



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

**Estudio comparativo del fitoplancton presente
en la zona litoral de Antón Lizardo y una zona
arrecifal, en Santiaguillo, Veracruz.**

Tesis que para obtener el título de Biólogo

P R E S E N T A

ANGELA KARINA ORTIZ CAJICA

Director de tesis: Biól. Angélica Elaine González Schaff

Ecología Acuática



México D.F. Abril 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

El misterio es la cosa más bonita que podemos experimentar.

Es la fuente de todo arte y ciencia verdaderos.

Albert Einstein

AGRADECIMIENTOS

A la Biól. Angélica Elaine González Schaff mil gracias por el apoyo brindado, asesoramientos, conocimientos compartidos, revisiones-correcciones, consejos, por el tiempo dedicado a este proyecto final y a los que antecedieron a este. Feliz de haber sido su alumna y recibir parte de su conocimiento en las aulas y proyectos que me hicieron crecer en el ámbito académico y personal.

A la Dra. Alejandrina Graciela Ávila Ortiz le agradezco enormemente su tiempo y visión respecto a este trabajo, sus conocimientos, consejos, comentarios y puntos de vista compartidos durante las sesiones de revisión, ayudaron a que mi trabajo de tesis obtuviera la calidad requerida.

A la Biól. Rocío Espitia Licea gracias por tomarse el tiempo en la revisión de este documento, por los consejos, comentarios, notas, todas me sirvieron muchísimo para poder darle un sentido muy profesional a este trabajo, estoy muy contenta de haber recibido su apoyo y conocimientos durante todo el tiempo que fue mi profesora.

Al Biól. José Luis Guzmán Santiago le agradezco mucho por dedicarle tiempo a las revisiones del documento, por brindarme varios comentarios, sugerencias, correcciones y plantearme cuestiones que me ayudaron a estudiar mucho mejor y estar mejor preparada, muy feliz de haber estado en su clase de Biometría y aplicar lo enseñado.

Al Biól. Ernesto Constanzo Casillas muchas gracias por su tiempo durante las revisiones, sus correcciones, sus consejos, comentarios y hacerme notar hasta algunos errores minúsculos pero muy importantes, contribuyendo para que este trabajo estuviera reluciente.

También de forma muy especial al M. en C. Armando Cervantes Sandoval por brindarme tiempo para resolver dudas y su apoyo en todo momento, es una de mis personas favoritas y ejemplo a seguir.

A la UNAM que brinda oportunidades únicas e inigualables a nosotros los estudiantes, un gran placer decir "soy de la UNAM". A la FES Zaragoza por ser mi segunda casa y por el apoyo a los Biólogos, gracias por el conocimiento de los grandes profesores que tuve semestre a semestre objeto de inspiración.

Y finalmente mil gracias al Institute of International Education y a la Beca Exxonmobil por creer y apoyar la realización de este proyecto.

A Dios.

A mi Madre Celia Cajica por dejarme experimentar, creer en mí y en mi camino.

A mis Hermanos Mariel y Daniel por su cariño y retroalimentación.

A mi pareja en todo Alejandro Hernández por existir en mi vida.

A la familia Hernández González por el apoyo en todo momento.

A los amigos que han crecido conmigo y que cada quien está feliz en su camino, mi matemático lindo Néstor.

A los amigos que mientras recorríamos el camino a ser Biólogos, nos definíamos en lo que más nos gustaba apoyándonos siempre, Fer, Miriam (Güera), Sandra, Lorena, Vivi y otros más que no acabaría por mencionar.

A los profesores que cada semestre compartían conocimientos y marcaron mi vida siendo un gran ejemplo e inspiración, María Elena Ayala, Juan José Mercado, Bertha Peña, José Luis Gómez, Ernesto Mendoza, Carlos Castillejos, Matiana García, Angélica González, entre algunos más.

"Si he logrado ver más lejos, ha sido porque he subido a hombros de gigantes"

Isaac Newton

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	
MARCO TEÓRICO.....	16
ANTECEDENTES.....	27
JUSTIFICACIÓN.....	31
HIPÓTESIS.....	32
OBJETIVO GENERAL.....	33
OBJETIVOS PARTICULARES.....	33
ÁREA DE ESTUDIO.....	34
MÉTODO.....	39
TRABAJO DE CAMPO	
TRABAJO DE LABORATORIO	
TRABAJO DE GABINETE	
RESULTADOS.....	44
LISTADO TAXONÓMICO DE ESPECIES.....	45
CATÁLOGO DE ESPECIES.....	69
DISCUSIÓN.....	154
CONCLUSIONES.....	161
REFERENCIAS.....	163

INDICE DE FIGURAS

1.1 a) Vista valvar y b) cingular de una diatomea penada.....	20
1.2 a) Vista valvar y b) cingular de una diatomea central.....	20
1.3 a) Vista ventral de un dinoflagelado del género <i>Neoceratium</i>	20
1.4 a) Vista ventral de un dinoflagelado del género <i>Protoperidinium</i>	20
1.5 b) Vista dorsal de un dinoflagelado del género <i>Protoperidinium</i>	20
1.6 c) Vista cingular de un dinoflagelado del género <i>Protoperidinium</i>	20
1.7 Vista ventral de un dinoflagelado del género <i>Ceratocorys</i>	21
1.8 Vista ventral de un dinoflagelado del género <i>Dinophysis</i>	21
1.9 Vista ventral de un dinoflagelado del género <i>Ornithocercus</i>	21
1.10 Vista ventral de un dinoflagelado del género <i>Prorocentrum</i>	21
1.11 Vista apical de un Silicoflagelado.....	26
1.12 Característica de un Cocolitofórido.....	26
1.13 Características de la Clorofita <i>Pediastrum</i>	26
1.14 Características de la Cianofita <i>Trichodesmium</i>	26
1.15 Características de <i>Euglena</i>	26
2.1 Polígono de la superficie del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.....	35
2.2 Área Natural Protegida Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano con las estaciones de muestreo.....	39
2.3 Visibilidad al disco de Secchi sobre el arrecife.....	40
2.4 Toma de muestra con la botella Van Dorn sobre el arrecife.....	40
2.5 Toma de muestra con la red de fitoplancton sobre el arrecife.....	40
2.6 Diagrama de Olmstead-Tukey.....	43
3.1 Géneros más representativos.....	44
3.2 Gráfica de los grupos predominantes.....	45
3.3 Gráfica de la abundancia relativa de géneros en las zonas de estudio en el mes de julio 2013.....	50

3.4 Gráfica de la abundancia relativa de géneros en las zonas de estudio en el mes de septiembre 2013.....	51
3.5 Gráfica de la abundancia relativa de géneros en las zonas de estudio en el mes de noviembre 2013.....	52
3.6 Gráfica de la abundancia relativa de géneros en las zonas de estudio en el mes de enero 2014.....	52
3.7 Gráfica de la abundancia relativa de géneros en las zonas de estudio en el mes de marzo 2014.....	53
3.8 Gráfica de la abundancia relativa de géneros en las zonas de estudio en el mes de abril 2014.....	54
3.9 Gráfica de la abundancia relativa de géneros en las zonas de estudio en el mes de junio 2013.....	54
3.10 Gráfica de la abundancia relativa de géneros en las zonas de estudio en el mes de agosto 2014.....	55
3.11 Gráfica de las Densidades totales (Org/m³) en las zonas de estudio a través del tiempo.....	56
3.12 Diagrama de cajas múltiples para la densidad por zona.....	56
3.13 Diagrama de cajas múltiples para la densidad entre los meses.....	57
3.14 Diagrama de Olmstead-Tukey para las especies encontradas en playa.....	58
3.15 Diagrama de Olmstead-Tukey para las especies encontradas en arrecife.....	60
3.16 Gráfica de las condiciones en playa durante los meses de muestreo.....	62
3.17 Gráfica de las condiciones en arrecife durante los meses de muestreo.....	62
3.18 Gráfica de los sólidos disueltos totales en playa y arrecife durante los meses de muestreo.....	63
3.19 Dendrograma con las densidades totales y parámetros (oxígeno, temperatura, pH, salinidad, conductividad y sólidos disueltos) durante los muestreos en la zona de Playa.....	64
3.20 Dendrograma con las densidades totales y parámetros (oxígeno, temperatura, pH, salinidad, conductividad y sólidos disueltos) durante los muestreos en la zona de Arrecife.....	65
3.21 Gráfica del análisis de componentes principales de la zona de playa.....	67
3.22 Gráfica del análisis de componentes principales de la zona de arrecife.....	68

4.1 <i>Trichodesmium erythraeum</i>	69
4.2 <i>T. thiebautii</i>	70
4.3 <i>Chlorella sp</i>	71
4.4 <i>Pediastrum dúplex</i>	72
4.5 <i>Scenedesmus quadricauda</i>	73
4.6 <i>Asteromphalus flabellatus</i>	74
4.7 <i>Bacteriastrum elongatum</i>	75
4.8 <i>Biddulphia sp</i>	76
4.9. <i>Chaetoceros affinis</i>	77
4.10 <i>Ch. coarctatus</i>	78
4.11 <i>Ch. danicus</i>	79
4.12 <i>Ch. decipiens</i>	80
4.13 <i>Ch. diversus</i>	81
4.14 <i>Ch. lacinosus</i>	82
4.15 <i>Ch. lorenzianus</i>	83
4.16 <i>Ch. messanensis</i>	84
4.17 <i>Ch. pelagicus</i>	85
4.18 <i>Ch. peruvianus</i>	86
4.19 <i>Ch. protuberans</i>	87
4.20 <i>Corethron criophilum</i>	88
4.21 <i>Coscinodiscus sp</i>	89
4.22 <i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	90
4.23 <i>Ditylum brightwellii</i>	91
4.24 <i>Eucampia zodiacus</i>	92
4.25 <i>Guinardia flaccida</i>	93
4.26 <i>G. striata</i>	94
4.27 <i>Hemiaulus hauckii</i>	95
4.28 <i>H. sinensis</i>	96
4.29 <i>Lithodesmium undulatum</i>	97
4.30 <i>Melosira sp</i>	98
4.31 <i>Odontella aurita</i>	99
4.32 <i>O. mobiliensis</i>	100
4.33 <i>Rhizosolenia alata</i>	101

4.34 <i>R. imbricata</i>	102
4.35 <i>Skeletonema costatum</i>	103
4.36 <i>Trigonium formosum</i>	104
4.37 <i>Amphora sp</i>	105
4.38 <i>Asterionellopsis glacialis</i>	106
4.39 <i>Bacillaria paxillifer</i>	107
4.40 <i>Caloneis amphisbaena</i>	108
4.41 <i>Climacosphenia moniligera</i>	109
4.42 <i>Diploneis sp</i>	110
4.43 <i>Entomoneis sp</i>	111
4.44 <i>Grammatophora marina</i>	112
4.45 <i>Gyrosigma sp</i>	113
4.46 <i>Licmophora abbreviata</i>	114
4.47 <i>L. gracilis</i>	115
4.48 <i>Lyrella sp</i>	116
4.49 <i>Navicula distans</i>	117
4.50 <i>Navicula sp</i>	118
4.51 <i>Nitzschia longissima</i>	119
4.52 <i>Pinnularia sp</i>	120
4.53 <i>Pleurosigma sp</i>	121
4.54 <i>Pseudo-nitzschia sp</i>	122
4.55 <i>Thalassionema nitzschioides</i>	123
4.56 <i>Thalassiothrix longissima</i>	124
4.57 <i>Dictyocha fibula</i>	125
4.58 <i>D. speculum</i>	126
4.59 <i>Ceratocorys horrida</i>	127
4.60 <i>Dinophysis caudata</i>	128
4.61 <i>Gonyaulax spinifera</i>	129
4.62 <i>N. candelabrum</i>	130
4.63 <i>N. furca</i>	131
4.64 <i>N. fusus</i>	132
4.65 <i>N. lineatum</i>	133
4.66 <i>N. lunula</i>	134
4.67 <i>N. macroceros</i>	135

4.68 <i>N. masiliense</i>	136
4.69 <i>N. ranipes</i>	137
4.70 <i>N. tripos</i>	138
4.71 <i>Ornithocercus magnificus</i>	139
4.72 <i>O. steinii</i>	140
4.73 <i>O. thumii</i>	141
4.74 <i>Phalacroma cuneus</i>	142
4.75 <i>Podolampas bipes</i>	143
4.76 <i>Prorocentrum gracile</i>	144
4.77 <i>Protoperidinium claudicans</i>	145
4.78 <i>P. conicum</i>	146
4.79 <i>P. depressum</i>	147
4.80 <i>P. divergens</i>	148
4.81 <i>P. ovum</i>	149
4.82 <i>P. pellucidum</i>	150
4.83 <i>Pyrocystis fusiformis</i>	151
4.84 <i>Pyrophacus steinii</i>	152
4.85 <i>Euglena gracilis</i>	153

