min Agri Fish and Food*. Londres, 317 p.
- Hernández-Becerril DU y Flores-Granados C.. 1998. Species of the diatom genus *Chaetoceros* (Bacillariophyceae) in the plankton from the Southern Gulf of Mexico. *Botanica Marina* 41: 505-519.
- Hernández-Becerril, D. U. (1998). Species of the Diatom Genus *Chaetoceros* (Bacillariophyceae) in the Plankton from the Southern Gulf of Mexico. *Botanica Marina* Vol. 41, pp. 505-519
- Hinojosa C. E. (2004). Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (pdf) consultado en (<http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/CGMA/DIFUSION/ENPS/RAMSAR/SITIO%20RAMSAR%20SISTEMA%20ARRECIFAL%20VERACRUZANO.PDF>)
- Horner R. A., Garrison D. L y Plumley F. G. (1997). Harmful algal blooms and red tide problems on the U.S. west coast. *Limnology and Oceanography* 42: 1076-1088.
- Jensen K y Moestrup Ø. (1998). The genus *Chaetoceros* (Bacillariophyceae) in inner Danish coastal waters. *Opera Botanica* 133: 1-68.
- Katz, M. E., Finkel Z. V., Grzebyk D., Knoll A. H. y Falkowski P. G. (2004). Evolutionary trajectories and biogeochemical impacts of marine eukaryotic phytoplankton. *Annual Review of Ecology and Systematics* 35:523-56.
- Krebs, C. J. (1978). *Ecology. The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Second Edition. Harper and Row, New York. 678 pp

- Krylov, V. V. (1974). Distribución del fitoplancton y de las biocenosis planctónicas en el Banco de Campeche. *CubaRes. Inv.*, 1:75-79.27.
- Licea-Duran S. (1999). Diatomeas (Bacillariophyceae) mas abundantes y frecuentes de la plataforma y talud continental del sur del Golfo de Mexico. Universidad Nacional Autónoma de México informe final SNIB CONABIO proyecto No H315 Mexico D.F.
- Lopez B. L y Borrero N. (1977). Lista de especies de algas unicelulares para las lagunas de la plataforma cubana. *Inst.Ocean. Acad. Cienc. Cuba.Ser. Ocean.ii: 1-19.*
- Lot-Helgueras, A. (1971). *Estudio sobre las fanerógamas marinas en las cercanías de Veracruz, Ver.* An. Inst. Biol. unam, Ser. Bot. 1:1-48.
- Magurran A. (2004). *Measuring Biological Diversity.* Blackwell Science Ltd. Blackwell Publishing Company. Oxford, UK. 256 pp.
- Margalef, R. (1974). *Ecología* Edic. Omega, Barcelona pp 951
- Margalef, R. (1995). *Ecología.* Edit. Omega S. A. Primera edición. Barcelona – España.
- Medina R. C. E., Cordero E. B. (2004). Crecimiento y composición bioquímica de la diatomea *Chaetoceros muelleri* Lemmerman, mantenida en cultivo estático con un medio comercial. *Ciencia y Mar.* 19-25.
- Medlin L. K, Kaczmarska I. (2004) Evolution of the diatoms: V. Morphological and cytological support for the major clades and a taxonomic revision. *Phycologia*, 43, 245-270.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, 84 pp.
- Navarro, J .N. (1982). A survey of the marine diatomos of Puerto Rico III suborden biddulphineae:fam. Chaetocerae. *Bot. Mar.* 25: 305-319
- Norton, T. A., Melkonian, M., Andersen, R. A. (1996). Algal biodiversity. *Phycologia* 35:353-65.
- Ochoa,L., Núñez Vázquez, E. y Saad, J. (2003). Diferentes términos utilizados para describir las mareas rojas. *Revista de biología tropical*, 5(3-4): 621-628
- Okolodkov,Y. B., Aké-Castillo J. A., Gutiérrez-Quevedo M. G., Pérez-España H. y Salas-Monreal D. (2011). Annual cycle of the plankton biomass in the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, southwestern Gulf of Mexico. In: Kattel, G. (Ed.). *Zooplankton and phytoplankton: Types, characteristics and ecology.* Nova Science Publishers, Inc. New York, USA. pp. 63-88.
- Orduña M. R. E., (2012). TESIS de Maestría, Patrones de distribución y abundancia del fitoplancton nocivo en la zona costera de Tuxpan Veracruz, México. Universidad Veracruzana.
- Orlova, T.Yu., Shevchenko O.G. y Gogorev R.M. (2003). Genus *Chaetoceros* (Bacillariophyta) in the Far Eastern Seas of Russia.*Bot. J.* 88: 52–58