INDICE DE TABLAS

5.1	Listado taxonómico de las especies encontradas en las zonas de estudio utilizando la clasificación de Graham <i>et al.</i>, (2009).....	45
5.2	Clasificación de la ocurrencia de las especies en el diagrama de Olmstead-Tukey para playa.....	59
5.3	Clasificación de la ocurrencia de las especies en el diagrama de Olmstead-Tukey para arrecife.....	60
5.4	Análisis que determina los componentes principales en la zona de playa mediante el Eigenvalor.....	66
5.5	Especies de acuerdo a su número en el ACP de la zona de playa.....	66
5.6	Análisis que determina los componentes principales en la zona de arrecife mediante el Eigenvalor.....	67
5.7	Especies de acuerdo a su número en el ACP de la zona de arrecife.....	68

RESUMEN

En este trabajo se describe la densidad, abundancia y composición específica de los grupos del fitoplancton encontrados dentro del Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), en el arrecife Santiaguillo y frente a las costas de Antón Lizardo, a partir de arrastres superficiales con una red de fitoplancton de cono reducido con abertura de malla de 80 μm durante un año. Se identificaron taxonómicamente 85 especies, pertenecientes a 6 divisiones, 9 clases, 32 órdenes, 38 familias y 44 géneros, siendo la clase Bacillariophyta la que predominó con el 62% de las especies totales, de las cuales las diatomeas centrales están representadas con un 58% y las diatomeas pennadas con un 42%, la siguiente división que predominó fue Dinophyta con un 30% y las demás divisiones Cyanobacteria, Chlorophyta, Ochrophyta y Euglenozoa quedaron representadas con un 8% de las especies encontradas. Los géneros representativos por el número de especies y frecuencia fueron *Rhizosolenia*, *Neoceratium*, *Thalasiothrix*, *Chaetoceros*, *Asterionellopsis*, *Hemiaulus*, *Protoperdinium*, *Thalassionema*, *Coscinodiscus*, *Navicula* y *Pseudo-nitzschia*. Los géneros *Ornithocercus*, *Dinophysis* y *Dictyocha* se pueden considerar poco frecuentes. La mayor densidad en la zona de playa se presentó en el mes de septiembre con 51, 039, 000 org/ m^3 , mientras que el valor de densidad más alto para la zona de arrecife ocurrió en el mes de julio con 2, 977, 000 org/ m^3 .

INTRODUCCIÓN

El término plancton fue utilizado por primera vez en 1887 por Víctor Hensen para denominar a los organismos vegetales (fitoplancton) o animales (zooplancton), que viven en las aguas dulces o marinas, dotados de escasos o nulos elementos de locomoción por lo que no pueden superar el movimiento de las corrientes, de tamaño entre 60 micras y un milímetro (Contreras, 1985; González- González, 1989). La palabra fitoplancton proviene del griego *φυτον* (phyton-planta) y *πλαγκτος* (planktos-errante), y está constituido principalmente por algas unicelulares microscópicas fotosintetizadoras que viven suspendidas en la zona fótica de la columna de agua, entre los que destacan las diatomeas y los dinoflagelados por su gran número de especies (Kilham y Hecky, 1988). Se estima que las diatomeas (Bacillariophyta), los dinoflagelados (Dinophyta), los coccolitofóridos (Haptophyta) y las algas verdes (Chlorophyta) tendrían un 40%, 40%, 10% y 6% respectivamente, de las especies presentes en el fitoplancton marino, mientras que la suma de los demás otros grupos se aproxima a un 2% (Simon *et al.*, 2009).

Las diatomeas o algas silíceas (Bacillariophyta), son organismos unicelulares que reciben este nombre porque su cuerpo unicelular queda contenido dentro de dos valvas de sílice denominadas frústulas, a manera de caja y cada valva se encuentra estriada. Presentan clorofila a y clorofila c más pigmentos accesorios como β -caroteno y fucoxantina. Es un grupo con aproximadamente unas 500, 000 especies, poseen una amplia distribución mundial y pueden encontrarse de manera unicelular o puede formar colonias o cadenas. Los dinoflagelados (Dinophyta) son considerados como el segundo grupo más abundante y diverso de microalgas del fitoplancton después de las diatomeas, son protistas unicelulares principalmente de carácter marino y cosmopolita, posee clorofila a y clorofila c más pigmentos accesorios como las xantofilas peridina y diadinoxantina, cuyo tamaño fluctúa entre 5 μm y 2 mm, poseen dos delgados flagelos, uno contenido en el cíngulo y otro más de forma libre, pueden ser divididos en dos grandes grupos diferenciados por la presencia o ausencia de teca, en tecados o atecados respectivamente (Graham y Wilcox, 2000).

Las Clorofitas o algas verdes (Chlorophyta), son organismos unicelulares o pluricelulares, con abundante clorofila a y b más pigmentos carotenoides, frecuentemente dulceacuícolas, aunque se han reconocido unas 103-136 especies en el fitoplancton marino. Las Cianobacterias (Cyanobacteria), son organismos procariotas, no presentan núcleo, ni cloroplastos, pero si poseen clorofila a más pigmentos como ficobilinas. Entre las familias más importantes podemos mencionar Nostocaceae y Oscillatoriaceae debido a su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico. Los silicoflagelados (Ochrophyta) son algas unicelulares fotosintéticas se distinguen por tener un esqueleto de sílice y un solo flagelo que pierden con facilidad. Poseen clorofila a más ficocianina, de tamaño entre 20-50 μm . Los cocolitofóridos (Haptophyta) se agrupan en Cooesferas (estructura de carbonato de calcio o sílice), con dos flagelos y un haptonema central. Poseen clorofila a y c, más fucoxantina. Se han enlistado 244-303 especies (Young *et al.*, 2003). Los euglénidos (Euglenozoa) son algas flageladas, fusiformes, fotosintéticas o heterótrofas. Presentan una película externa que les confiere plasticidad y uno o 2 flagelos que se insertan en la citofaringe. Con clorofilas a y b, además de xantofilas y b-caroteno, con paramilo como sustancia de reserva. Aunque no son comunes ni abundantes, suelen ser indicadoras de contaminación costera. Los registros actuales indican la presencia de 37 especies en el fitoplancton marino (Sournia, 1995).

La importancia de estas microalgas fitoplanctónicas radica en que son las activadoras de la cadena trófica, fijando el dióxido de carbono (CO_2) para elaborar carbohidratos, lípidos, aminoácidos y bases nitrogenadas, y con ello contribuyendo con aproximadamente el 45% de productividad primaria global. En la actualidad su importancia además radica en su función en los recursos acuáticos como por ejemplo, en la contaminación como indicadores de la calidad del agua, en la biodiversidad en base al conocimiento, mantenimiento, uso y valor de sus especies; y en el cambio climático con presencia de especies invasoras/oportunistas, aumento de especies productoras de toxinas y acidificación de los océanos (Hallegraeff, 2010; Fioroni *et al.*, 2011). Las zonas litorales de Antón Lizardo poseen una alta interacción entre el medio continental y el oceánico, brindando condiciones tales como alta carga de sedimentos suspendidos debido al rompimiento del oleaje, la fotosíntesis se produce en toda su extensión debido a su escasa profundidad y alta penetración de luz, poseen gran cantidad de nutrientes debido al aporte de agua

continental y la erosión costera, además existen procesos de dilución en la salinidad por entrada de agua dulce y son zonas ricas en oxígeno debido al movimiento mareal y al oleaje, haciendo de esta zona, una zona considerada con alta productividad biológica (Coastal Research Group, 1969). A diferencia del arrecife Santiaguillo que es uno de los arrecifes más alejados de la costa y donde predominan condiciones más oligotróficas necesarios para efectuar su desarrollo, como son una alta transparencia por lo tanto baja carga de sedimentos, temperaturas altas y poco variables, una dinámica constante de mareas y corrientes para favorecer una alta concentración de oxígeno y salinidades altas entre 34 a 37 ups, además de que son zonas reconocidas por poseer alta diversidad (Lot-Helgueras, 1971). A pesar de la gran importancia que posee el fitoplancton en el ecosistema marino, dentro del Sistema Arrecifal Veracruzano existen pocos trabajos que abarquen dos o más divisiones, por lo que la finalidad de este trabajo es la de describir y comparar la densidad, composición específica y diversidad, obtenida durante un ciclo anual julio 2014 – agosto 2015, con red de cono reducido de 80 μm en dos zonas del Sistema Arrecifal Veracruzano (zona de playa y arrecife). Además de elaborar un catálogo con las especies encontradas del fitoplancton.

MARCO TEÓRICO

El término plancton engloba a todos los organismos microscópicos (animales, plantas y bacterias) que viven suspendidos en el agua y que son independientes del fondo, de tamaño entre 60 micras y un milímetro (González- González, 1989; Contreras, 1985). Son organismos que viven en las aguas dulces o marinas, dotados de escasos o nulos elementos de locomoción por lo que no pueden superar el movimiento de las corrientes y mareas. El plancton se puede clasificar en meroplancton, el cual está constituido por los organismos que forman parte del plancton solamente durante una parte de su ciclo de vida, como son las larvas de crustáceos, gasterópodos, peces, y de algunos invertebrados más. En holoplancton que comprende el conjunto de organismos que durante todo su ciclo de vida pertenecen al plancton como los copépodos, rotíferos, fitoplancton y algunos protozoos. Además de acuerdo con Reynolds (1996) también el plancton a su vez se puede clasificar por el tamaño de los organismos en picoplancton (0.2-2 μm), nanoplancton (2-20 μm), microplancton (20-200 μm) y macroplancton (200-2, 000 μm).

Dentro del plancton, por la naturaleza de sus componentes se distinguen el bacterioplancton, en este grupo se incluyen los organismos unicelulares autotróficos o heterotróficos, las bacterias que tienen la tarea de destruir y reciclar los nutrientes que hay en los mares. De tamaño entre 1 y 2 μm . El zooplancton, organismos animales heterótrofos, ya que necesitan tomar su alimento de otros organismos (fitoplancton), que incluye a los crustáceos, moluscos y larvas de varios invertebrados. En este conjunto se puede incluir al Ictioplancton: utilizado para referirse a los huevos y larvas de peces que permanecen suspendidos en la capa fótica hasta que alcanzan el tamaño suficiente para moverse de manera independiente de la corriente. Y el fitoplancton cuyo término proviene del griego $\phi\iota\tau\omicron\nu$ (phyton-planta) y $\pi\lambda\alpha\kappa\tau\omicron\varsigma$ (planktos-errante), que está constituido principalmente por algas unicelulares o coloniales, microscópicas y fotosintetizadoras que viven suspendidas en la zona fótica de la columna de agua. Algunas especies son heterotróficas por cortos periodos, como los dinoflagelados y euglénidos (Reynolds, 1984; Kilham y Hecky, 1988).

El fitoplancton se encuentra en la zona eufótica (zona iluminada donde la luz llega hasta el 1%) entre los procesos físicos que mantienen a esta comunidad de manera dinámica se encuentra la turbulencia, mareas, oleaje, corrientes entre otros. La disponibilidad nutricional y la disponibilidad de luz son factores determinantes en su distribución y desarrollo ya que, necesitan de la energía solar para su existencia, por tanto la superficie marina es el lugar más denso de estos organismos. Además necesitan una concentración alta de nutrientes tales como el nitrato, el fosfato y el silicato. Raven y Geider (1988), han mencionado que los parámetros ambientales con mayor relevancia ecológica son la temperatura y salinidad, ya que estos controlan las tasas en las que se realizan procesos biológicos y reacciones químicas como: respiración, crecimiento, motilidad, fotosíntesis, fijación de carbono, nutrientes, osmosis, etc. Y otros factores como la profundidad del sistema, la hora del día, la estación del año, los nutrientes en el agua y materiales tóxicos afectan a su densidad. El efecto del tamaño sobre la tasa de sedimentación es una adaptación de los organismos fitoplanctónicos para permanecer en la zona fótica, es decir células esféricas o elipsoidales se hunden más lentamente, las paredes silíceas de las diatomeas pueden resultar pesadas, sin embargo ornamentaciones y proyecciones reducen esta desventaja. Los dinoflagelados como en el género *Neoceratium* mantienen su posición en la columna de agua por su migración activa y tamaño de sus proyecciones (cuernos).

Los ciclos de vida de las algas fitoplanctónicas son cortos e incluyen la formación de esporas de resistencia (dinoflagelados), con las cuales sobreviven durante periodos desfavorables y como una forma de conservar su diversidad genética. Incluye también procesos asexuales y sexuales, se definen por el sitio donde ocurre la meiosis durante la reproducción sexual. En el ciclo cigótico la meiosis sucede después de la germinación del cigoto, sus productos son haploides y sólo el cigoto es diploide, este ciclo se presenta en la mayoría de los grupos fitoplanctónicos. En el ciclo gamético la meiosis ocurre durante la diferenciación de los gametos por lo que el organismo de vida libre es diploide, éste se presenta principalmente en las diatomeas (Bold y Wynne, 1985).

El fitoplancton juega un papel muy importante como base de la red trófica al ser los encargados de la productividad primaria en el océano. El fitoplancton marino fija el CO₂ disuelto en el agua para elaborar carbohidratos, lípidos, aminoácidos y bases nitrogenadas, produciendo en la actualidad la mitad de la productividad primaria global (Katz *et al.*, 2004). Los fenómenos de productividad varían con respecto a la distancia de la costa, aumentando con su cercanía por la influencia de descargas continentales, espesor de la capa eufótica, disponibilidad de nutrientes, cantidad de luz y a los eventos de advección o surgencias. En la actualidad su importancia además radica en su función en los recursos acuáticos por ejemplo, en la contaminación como indicadores de la calidad del agua, en la biodiversidad en base al conocimiento, mantenimiento, uso y valor de sus especies; y en el cambio climático con presencia de especies invasoras/oportunistas, aumento de especies productoras de toxinas y acidificación de los océanos (Hallegraeff, 2010; Fioroni *et al.*, 2011).

Entre los grupos que destacan dentro del fitoplancton están las diatomeas y los dinoflagelados por su gran número de especies. Las diatomeas o algas silíceas (Bacillariophyta) son organismos unicelulares, diploides, con paredes silificadas, con pigmentos amarillentos, poseen clorofila a y c¹, c², c³ más pigmentos accesorios como fucoxantina, violaxantina, diadinoxantina, diatoxantina y con crisolaminarina como sustancias de reserva, viven en agua dulce y marina. Pueden ser inmóviles (flotando a adheridas a otras algas), ocupan dos hábitats el plancton y en el bentos. Las diatomeas son autótrofas por excelencia. Estos organismos fotosintetizadores poseen un color dorado oliváceo debido a su juego de pigmentos fotosintéticos. Suelen contener gotas de lípidos que, además de servir de reserva, contribuyen a su flotabilidad (Kooistra *et al.*, 2007). El crecimiento depende de la cantidad de sílice y de la tasa de reciclaje de este elemento, los niveles de intensidad de luz y temperatura. Poseen ciclos de vida simples multiplicándose por divisiones mitóticas y de forma sexual. Su pared celular, es una estructura rígida constituida por sílice denominada frústula. El sílice les confiere rigidez y origina patrones de estrías, de trama complicada, que suelen servir como rasgos para su identificación. La frústula se encuentra formado por dos partes que se unen como las piezas de una caja, denominadas valvas y, según corresponda, se nombran epivalva o hipovalva. Las frústulas de las diatomeas presentan una serie de ornamentaciones tales como areolas, poros, bandas, o bien presentan prolongaciones o proyecciones. También es

común la presencia de estructuras accesorias o externas como setas y espinas que sirven para la unión de las células en cadenas. En algunas especies de diatomeas con simetría bilateral existe una estructura central acanalada que recorre toda la célula denominada rafe. Las diatomeas por ese carácter pueden ser rafideas y arafideas, debido a la presencia o ausencia del rafe, luego por la estructura del rafe con o sin fíbulas, con o sin costillas, y la forma de terminación del rafe. Y en las rafideas por las características del área axial y el área de poros apical. La mayoría de las especies planctónicas pertenecen a los grupos que carecen de rafe, y tienen tendencia a hundirse debido a que el sílice tiene un peso específico mayor que el agua. Por lo que el mantenimiento de estas especies en la columna del agua es debido a la turbulencia.

Existe un enorme rango de tamaño y forma celular entre los géneros planctónicos. Por ejemplo *Thalassiosira* llega a medir de 3-5 μm , mientras que *Coscinodiscus* puede ser de 50-500 μm . Además hay especies que poseen extensiones que disminuyen la tasa de hundimiento como *Chaetoceros* al poseer setas. La morfología colonia también ayuda a la flotación como en *Asterionella* y *Fragilaria*. Las diatomeas centrales del género *Coscinodiscus* son organismos grandes y algunas son indicadoras de condiciones marinas ricas en nutrientes o de surgencias (Marshall y Cohn, 1987) y son consideradas como ancestros de los demás grupos de diatomeas centrales (Simonsen, 1979), mientras que otras se utilizan para estudios de bioestratigrafía y sedimentología debido a que varias especies aparecen en periodos geológicos bien definidos. La identificación de las especies es tarea difícil, ya que los caracteres taxonómicos para separar las especies muchas veces son ambiguos, como el arreglo y medida de las areolas, presencia o ausencia de la roseta central, la presencia y posición de apículos marginales (Hasle y Syvertsen, 1996). El número aproximado de especies de diatomeas planctónicas actuales es de 1,300 - 1,700 (Sournia, 1995), aunque existe un cálculo que podrían ser hasta 5,000 especies (Katz *et al.*, 2004) (Figura 1.1) y (Figura 1.2).

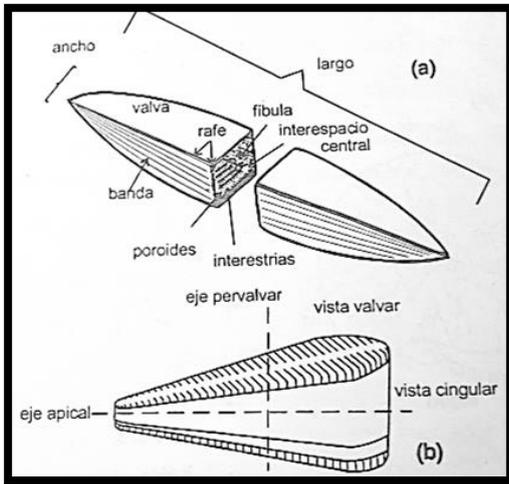


Figura 1.1 a) Vista valvar y b) cingular de una diatomea penada. Adaptado de Hasle y Syvertsen (1996).

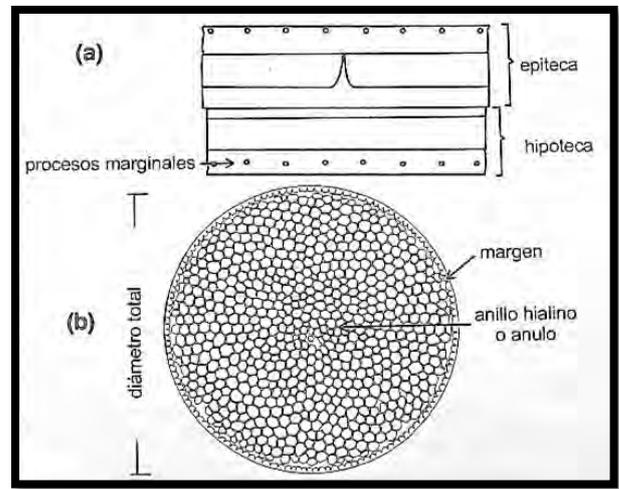


Figura 1.2 a) Vista cingular y b) valvar cingular de una diatomea central. Adaptado de Hasle y Syvertsen (1996).

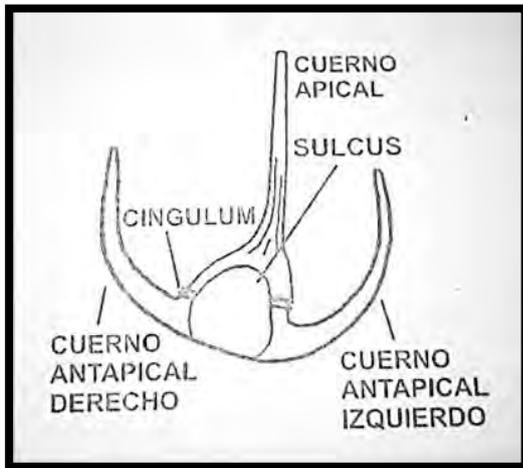


Figura 1.3 Vista ventral de un dinoflagelado del género *Neoceratium*. Adaptado de Hasle y Syvertsen (1996).

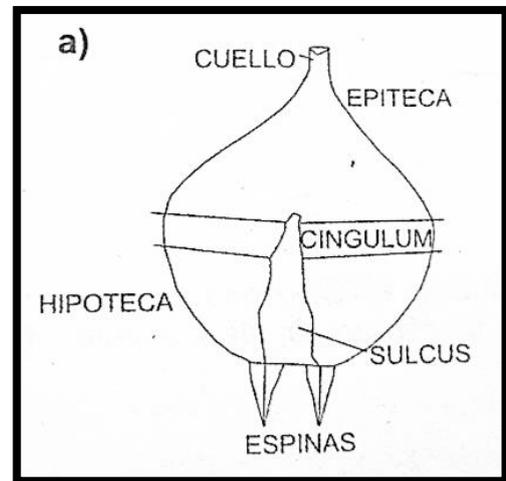


Figura 1.4 a) Vista ventral de un dinoflagelado del género *Protoperidinium*. Adaptado de Hasle y Syvertsen (1996).

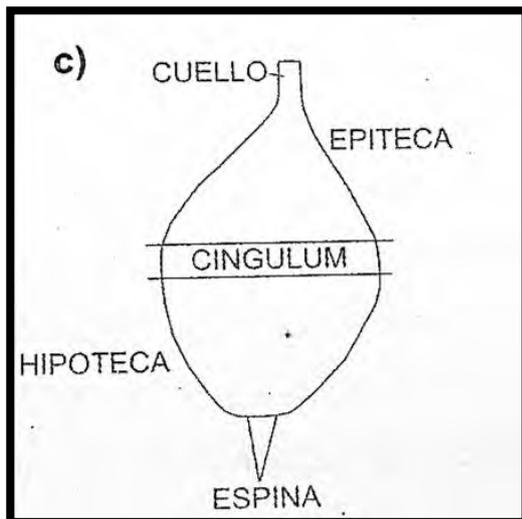


Figura 1.5 b) cingular de un dinoflagelado del género *Protoperidinium*. Adaptado de Hasle y Syvertsen (1996).

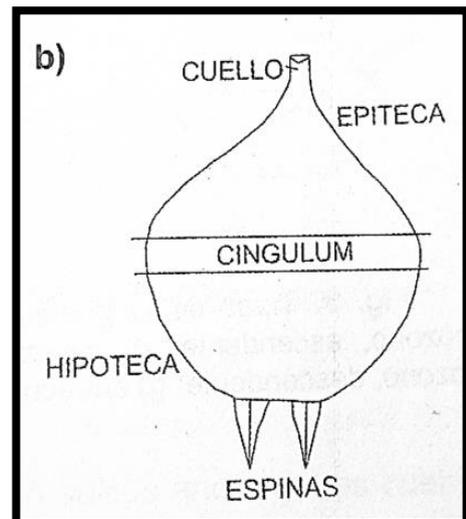


Figura 1.6 c) dorsal de un dinoflagelado del género *Protoperidinium*. Adaptado de Hasle y Syvertsen (1996).

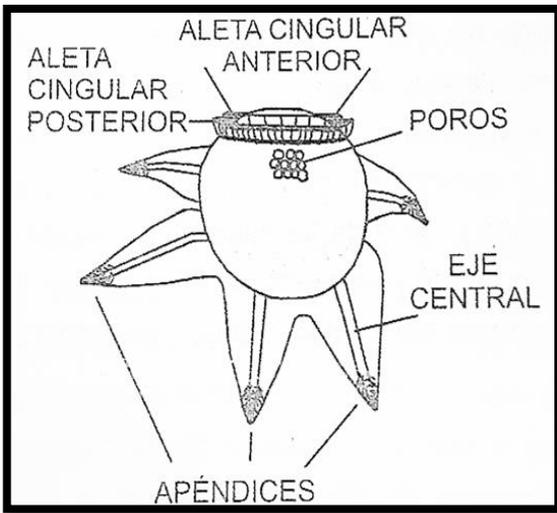


Figura 1.7 Vista lateral de un dinoflagelado del género *Ceratocorys*. Adaptado de Hasle y Syvertsen (1996).

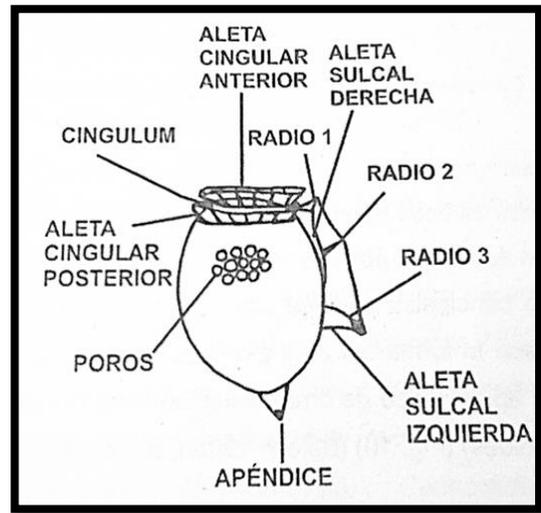


Figura 1.8 Vista lateral de un dinoflagelado del género *Dinophysis*. Adaptado de Hasle y Syvertsen (1996).