- Ortiz L. L., Granados B. A., y Espejel C. I. I. (2007). El contexto regional del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano y las implicaciones para su manejo, Universidad Autónoma de Campeche p. 275-286.
- Ostenfeld C. H. (1903). Phytoplankton from the sea around the Færøes. In: Warning E (ed). Botany of the Færøes II, pp. 559-611. Nordisk Forlag, Copenhagen.
- Popowski, G., López-Baluja L. y Borrero M. (1982). Distribución del fitoplancton en la región noroccidental de la plataforma de Cuba. Cien. Biol.7: 33-51
- Proschkina-Lavrenko, A. (1955). Diatomovye vodorosli planktona chernogo moray. Moscow Akad. Nauk SSSR. Botaniceskii institud' im. V.L. Komarova, 222 p.
- Ramírez, J. (2000). Fitoplancton de agua dulce: aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios. Universidad de Antioquia. Colombia. Marzo de 2000. p. 207
- Raymond J. E. G., (1980). Plankton and productivity in the oceans. 1-Phytoplankton. Pergamon Press, Oxford, 489 pp.
- Reduca, (2012) Manual de Ecología Evaluación de la biodiversidad (Biología). Serie Ecología. 5 (1): 71-115.
- Rines J. E. B y Theriot E. C. (2003). Systematics of Chaetocerotaceae (Bacillariophyceae). I. A phylogenetic analysis of the family. Phycological Research 51: 83-98.
- Rines, J. E. B. y Hargraves, P. E. (1986). Consideration of the taxonomy, and biogeography of *Chaetoceros ceratosporus* Ostf. and *Chaetoceros rigidus* Ostf. in: 8th, Diatom Symposium: Kiel, September 9-13, 1984: 97-II2
- Rines, J. E. B. y Hargraves, P. E. (1988). The *Chaetoceros* Ehrenberg/Bacillariophyceae/Flora of Narragansett Bay, Rhode Island, U.S.A. (Bibliotheca Phycologica) Berlin, J. Cramer.
- Rodríguez-Villanueva, Martínez-Lara V., R. y Macías Zamora, V. (2003). Polychaete community structure of the northwestern coast of Mexico: patterns of abundance and distribution. Hydrobiologia 496(1-3):385-399
- Ruiz G. V. I. (1988). Determinación y distribución del género *Chaetoceros*: Ehrenberg (Bacillariophyceae) en la plataforma continental de la bahía de Campeche. Laboratorio de Fitoplancton y Productividad Primaria del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM. P 84.
- Salas-Monreal D., Monreal-Gómez M. A., Riverón-Enzástiga M. L. (2009). Current rectification in a tropical coral reef system. Coral Reefs, 871-870 pp.
- Sang D. L. y Jin H. L. (2011). Morphology and taxonomy of the planktonic diatom *Chaetoceros* species (Bacillariophyceae) with special intercalary setae in Korean coastal waters - Algae, 26(2): 153-165.
- Secretaría de Marina. (2000). Programa de Manejo del Parque Marino Nacional "Sistema Arrecifal Veracruzano". México. 126 pp