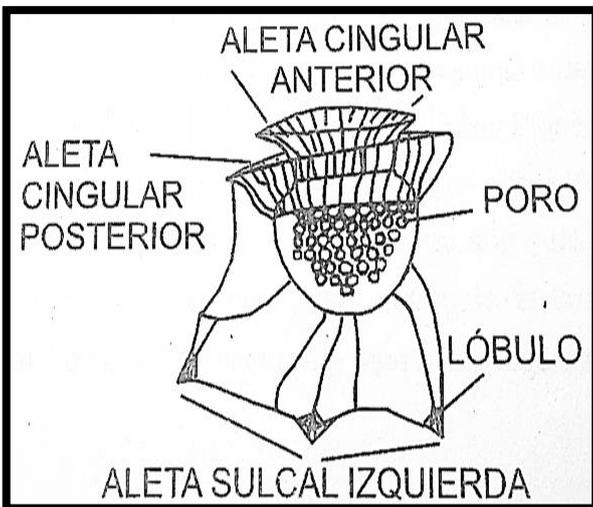


Figura 1.9 Vista lateral de un dinoflagelado del género *Ornithocercus*. Adaptado de Hasle y Syvertsen (1996).

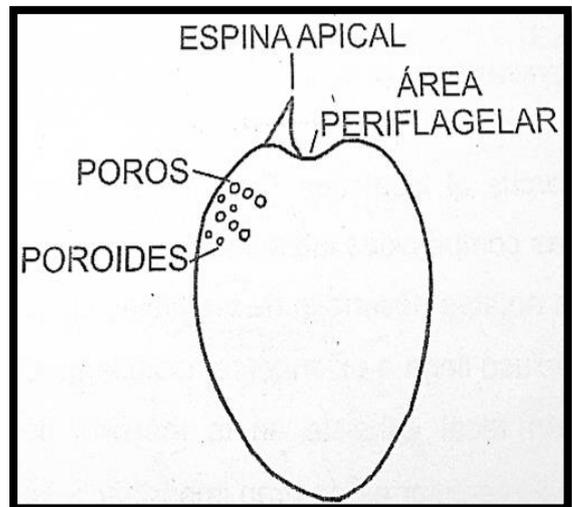


Figura 1.10 Vista ventral de un dinoflagelado del género *Prorocentrum*. Adaptado de Hasle y Syvertsen (1996).

Los dinoflagelados (Dinophyta) son considerados como el grupo más abundante y diverso de microalgas del fitoplancton después de las diatomeas, los dinoflagelados son protistas alveolados unicelulares de carácter marino y cosmopolita, posee clorofila a y clorofila c^1 y c^2 más pigmentos accesorios como las ficoxantina, peridinina y diadinoxantina, además del almidón como sustancias de reserva, cuyo tamaño fluctúa entre 20 y 500 μm , aunque algunos como el género *Noctiluca* puede alcanzar hasta 2 mm de diámetro, pueden formar cadenas o pseudocolonias. Las células móviles presentan dos flagelos bien diferenciados, un flagelo transversal y ondulado que se aloja en el cíngulo, el otro flagelo alojado desde el sulco de forma libre.

Estos dos flagelos desiguales proporcionan a los dinoflagelados un característico movimiento rotacional que da nombre al grupo, el flagelo transverso le da propulsión y el longitudinal da dirección al movimiento. Su caparazón (teca) está formado por celulosa, y por este carácter pueden ser divididos en dos grandes grupos diferenciados debido a la presencia o ausencia de teca, en tecados donde el número, forma y ornamentación de las placas se utiliza para la determinación taxonómica o atecados cuando la cubierta celular es más fina y no permite distinguir placas, también llamados dinoflagelados desnudos (Graham y Wilcox, 2000). En las tecas puede tener espinas, cuernos y otras ornamentaciones como areolas.

Pueden tener cloroplastos, aunque pocas especies son estrictamente fotoautótrofas, muchos son mixótrofos y un gran porcentaje son heterótrofos obligados (fagótrofos o parásitos). La reproducción es sexual y asexual. Algunas especies planctónicas marinas producen altas proliferaciones poblacionales y/o toxinas formando las llamadas "mareas rojas" con toxinas citolíticas, hepatotóxicas o neurotoxinas, peligrosas para los seres humanos, mamíferos marinos, peces y aves. Los principales problemas sanitarios aparecen cuando las especies tóxicas son consumidas por mariscos filtradores que acumulan las toxinas en niveles altos y que posteriormente son consumidos por los humanos por ejemplo, la saxitoxina que bloquea los canales de sodio de la membrana celular provocando parálisis de los músculos respiratorios (Hawser *et al.*, 1992). En la región costera del Golfo de México se han registrado 252 especies de dinoflagelados (Licea *et al.*, 2004), mientras que para todo el Golfo de México se han encontrado 644 especies de dinoflagelados (casi todos planctónicos) (Steidinger *et al.*, 2009). Con actuales cambios en algunos géneros como la separación de *Ceratium* en dos diferentes géneros, separando las especies de aguas continentales en *Ceratium*, y las especies marinas en el nuevo género *Neoceratium*. Esta separación se basa en el número de placas cingulares y en la diferencia evolutiva de las secuencias del ADN ribosomal (Gómez *et al.*, 2010).

El género *Neoceratium* se caracteriza por presentar un sulcus ancho y tres cuernos, uno en la epiteca conocido como apical y dos en la hipoteca llamados hipotecales. Este es uno de dos caracteres de mayor importancia para la clasificación de sus especies, y otras más particulares son el grado de desarrollo, la dirección y forma de los cuernos, relación que existe entre estos, tipo de borde

apical y antapical, longitud total de la célula, y forma general del cuerpo (Steidinger y Tangen, 1997) (Figura 1.3). El género *Protoperidinium* se caracteriza por una epiteca constituida de placas con carácter taxonómico, llamadas dependiendo de su localización en apicales, cingulares, e intercalares. Una hipoteca igualmente con placas llamadas poscingulares y antapical. Cíngulo y sulcus muy bien diferenciados y con dos cuernos antapicales más o menos desarrollados. De formas piriformes, oviformes o pentagonales (Figuras 1.4, 1.5 y 1.6).

La clasificación de los miembros del orden Dinophysiales en tres a cinco familias, dependiendo de los autores, se basa en características morfológicas como son: la forma de la teca, la posición de los poros flagelar y ventral, el grado de desarrollo de las aletas cingulares y sulcales, y la presencia de cuernos o prolongaciones de la hipoteca. Incluye diversas formas marinas, móviles y tecadas, aplanadas lateralmente (Balech, 1988; Fensome *et al.*, 1993; Steidinger y Tangen, 1997; Hernández-Becerril *et al.*, 2008). *Ceratocorys* es uno de los géneros dotados con grandes apéndices, y con un eje central ramificado en su extremo o bien presenta espinas de menor tamaño en el lugar de los apéndices, aletas cingulares de menor desarrollo y una teca robusta que puede estar comprimida lateralmente, provista de ornamentación de poros y areolas (Figura 1.7).

El género *Dinophysis* presenta estructuras importantes para su clasificación. Células comprimidas lateralmente, presenta dos tecas (una derecha y una izquierda), dos aletas cingulares provistas de radios; dos aletas sulcales, siendo la derecha de menor tamaño, y la izquierda con tres radios (Hernández-Becerril *et al.*, 2008) (Figura 1.8). El género *Ornithocercus* presenta células comprimidas lateralmente y formadas por dos tecas, pero tienen un notable desarrollo de las aletas cingulares y de la aleta sulcal izquierda que incluso llega a extenderse hasta la porción posterior de la célula, ornamentación tecal en la mayoría de los casos en poros o alveolos y el tamaño de la célula (Figura 1.9).

El género *Prorocentrum* carece de cíngulum y sulcus, las especies se encuentran formadas por dos valvas cuya forma y talla son esenciales para su clasificación, además de los caracteres como la forma del área periflagelar, presencia, forma y tamaño de una espina apical, y tipo de ornamentación tecal (tamaño y arreglo de los poroides) (Steidinger y Tangen, 1997) (Figura 1.10).

Los Silicoflagelados (Dictyochophyceae) son algas unicelulares exclusivamente planctónicas y marinas, en sus formas fotosintéticas y heterótrofas. Se distinguen por tener un endoesqueleto silíceo formando en su parte central un polígono plano más o menos regular de 4, 6 u 8 lados, que contiene al protoplasma y presencia de un solo flagelo. De los vértices de dicho polígono surgen unas afiladas espículas. Presentan un tamaño entre 20-50 μm . Su célula tiene como pigmentos a la clorofila a y c, que le da el color verde y a la ficocianina que le da un tono azul. Se conocen un gran número de especies extintas de silicoflagelados y se debate cuántas especies vivientes podrían existir en los mares mundiales, dentro de los géneros más conocidos *Dictyocha* y *Distephanus* (Thronsdén, 1997; Bravo-Sierra y Hernández-Becerril, 2003) (Figura 1.11).

Los Cocolitofóridos (Haptophyta) son un grupo de microalgas flageladas con una estructura adicional parecida a un tercer flagelo, el haptonema, que presenta escamas orgánicas o mineralizadas (carbonato de calcio o sílice) son muy comunes y diversos en el fitoplancton marino de todo el mundo, se agrupan en Cooesferas. Poseen clorofila a y c, más fucoxantina, además de crisolaminarina como sustancia de reserva. Casi todas las especies son fotosintéticas y mixótrofas. El número de especies totales en el fitoplancton marino se han listado 244-303 especies (Sournia, 1995) de las cuales se pueden considerar unas 280 especies de cocolitofóridos actuales (Young *et al.*, 2003) (Figura 1.12).

Las Clorofitas o algas verdes (Chlorophyta) son un grupo compuesto de microalgas verdes, fotosintéticas, unicelulares o pluricelulares, coloniales o filamentosas, con una gran variedad de formas (cocoides, ovoides), y tallas. Con abundante clorofila a y b más pigmentos carotenoides, contienen almidón como sustancias de reserva, frecuentemente dulceacuícolas, aunque se han reconocido unas 103 - 136 especies en el fitoplancton marino. Las clorofitas unicelulares se reproducen asexualmente por bipartición y algunas pluricelulares tienen alternancia de generaciones (Sournia, 1995) (Figura 1.13).

Las Cianofitas (Cyanobacteria) son organismos procariotas que carecen de organelos delimitados por membrana, no presentan núcleo, ni cloroplastos, pero si poseen clorofila a más pigmentos como ficobilinas, se distinguen de otros procariontes por ser fotoautótrofos oxigénicos, es decir organismos fotosintéticos que producen oxígeno (O_2). Pueden ser filamentos en cadena (tricomas), cadenas de células cocoides o células esféricas. Se multiplican por división celular, y como estructuras especiales poseen hormogonios que son un conjunto de células del tricoma que sirven para la reproducción sexual, propágulos y heterocistes donde se fija el nitrógeno y que pueden actuar como esporas de resistencia. Algunas de sus especies son los organismos más abundantes en el planeta y contribuyen de manera importante a la productividad planctónica marina y a los ciclos de carbono y nitrógeno, mientras que otras especies están asociadas de manera simbiótica con organismos eucariotes, y otras producen toxinas de interés en la salud humana y la fauna marina (Hawser *et al.*, 1992). Entre las familias más importantes podemos mencionar Nostocaceae y Oscillatoriaceae debido a su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, además géneros como *Oscillatoria* han sido asociados a diferentes tipos de contaminación, entre los representantes marinos están los géneros *Lyngbya* y *Trichodesmium* (Figura 1.14).

Los euglénidos (Euglenozoa) son formas planctónicas marinas de este grupo son flageladas, fusiformes, fotosintéticas o heterótrofas. Presentan una película externa que les confiere plasticidad y uno o 2 flagelos que se insertan en la citofaringe. Poseen estigma órgano fotorreceptor. Poseen un plasmalema y por debajo del mismo una película o periplasto formado por bandas proteicas helicoidales que le dan mayor movimiento, entre estas bandas proteicas se abren al exterior cuerpos mucíferos con mucílago. En algunos casos el periplasto puede ser rígido porque está surcado por estrías diagonales o longitudinales en las cuales se adhieren sales del medio y le dan rigidez a la euglena, en otros casos las células están encerradas en una lóriga y solo se asoman al exterior los flagelos. Con clorofilas a y b, además de xantofilas y b-caroteno, con paramilo como sustancia de reserva. Reproducción por escisión longitudinal de la célula. En condiciones desfavorables pueden enquistarse y adquirir una gran resistencia. Aunque no son comunes ni abundantes, suelen ser indicadoras de contaminación costera. Los registros actuales indican la presencia de 37 especies en el fitoplancton marino (Sournia, 1995) (Figura 1.15).

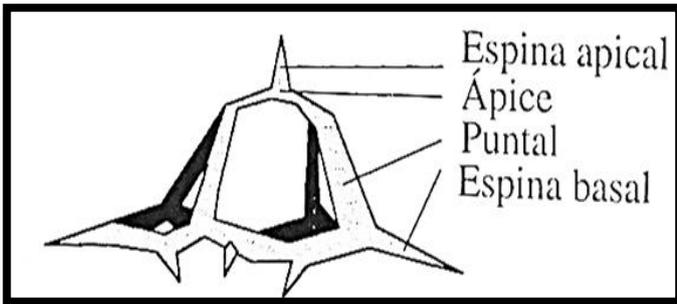


Figura 1.11 Vista apical de un Silicoflagelado.
Adaptado de Hasle y Syvertsen (1996).



Figura 1.12 Característica de un Cocolitofrido.
<http://www.medioambiente.org/>

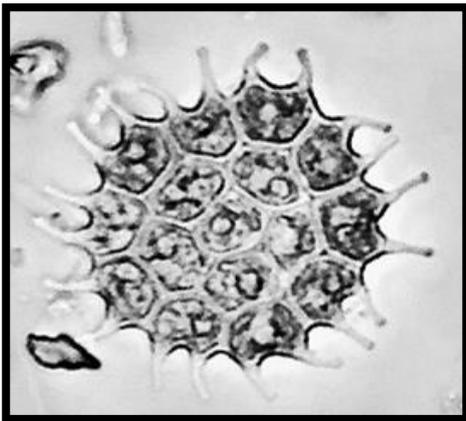


Figura 1.13 Características de la Clorofita *Pediatrum*. <http://www.medioambiente.org/>

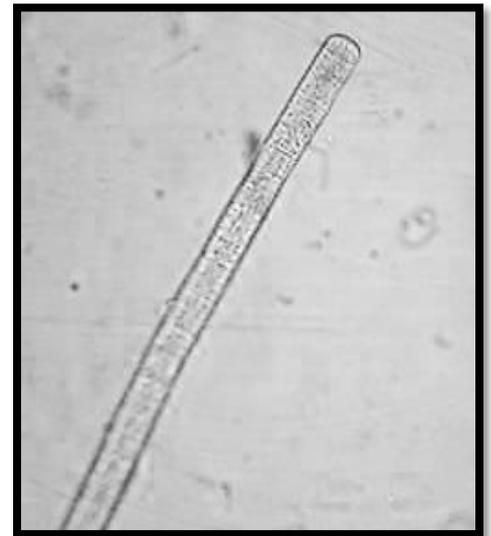


Figura 1.14 Características de la Cianofita *Trichodesmium*. <http://www.medioambiente.org/>

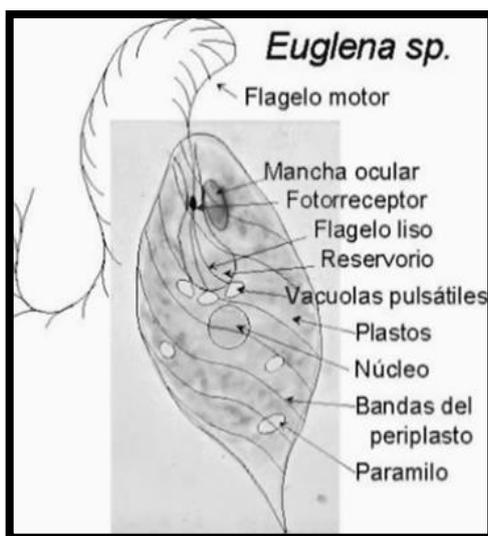


Figura 1.15 Características de Euglena.
<http://www.medioambiente.org/>

ANTECEDENTES

Los estudios sobre el fitoplancton presente en el Golfo de México son enfocados a grupos taxonómicos específicos y particulares por lo que estudios que abarquen más grupos taxonómicos son escasos y los que se realizan sobre el tema son efectuados por instituciones extranjeras. El Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) fue citado por primera vez hace un siglo por Heilprin (1891) posteriormente Alexander von Humboldt en su ensayo político sobre la Nueva España, describió que los habitantes porteños de Veracruz utilizaban en la construcción de sus casas la piedra mucar de origen madreporico de los arrecifes haciendo énfasis en la utilización del coral.

Joubin (1912), citado en Emery (1963), publicó uno de los primeros mapas de los arrecifes coralinos del Golfo basándose en las investigaciones de Heilprin 1891. Emery (1963), estudió la geología, la topografía y los sedimentos del área, pero no fue sino hasta después de 30 años que se reanudaron las investigaciones basándose en este trabajo.

Steidinger y Williams (1972), realizaron estudios taxonómicos de algas dinofíceas en el sur del golfo de México y recopiló 403 especies derivadas de los estudios entre 1950 y 1971, sin embargo existe todavía confusión con la presencia o ausencia de ciertas especies.

Gómez-Aguirre (1974), en la Laguna de Términos, Campeche, efectuó estudios de temperatura, salinidad, oxígeno, clorofila, biomasa planctónica y composición cualitativa y cuantitativa tanto del fitoplancton como del zooplancton. Realizando los perfiles verticales y la distribución horizontal de dichos parámetros.

Licea-Duran (1974), llevó a cabo estudios cualitativos y cuantitativos del plancton e hidrología en el sistema Huizache-Caimanero concluyendo en cuanto al plancton que las densidades del fitoplancton y zooplancton mostraron una aparente relación directa, lo que sugiere que las comunidades del fitoplancton de estos lugares son capaces de sostener los consumos por el zooplancton, sin agotarse y sustentar a las demás comunidades.

Huerta *et al.*, (1977), presentaron una lista sistemática de las algas marinas que encontraron en Isla de Enmedio; Henkel (1982), describe la presencia de algunas algas que observa en su trabajo sobre equinodermos en la misma isla y en Arrecife Lobos.

Mendoza-González y Mateo-Cid (1985), registran por primera vez la flora marina de las islas Sacrificios y Santiaguillo catalogando las especies encontradas y con ello ampliando su inventario.

Tunnell (1988), describe la composición y ecología de las macroalgas de la Isla de Enmedio.

Figueroa-Torres (1990), estudió el género *Ceratium* y dinoflagelados de la costa del sur de Golfo de México. Figueroa-Torres (1990); Soto (2001), estudiaron el género *Ceratium* y los dinoflagelados de las costas de Tamaulipas respectivamente. Soto (2001); Licea (2002), han realizado proyectos sobre la sistemática y distribución del género *Ceratium* del fitoplancton encontrando las especies más importantes en el sur del Golfo de México, y catalogando de 132 a 159 especies.

Aké-Castillo *et al.*, (1995), en 1991-1992 estudiaron la distribución espacial y temporal del género *Skeletonema* en la laguna costera de Sontecomapan, el cual varió de acuerdo a la salinidad, *S. subsalsum* dominó en época de lluvias a menor salinidad (0-6 ups) a diferencia de *S. costatum* y *S. tropicum* fueron abundantes en la zona adyacente al mar en temporadas de lluvias (32-37 ups) y *S. pseudocostatum* mostró mayor intervalo de tolerancia a la salinidad (4-25 ups). Aké-Castillo y Vázquez, (2011), posteriormente estudiaron la dinámica de la comunidad fitoplanctónica en muestras de 1999, 2001, 2003 y 2007, detectando la presencia de *Peridinium quinquecorne* en los meses de febrero y junio, a salinidades menores a 21 ups y temperaturas mayores a 24.5 °C. Aké-Castillo, (2011), además de los anteriores estudios realizó uno de la dinámica temporal de *Trichodesmium erythraeum* (Cyanobacteria) en el Parque Nacional "Sistema Arrecifal Veracruzano" encontrando filamentos solitarios en abril 2007 y marzo de 2008, pero para los meses de mayo, agosto y diciembre del 2007 se comenzó a ver presencia de la especie en mazos, total ausencia durante los meses de octubre 2007 y abril 2008 explica el comportamiento de su aparición al comienzo de los vientos del norte de ese año.

Almazán-Becerril y Hernández-Becerril (2002), se enfocan a dinoflagelados potencialmente tóxicos y a las especies asociadas a eventos de proliferaciones, como *Carencia brevis* reportada en las costas del Golfo de México y Mar Caribe, y *Peridinium quinquecorne* reportada en Veracruz durante el mes de noviembre del 2002.

Okolodkov, (2008) para el Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), estudió la morfología de 46 especies de *Proto-peridinium* incluyendo una clave para su identificación, así como ilustraciones de todas las especies encontradas. De éstas, 15 representan nuevos registros para el Golfo de México, y cerca de 25 especies lo son para el estado de Veracruz.

Parra-Toriz *et al.*, (2010), reportan la composición específica de dinoflagelados planctónicos de los órdenes *Prorocentrales* y *Dinophysiales*, recolectados mediante arrastres superficiales con red (30µm de luz de malla), considerando muy baja la riqueza de especies en el SAV y mayores riquezas en otras zonas del Golfo de México, como la zona sur del Golfo, donde se han listado 53 especies del orden *Dinophysiales* y 14 especies de *Prorocentrales*.

Gómez *et al.*, (2010), proponen la separación de *Ceratium* en dos diferentes géneros, separando las especies de aguas continentales en *Ceratium*, y las especies marinas en el nuevo género *Neoceratium*. Esta separación se basa en el número de placas cingulares y en la diferencia evolutiva de sus secuencias del ADN ribosomal.

Parsons *et al.*, (2012), estudiaron la diversidad y morfología de las diatomeas del género *Pseudo-nitzschia* del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, se identificaron siete especies, concluyendo que existe riesgo potencial de intoxicación amnésica por consumo de mariscos en el área de estudio en periodos de proliferación.

Góngora, (2015). realizó un análisis de las clorofilas “a”, “b” y “c” encontrando que la clorofila “a” tiene su máximo en el mes de julio, la clorofila “b” su máximo en el mes de mayo y la clorofila “c” con su máximo en el mes de mayo, evalúa la biomasa por peso seco, máxima ocurrió en el mes de noviembre con 3.2 g/m³ y un

mínimo de 1.9 g/m³ para el mes de mayo, además determino taxonómicamente 23 géneros del fitoplancton siendo los más abundantes *Asterionellopsis*, *Chaetoceros*, *Coscinodiscus*, *Rhizosolenia* todas ellas con clorofila a y c, *Neoceratium* con clorofila a y c.

JUSTIFICACIÓN

Debido a que el fitoplancton tiene una alta importancia en la comunidad y productividad marina, posee un gran número de especies sobre todo en los grupos de diatomeas y dinoflagelados, de las cuales algunas son usadas como indicadoras de la calidad del agua y otras proliferan bajo condiciones específicas. Además de que en la zona de playa de Antón Lizardo existen condiciones diferentes debidas a la alta interacción entre el medio continental y el oceánico, contrarias a la zona del arrecife Santiaguillo de condiciones más oligotróficas y que carece de información biológica al ser de los arrecifes más alejados de la costa. Por tanto la finalidad que se le da a este trabajo es el aporte de información acerca del fitoplancton en dos zonas dentro del Sistema Arrecifal Veracruzano.

HIPÓTESIS

Si se sabe que la zona de playa es menos diversa que un arrecife, que presenta un mayor contacto con los sedimentos generando aguas con poca visibilidad, influencia de agua dulce debido a la desembocadura de los ríos cercanos que generan descensos en la salinidad, conductividad y pH, además de la entrada y suspensión de nutrientes que favorecen a obtener altas densidades, entonces en la zona del arrecife Santiaguillo se encontrará una mayor diversidad y se presentarán densidades más bajas debido a la diferencia que existe de profundidad, visibilidad por la baja carga de sedimentos, nutrientes, y salinidades entre las dos zonas.

OBJETIVO GENERAL

- Comparar el fitoplancton presente en la zona litoral de Antón Lizardo (playa) con la zona del arrecife Santiaguillo, mediante muestreos bimensuales durante un ciclo anual.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Determinar taxonómicamente a los organismos que constituyen el fitoplancton en las zonas de estudio.
2. Realizar un catálogo con las especies determinadas taxonómicamente.
3. Comparar, la densidad y la abundancia del fitoplancton en la zona litoral (playa) con la zona arrecifal de Santiaguillo, durante un ciclo anual.
4. Describir y comparar, la composición y diversidad de especies del fitoplancton de la zona litoral (playa) con la zona arrecifal de Santiaguillo, Veracruz.
5. Comparar los parámetros físicos y químicos durante un ciclo anual en ambas zonas de estudio.

ÁREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV) es un Área Natural Protegida declarada y administrada por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), está conformado por bajos, islas y arrecifes situados en la zona interna de la plataforma continental del Golfo de México, en la porción central del litoral veracruzano, el polígono del área comienza frente el puerto de Veracruz hasta punta Antón Lizardo, cubriendo una superficie de 65, 000 hectáreas (Gutiérrez *et al.*, 1993)(DOF, 2012). Fue decretado como Parque Marino Nacional el 24 de agosto de 1992 y como Parque Nacional el 7 de junio de 1994 (DOF, 1994). Consta de 22 arrecifes divididos en forma natural en dos grupos por el río Jamapa, además se encuentra delimitado por los ríos La Antigua al norte y Papaloapan al sur; el primer grupo de 10 arrecifes se encuentra frente al puerto de Veracruz con los arrecifes Gallega, Galleguilla, Anegada de Adentro, La Blanquilla, Isla Verde, Isla de Sacrificios, Pájaros, Hornos, Ingeniero y Punta Gorda donde existen profundidades máximas de 37 m. El segundo grupo de 12 arrecifes se encuentra frente a punta Antón Lizardo con los arrecifes Giote, Polo, Blanca, Punta Coyol, Chopas, Enmedio, Cabezo, el Rizo, Santiaguillo, Anegada de Afuera, Anegadilla y Topetillo con una profundidad máxima de 48 m (Vargas-Hernández *et al.*, 1993)(Figura 2.1). Los arrecifes de Veracruz se han descrito de tipo plataforma, ya que son bancos arrecifales que emergieron del fondo marino formando una explanada subsuperficial, también comparten dos formas de desarrollo una alargada en sentido noroeste-sureste debido a la dirección del oleaje y otra en semicírculo con la misma orientación (Emery, 1963).

El Arrecife Santiaguillo, es uno de los 12 arrecifes frente Antón Lizardo con coordenadas 19.14° N de latitud y 95.82° W de longitud, a casi 18 kilómetros de la parte continental, con un área de cobertura de 1 km², un ancho de 0.3 km, una longitud de 0.4 km y con profundidad máxima de 48 m, 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, además se encuentra relacionado a la Isla Santiaguillo que está compuesta casi totalmente de escombros de coral (sin arena) (Emery, 1963, en Vargas-Hernández *et al.*,1993) (Arriaga *et al.*, 1998).

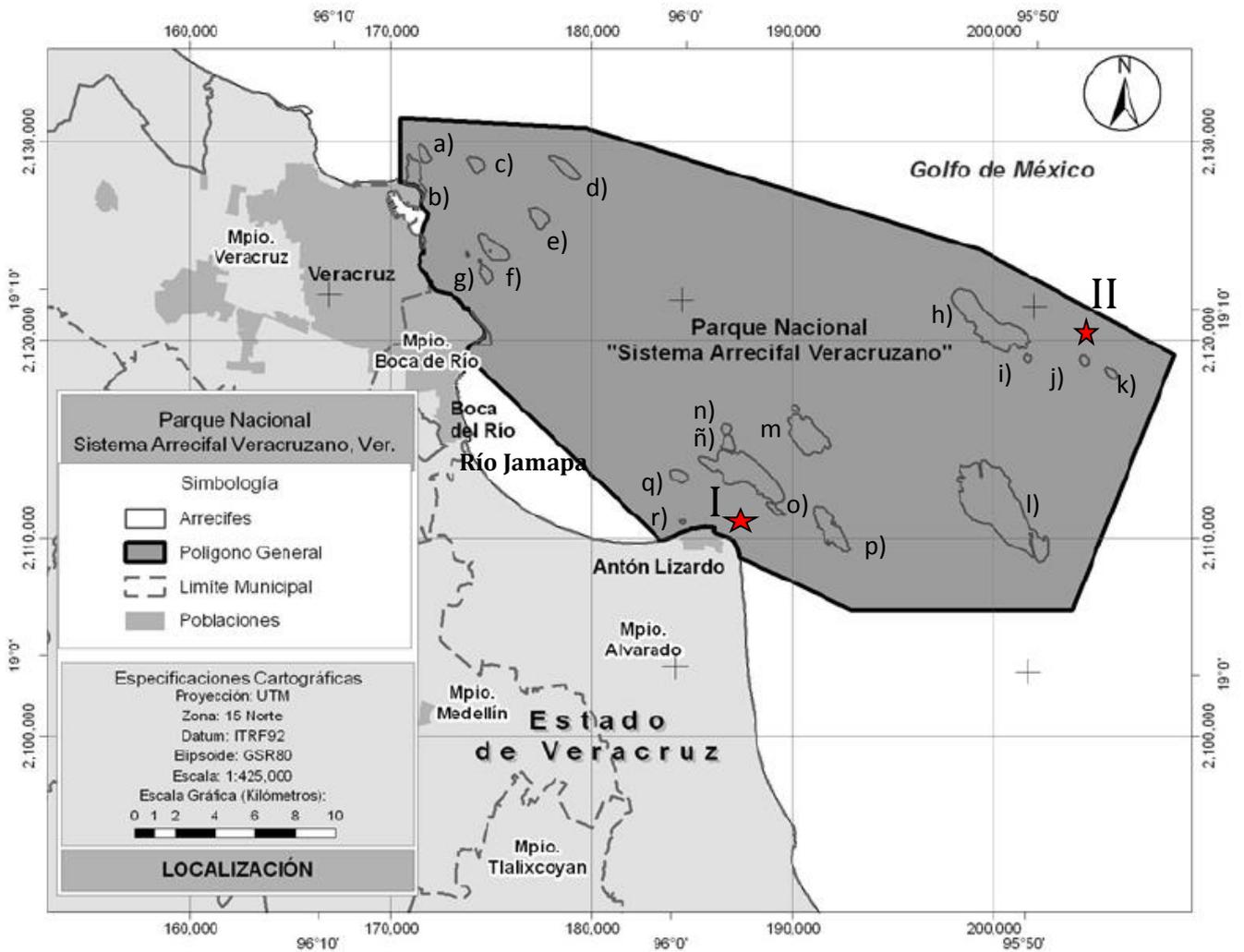


Figura 2.1. Polígono de las 65,000 hectáreas del PNSAV a) Galleguiga, b) Gallega, c) Blanquilla, d) Anegada de Adentro, e) El Verde, f) Pájaros, g) Sacrificios, h) Anegada de Afuera, i) Topatillo, j) Santiaguillo, k) Anegadilla, l) Cabezo, m) Enmedio, n) polo, ñ) Los Bajios, o) Chopas, p) Rizo, q) Blanca, r) Giotte. I-estación "playa" y II-estación arrecife. Tomado de CONANP, 2011.

Aspectos geológicos y fisiográficos: Perteneciente a la placa tectónica Norteamericana, con tipo de rocas sedimentarias, presencia de arenas, limos, arcillas y lodos (con abundantes conchas rotas), dentro de una plataforma continental amplia de 33 km, 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 y desembocaduras de ríos importantes como el Jamapa y el Papaloapan, que provoca que las aguas sean turbias y poco transparentes (Gutiérrez *et al.*, 1993, Chávez *et al.*, 2007).

Aspectos oceanográficos: El litoral de Veracruz se encuentra influenciado por la corriente del Golfo de México, cuya circulación está vinculada con las aguas cálidas y salinas que constituyen la Corriente de Lazo; con una salinidad de 36.7 ups y temperatura superficial durante el verano de 28 a 29 °C, la que se reduce a 25-26 °C en el invierno con salinidades de 34.5 ups y una profundidad media de 5 – 20 m (De la Lanza, 1991; Vargas-Hernández *et al.*, 1993; CONANP, 2011). La temperatura

promedio anual en la zona arrecifal es de 26.1 °C y las temperaturas más bajas se registran en enero y febrero, y oscilan alrededor de 18°C. El clima se define como caliente húmedo con lluvias en verano A (w'')(w)(i'), (Köppen modificado por García, 1973) con dos épocas del año bien diferenciadas: 1) La época de "nortes" que abarca desde septiembre hasta abril, con escasa precipitación, temperatura baja y frecuentes invasiones de masas de aire frío del Norte, y 2) La época de lluvias de mayo a agosto, que es un periodo cálido, caracterizado por temperatura elevada, alta precipitación entre junio y agosto y vientos débiles del este que soplan más o menos permanentemente (Gutiérrez *et al.*, 1993, Tunnell *et al.*, 2007, Vargas-Hernández *et al.*, 1993). Presenta aportes de agua dulce por las desembocaduras de ríos y lagunas cercanas a las costas.

Corrientes costeras: Como parte del Golfo de México, la costa de Veracruz recibe la influencia de lo que sucede en la circulación a lo largo del Golfo. Y es a través del canal de Yucatán que entra al Golfo el agua subtropical subsuperficial del Caribe con un alto contenido de sal y calor, moviéndose en el sentido de las manecillas del reloj (anticiclónicamente) formándose la corriente de Lazo, además de la presencia de la contracorriente mexicana. Esta corriente tiene su mayor intrusión al Golfo en verano y la mínima en invierno; y en general su trayectoria e intensidad tienen una gran variabilidad estacional y anual (Monreal-Gómez y Salas de León., 1985). De la corriente del Lazo se desprenden varios giros anticiclónicos en intervalos de 3 a 25 meses, los cuales se propagan hacia el oeste con velocidades de 2.1 a 4 km/día. En su desplazamiento al oeste cambian de forma y tamaño. Es el talud continental el que produce la desintegración de estos giros, dando origen a la formación de giros más pequeños o secundarios tanto ciclónicos como anticiclónicos. La circulación costera frente al Estado de Veracruz, fluye gobernada por los vientos del este y sureste (vientos alisios). Sin embargo, durante la temporada invernal, suceden inversiones en presencia de eventos de nortes (www.semar.gob.mx). El Río Jamapa tiene influencia sobre el SAV durante todo el año, en época de nortes (invierno) cuando las corrientes marinas van hacia el sur, el río incide sobre las costas de Antón Lizardo, mientras que durante el verano cuando las corrientes marinas van hacia el norte su influencia se observa frente a Boca del Río (Krutak, 1997; Salas-Pérez y Granados-Barba, 2008; Okolodkov *et al.*, 2011). Las corrientes en el SAV, además suelen verse influenciadas por el giro de Campeche durante verano y otoño, cuando la circulación a meso escala interactúa con las descargas de los ríos, generando

características locales en el movimiento del agua en el sistema, resultando en un mecanismo eficiente para el intercambio de propiedades físicas y bio-químicas entre el mar abierto y la zona costera (Aldeco *et al.*, 2009).

Huracanes: El 80% de los huracanes que ocurren en el Golfo de México se forman fuera de él, disolviéndose normalmente en las costas del Noroeste del Golfo o en la Península de Florida. La mayor frecuencia e intensidad tienen lugar en los meses de agosto, septiembre y Octubre para Veracruz y la mayoría de las lluvias se presentan en el verano, con un porcentaje de lluvia invernal mayor de 5%, debido a la influencia de los nortes que aportan humedad.

Mareas: Las mareas en el Golfo de México que se registran para el estado de Veracruz son predominantemente diurnas o mixtas, su amplitud fluctúa entre 0.5 y 0.7 m y se debe principalmente a la interacción entre la onda mareal y la topografía dominante de cada lugar, así como a las fases lunares-solares. Las tablas numéricas de predicción de mareas de la SEMAR, indican que los meses en que se registran las máximas pleamares son octubre y noviembre (de 0.71 m a 0.75 m), y las bajamares mínimas en junio y julio (de 0.56 m a 0.63 m), para Veracruz y Antón Lizardo.

Oleaje: Los vientos del NE y SE controlan el oleaje del sureste según Walsh *et al.*, (2006), el oleaje originado durante el invierno es similar al generado por los fuertes vientos del Este, caracterizándose por ser de corta duración y gran magnitud. Existen cuatro tipos de regímenes de oleaje en el mar y la costa de Veracruz.

- a) el oleaje asociado a los vientos locales (energía moderada y baja).
- b) oleaje en lagunas costeras o de aguas protegidas, asociada a vientos locales o de brisa marina de período muy corto entre dos a tres segundos, con olas de altura de alrededor de 0.5 metros.
- c) oleaje de tormenta originado por la presencia de los Nortes. Su importancia es definitiva en las playas por su poder erosivo, destructivo y por la remoción de arenas.
- d) oleaje de tormenta provocado por los huracanes. El oleaje se relaciona con las corrientes de circulación playera, y de éstas últimas depende la distribución de nutrientes, mezcla de aguas dulces y salinas, el acarreo de arenas, escombros y basura a lo largo de la costa.