- Shannon, C. E. y Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. University Illinois Press, Urbana, IL
- Shapiro, S. S. y Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52 (3-4): 591-611.
- Shevchenko O, G., Orlova T. Yu. y Hernández-Becerril D. U. (2006). The genus *Chaetoceros* (Bacillariophyta) from Peter the Great Bay, Sea of Japan-Botanica Marina 49: 236-258.
- Shevchenko O. G. y Orlova Tyu, (2010). Morphology and ecology of the bloom-forming diatom *Chaetoceros contortus* from Peter the Great Bay, Sea of Japan. *Russian Journal of Marine Biology*, 36,243-251.
- Shevchenko O. G., Orlova T. Yu., Maslennikov S. I. (2004). Seasonal Dynamics of the Diatoms of the Genus *Chaetoceros* Ehrenberg in Amursky Bay (Sea of Japan), Volume 30, 1, pp 11-19 Disponible en <http://link.springer.com/article/10.1023/B:RUMB.0000020564.12182.b8#page-1>
- Shevchenko O. G., Orlova T. Yu., Maslennikov S. I. (2003). The genus *Chaetoceros* (Bacillariophyta) from Peter the Great Bay, Sea of Japan Botanica Marina. Volume 49, Issue 3, Pages 236-258
- Siegel, Sidney y N. John Castellan, Jr. (1988). *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences* (second edition). New York: McGraw-Hill.
- Silvester, R. y Shu, J. R. C. (1993). *Coastal stabilization. Innovative concepts*. Prentice Hall, New Jersey.
- Símon, N. A., Cras L., Foulon E. y Lemée R. (2009). Diversity and evolution of marine phytoplankton. *C. R. Biologies* 332:159-170.
- Simonsen, R. (1974). The diatom plankton of the Indian Ocean expedition of R. V. "Meteor" 1964-1965. "*Meteor*" *Forsch., Reih. D. 19*: 1-66, 41 pls.
- Smayda T. J. (2006). Harmful algal bloom communities in Scottish coastal waters: Relationship to fish farming and regional comparisons - A Review. Scottish Executive Environment Group.[on-line]. <http://www.scotland.gov.uk/publications>
- Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. (1981). *Biometry: the principles and practices of statistics in biological research*. Freeman and Company. New York, New York. 859 p
- Sunesen I., Hernández B. D. U., y Sar E. A. (2008). Diatomeas marinas de aguas costeras de Buenos Aires (Argentina). V. Especies del género *Chaetoceros*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 43(2):303-326.
- Tabassun A. y Sailfullah, S. M. (2010). The planktonic diatom of the genus *Chaetoceros* Ehrenberg from northwestern Arabian sea bordering Pakistan, *Pakistan Journal of Botany*, 42(2): 1137-1151
- Tapia, L. C. M. (2012). Variación espacial y temporal del fitoplancton en la bahía de Mayagüez, Puerto Rico. Tesis M.C. Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayaguez. pp 24

- Tomas, C. R., (1997). Identifying Marine Phytoplankton, San Diego, California, Academic Press.
- Tunnell Jr., J. W., Chávez, E. A. Y Withers K. (2007). Coral Reefs of the Southern Gulf of the México. Texas A&M University Press. College Station. 194 p.
- Vargas-Hernández, J. M., Hernández-Gutiérrez A., Carrera-Parra L. F. (1993). "Sistema Arrecifal Veracruzano". En S. Salazar-Vallejo y N. E. González (comps.). *Biodiversidad marina y costera de México*. conabio-ciqro. México, pp. 559-575
- Vargas-Montero M. y Freer E. (2004). Proliferaciones algales de la diatomea toxigénica *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyceae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 52, Suplemento 1: 127-132.
- Veron, J. (2000). Corals of the World. Australian Institute of Marine Science, PMB3, Townsville MC, Qld 4810. Australia tomo I. 463 p
- Vollenweider, R. A. (1974). A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. IBP Handbook No. 12 blackwell Oxford. 225 pp.
- Voltolina, D., Nieves, M. y Piña, P. (2000). Calidad de microalgas para la acuicultura. pp 28-32 En: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L.E. (Eds.) Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México.
- Zamudio M. E. (1988) Variación morfológica de *Chaetoceros peruvianus* Brightwell 1856 (BACILLARIOPHYCEAE), en las zonas marinadas adyacentes a la laguna de Alvarado y el río Coatzacoalcos, Veracruz ciencias biológicas y de la salud licenciatura en hidrobiología disponible en: <http://tesiuami.izt.uam.mx/uam/aspuam/presentatesis.php?recno=20663&docs=UAM20663>.

Fuentes electrónicas

- Algaebase.org (<http://www.algaebase.org/search/species/>) febrero 2, 2015.
- verdebandera.com.mx: <http://verdebandera.com.mx/modifican-parque-nacional-para-ampliar-puerto-de-veracruz/> noviembre 29, 2012
- www.um.es, Universidad De Murcia: http://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-pau-bachillerato/tema_4.pdf: 2 febrero 2015
- www.uco.es, Universidad de Córdoba: http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/09_13_27_sesion_9.pdf
- www.scribd.com, Características del género Chaetoceros: (<http://www.scribd.com/doc/112910722/GENERO-CHAETOCEROS-EXPO>)
- https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8a/Centric_diatom_life-cycle.jpg