Aspectos físicos y químicos: Luz y transparencia del agua entre 1.5–15 m (variación estacional), reporte de la concentración de nutrientes para nitratos (baja), fosfatos (baja), silicatos (baja), productividad primaria denominada como alta, productividad secundaria alta y eutrofización baja (CONANP, 2011).

Flora: Ésta se puede dividir en terrestre de la zona costera, compuesta por diversas especies de pastos, arbustos y unas cuantas especies arbóreas como la casuarina y las palmas; en cuanto a la vegetación acuática está compuesta por pastos marinos como *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme* y *Halodule wrightii*. La vegetación de las islas queda representada por especies como *Pandanus sp.* *Randia laetevirens* y *Tournefortia gnaphalodes* que sirve de estabilizadoras de la arena, en el borde más extremo se encuentra *Sesuvium portulacastrum*. Entre las Rhodophyta se puede encontrar a *Ceramium corniculatum*, *Chondria sedifolia* y *Gracilaria domingensis*, entre las Chlorophyta *Caulerpa sertularioides*, *Entocladia viridis* y *Ulva fasciata*.

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, equinodermos como estrellas de mar, erizos y galletas de mar, entre otros. 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 se incrementa de 52 mil a 65 mil hectáreas (DOF, 1992) (DOF, 2012).

MÉTODO

Trabajo de campo

Se realizaron muestreos superficiales de manera bimensual, a lo largo de un ciclo anual a partir del mes de julio 2013 al mes agosto 2014 en 2 sitios de muestreo:

- I. En la costa de punta Antón Lizardo, denominado “zona de playa” con coordenadas: $19^{\circ} 3' 47.79''$ N, $95^{\circ} 59' 32.65''$ O (Figura 2.2).
- II. Sobre el arrecife Santiaguillo con coordenadas: $19^{\circ} 8' 32.92''$ N, $95^{\circ} 48' 33.78''$ O (Figura 2.2).

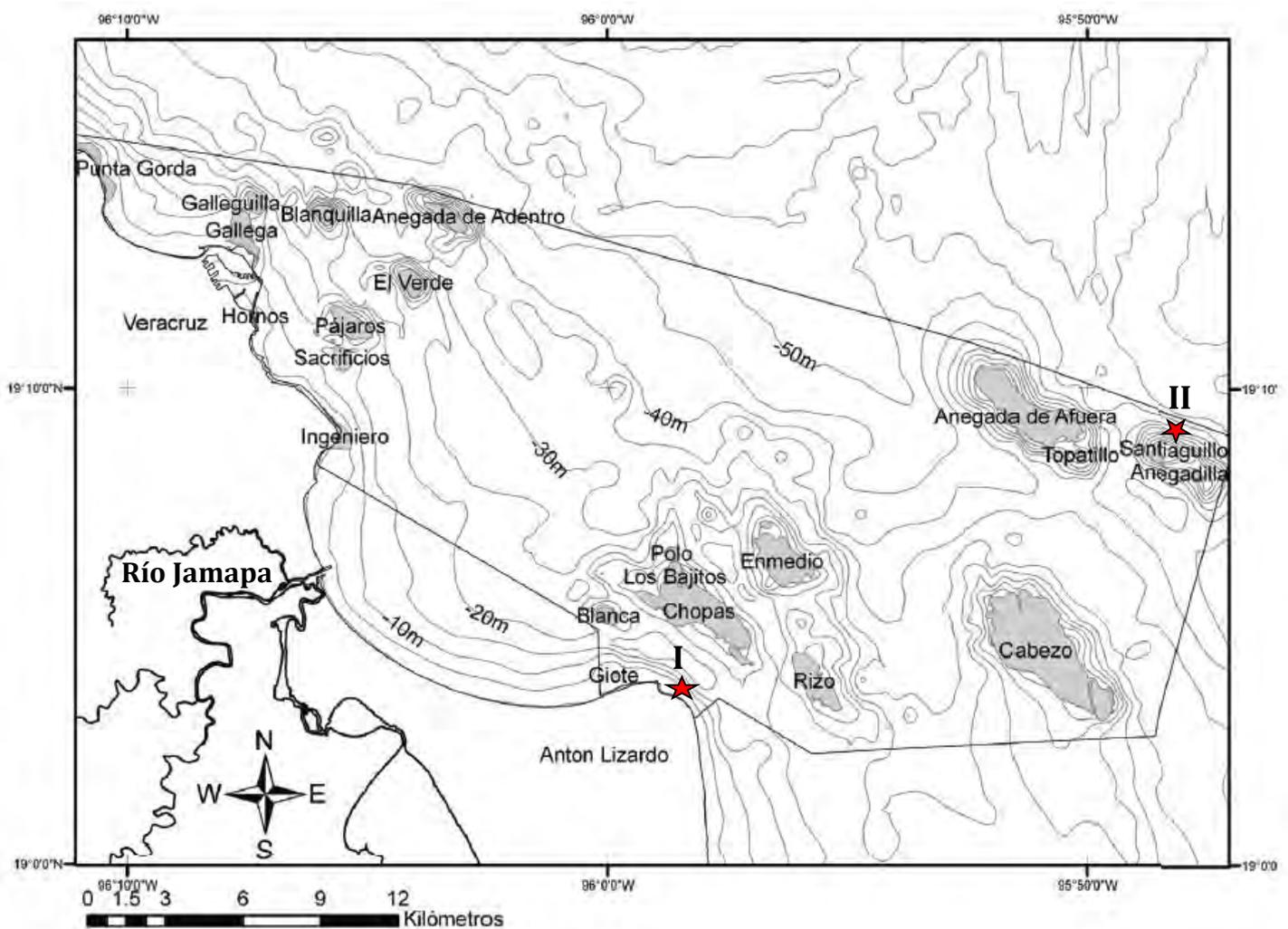


Figura 2.2. Área Natural Protegida Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano con las estaciones de muestreo: I) playa $19^{\circ} 3' 47.79''$ N, $95^{\circ} 59' 32.65''$ O y II) arrecife $19^{\circ} 8' 32.92''$ N y $95^{\circ} 48' 33.78''$ O. Mapa tomado de Ortiz-Lozano *et al.*, (2007).

Cada una de las estaciones se georeferenció con un GPS marca GARMIN ETREX; además se observaron las condiciones ambientales del momento tales como nubosidad, dirección del viento, además en cada estación también se midió la visibilidad al disco de Secchi para evaluar la penetración de luz en la columna de agua (Margalef, 1967) (Figura 2.3).

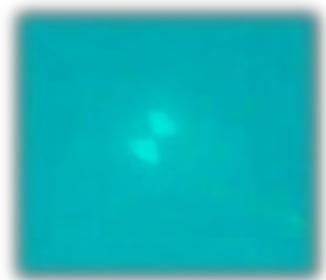


Figura 2.3 Visibilidad al disco de Secchi sobre el arrecife.

Se recolectó una muestra en cada una de las estaciones con una botella Van Dorn marca Wildco, con capacidad de 3 L, a 30 cm de profundidad en la que se midieron los parámetros hidrológicos como: conductividad, salinidad, sólidos disueltos con un multifactor marca Tracer Pockertester, pH con un potenciómetro PH-009(I) A, temperatura ambiental y de la muestra con un termómetro de inmersión 0-50°C y oxígeno disuelto con un oxímetro marca HANNA H19142 (Figura 2.4).

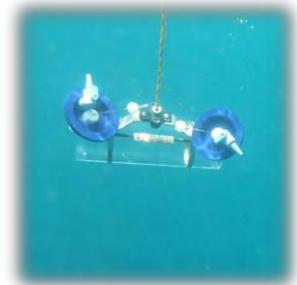


Figura 2.4 Toma de muestra con la botella Van Dorn sobre el arrecife.



Figura 2.5 Toma de muestra con la red de fitoplancton sobre el arrecife.

Y para obtener las muestras de fitoplancton, se tomaron muestras en cada estación con una red de fitoplancton de cono reducido con una abertura de malla de 80 μm con un arrastre de duración de un minuto a velocidad mínima del motor de la lancha (1m/s) aproximadamente, en arrecife, y un arrastre en playa de 1 minuto o un poco menos dependiendo de la turbidez del agua para no tapar la red (Figura 2.5). La muestra se vació en un frasco de 50 ml etiquetado con fecha, zona y profundidad, fijado con formol al 4% neutralizado con bórax (Ferrario *et al.*, 2010).

Trabajo de laboratorio

Las muestras se dejaron sedimentar en el laboratorio por periodo mínimo de 24 hrs. Para determinar las especies presentes en la cámara de sedimentación se utilizó el microscopio óptico colocando de una a dos gotas sobre un portaobjetos empezando con el objetivo de menor aumento (10x), después con el de objetivo (40x) para observar a más detalle las características morfológicas de los organismos.

Con ayuda de la Guía de plancton marino-costero DeBoyd Smith (1977), Fensome *et al.*, (1993), Tomas (1997), Cupp, (1943), Horner, (2002) claves sobre géneros específicos como la de Licea-Durán (1974), Licea-Durán y Luna (1999), Okolodkov (2008), Okolodkov (2010), Okolodkov (2014), Parra-Toriz *et al.*, (2010), se identificaron taxonómicamente los organismos pertenecientes al fitoplancton hasta género o especie de cada muestra. Se realizaron dibujos y fotografías a los organismos con el fin de elaborar un catálogo de las especies encontradas en este trabajo.

Se observaron las muestras al microscopio invertido marca Olympus modelo IX70 y utilizando el método de Utermöhl en cámaras de sedimentación de 50 ml, se realizó el recuento a 40x de 100 organismos, contando los organismos completos dentro del campo, los campos de observación fueron elegidos al azar, para registrar 100 organismos se contaban entre 20-35 campos (Vollenweider, 1974). Durante los recuentos también se identificaron taxonómicamente a los organismos.

Trabajo de gabinete

Se realizaron los cálculos para obtener el agua que fue filtrada por el arrastre de la red de fitoplancton al tomar las muestras con la fórmula del volumen de un cilindro:

$V_{\text{cilindro}} = \pi r^2 \cdot h$ (Ramírez, 2000). Donde:

$h = \text{longitud o distancia} = vt = (\text{velocidad}) (\text{tiempo})$

$r = \text{radio de la boca de red}$

Una vez que se obtuvo el volumen del agua filtrada, se realizó la extrapolación de los organismos del recuento hasta obtener org/L y org/m³ de la red de fitoplancton. Se elaboraron tablas y listados en la hoja de cálculo Excel 2013 para realizar las gráficas de densidad por mes de cada estación, gráficas de la composición de géneros y especies, y gráficas de las abundancias relativas de organismos a lo largo del tiempo en cada estación.

Se realizaron análisis estadísticos exploratorios para saber el comportamiento visual de los datos (densidades y abundancias) mediante gráficas de cajas múltiples, posteriormente se efectuaron pruebas de normalidad como el test Shapiro-Wilk, la prueba de Kolmogorov-Smirnov y el test de homocedasticidad de Levene, para determinar si los datos seguían una distribución normal, una vez determinado que el comportamiento de los datos no seguía una distribución normal, se realizaron pruebas no paramétricas como la de Mann-Whitney para determinar estadísticamente si existían diferencias entre las zonas y con Kruskal-Wallis para las diferencias entre los meses respecto a la densidad, y para ayudar a distinguir dichas diferencias también se realizó una prueba de rangos múltiples, todos en el programa Statgraphics (versión de prueba) (Guerra-Davila *et al.*, 2009).

Para comparar la diversidad de las 2 zonas se realizó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (alfa), que asume que todas las especies están representadas en las muestras; por lo que indica qué tan uniformes se encuentran las especie teniendo en cuenta todas las especies muestreadas: $H = - (Pi * Ln Pi)$. El valor del índice suele hallarse entre 1,5 y 3,5 y raramente sobrepasa 4,5. La uniformidad de Pielou, que con base en los valores de diversidad del índice de Shannon-Weiner, expresa la equidad como la proporción de la diversidad observada en relación con la máxima diversidad esperada: $J = H/Ln(S)$. Este índice adopta valores entre 0 y 1, el número 1 indica que todas las especies son igualmente abundantes. Además del Índice de Sorensen (beta), que relaciona la abundancia de las especies con la abundancia total en las dos muestras: $2S / (nA + nB)$. Obtiene valores entre 0 a 1. El valor de 1 indica similitud completa y 0 señala que las comunidades no tienen especies en común (Odum y Warrett, 2006).

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

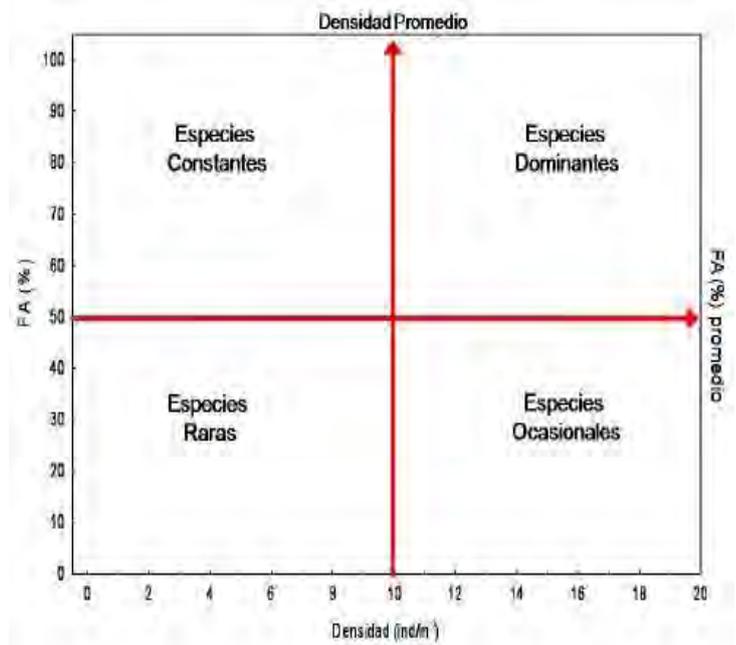


Figura 2.6 Diagrama de Olmstead-Tukey.

lo que se construyó el diagrama de Olmstead-Tukey para jerarquizar la dominancia de las especies fitoplanctónicas en las áreas de estudio, siendo las especies categorizadas como dominantes, constantes, ocasionales y raras (Sokal y Rohlf, 1981). A) Especie dominante: aquella con un valor de biomasa o densidad, y frecuencia relativa mayor al valor central del grupo de datos ordenados. B) Especie constante: aquella cuya biomasa o densidad no sobrepasa a la mediana, pero sí a su frecuencia relativa de aparición. C) Especie ocasional: aquella cuya biomasa o densidad es mayor a la mediana, pero con un valor de aparición inferior al valor central de la frecuencia relativa. D) Especies raras: aquella caracterizada por su biomasa o densidad y frecuencia de aparición baja, siendo ambos valores menores a sus respectivas medianas (Figura 2.6).

Para observar la similitud entre los meses se realizaron dos dendrogramas con las densidades totales y los parámetros durante los muestreos y por zona, con el programa de análisis multivariados PAST versión 2.17c. Además se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con las especies encontradas y los parámetros físicos y químicos, que ayudó a reconocer las variables que influyen en la composición del sistema; realizado en el programa de análisis multivariados PAST versión 2.17c, donde de acuerdo con el criterio de Kaiser se seleccionaron los componentes del ACP que presentaron valores propios (Eigenvalues), iguales o superiores a 1 (Garson, 2008).

RESULTADOS

Todos los muestreos se realizaron de manera bimensual (a partir del mes de julio del 2013 al mes de agosto del 2014). Las especies que se encontraron durante los recuentos y durante la búsqueda en toda la cámara de sedimentación se enlistan en la Tabla 5.1. Los organismos encontrados se determinaron taxonómicamente en 6 divisiones, 9 clases, 32 órdenes, 38 familias, 44 géneros y 85 especies de acuerdo a Graham *et al.*, (2009), Simon *et al.*, (2009), Medlin y Kaczmarek (2004), Cavalier-Smith (1989) y Fensome *et al.*, (1993). De las 85 especies encontradas; 72 se determinaron hasta especie mientras que 13 solo se obtuvo hasta género, debido a que alguna característica no fue posible observarla en el microscopio invertido, el catálogo de las especies por fines prácticos se colocó como lo último de resultados. Los géneros como *Chaetoceros*, *Neoceratium*, *Navicula*, *Protopteridium*, *Coscinodiscus*, *Thalassionema*, *Pseudo-nitzschia*, *Asterionellopsis*, *Rhizosolenia* y *Thalasiothrix* poseen más especies dentro del listado y coinciden con ser las especies más frecuentemente durante los muestreos (Figura 3.1). Se encontraron especies formadoras de toxinas como la diatomea *Pseudo-nitzschia multiseries*, las cianofitas *Trichodesmium thiebautii*, *Trichodesmium erythraeum* y el dinoflagelado *Dinophysis caudata*. Además especies de los géneros *Ornithocercus*, *Ceratocorys* y *Dictyocha* se encontraron de manera poco frecuente tal vez debido a su menor tamaño (inferior a 80 μm). El grupo de las diatomeas (división Bacillariophyta) predominó con el 62% de las especies totales, de las que las diatomeas centrales están representadas con un 58% y las diatomeas pennadas con un 42%, el siguiente grupo que predominó fue el grupo de los dinoflagelados (división Dinophyta) con el 30%, mientras que las demás divisiones Cyanobacteria, Chlorophyta y Euglenozoa quedaron representadas con un 8% de las especies encontradas (Figura 3.2).

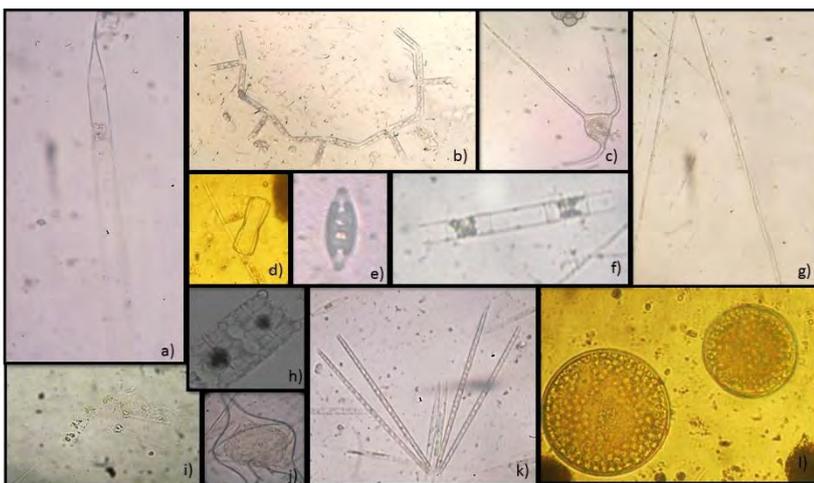


Figura 3.1. Géneros más representativos a 40x encontrados en las zonas de estudio: a) *Rhizosolenia*, b) *Thalassionema*, c) *Neoceratium*, d) y e) *Navicula*, f) *Hemiaulus*, g) *Pseudo-nitzschia*, i) *Asterionellopsis*, h) *Odontella*, j) *Protopteridium*, k) *Thalasiothrix*, l) *Coscinodiscus* (más detalle en el catálogo).

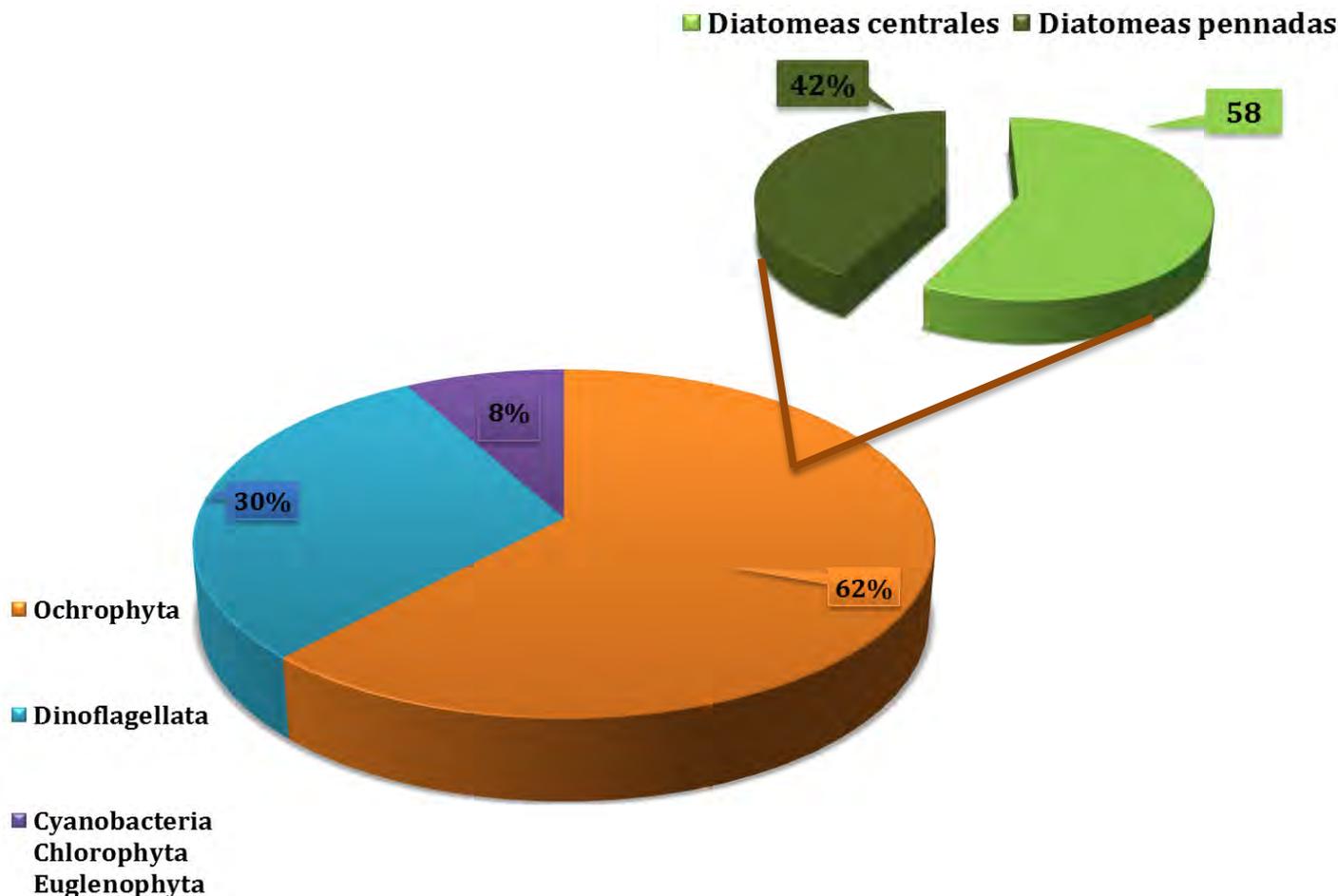


Figura 3.2 Gráfica circular de los grupos predominantes.

Tabla 5.1 Lista taxonómica de las especies encontradas en las zonas de estudio utilizando la clasificación de Graham *et al.*, (2009), Simon *et al.*, (2009), Medlin y Kaczmarska (2004), Cavalier-Smith (1989) y Fensome *et al.*, (1993).

DIVISIÓN						
CYANOBACTERIA CLASE						
	Cyanophyceae	ORDEN				
		Oscillatoriales	FAMILIA			
			Phormidiaceae	GÉNERO		
				<i>Trichodesmium</i>	ESPECIES	
					<i>Trichodesmium erythraeum</i>	Ehrenberg ex Gomont 1893
					<i>T. thiebautii</i>	Gomont 1892
DIVISIÓN						
CHLOROPHYTA CLASE						
	Trebouxiophyc	ORDEN				
	CLASE	Chlorellales	FAMILIA			
	Chlorophyceae	ORDEN	Chlorellaceae	GÉNERO		
		Sphaeropleales	FAMILIAS	<i>Chlorella</i>	ESPECIE	
			Hydrodictyceae	GÉNEROS	<i>Chlorella sp</i>	
			Scenedesmaceae	<i>Pediastrum</i>	ESPECIES	
				<i>Scenedesmus</i>	<i>Pediastrum duplex</i>	Meyen 1829
					<i>Scenedesmus quadricauda</i>	(Turpin) Brébisson in Brébisson & Godey 1835
DIVISIÓN						
BACILLARIOPHYTA CLASE						
	Cosinodiscophyceae	ORDEN				
		Asterolamprales	FAMILIA			
			Asterolampraceae	GÉNERO		
				<i>Asteromphalus</i>	ESPECIE	
					<i>Asteromphalus flabellatus</i>	(Brébisson) Greville 1859

ORDEN				
Corethrales	FAMILIA			
	Corethraceae	GÉNERO		
		<i>Corethron</i>	ESPECIE	
				<i>Corethron criophilum</i> Castracane 1886
ORDEN				
Coscinodiscales	FAMILIA			
	Coscinodiscaceae	GÉNERO		
		<i>Coscinodiscus</i>	ESPECIE	
				<i>Coscinodiscus</i> sp Ehrenberg 1839
ORDEN				
Melosirales	FAMILIA			
	Melosiraceae	GÉNERO		
		<i>Melosira</i>	ESPECIE	
				<i>Melosira</i> sp Agardh 1824
ORDEN				
Rhizosoleniales	FAMILIA			
	Rhizosoleniaceae	GÉNERO		
		<i>Dactyliosolen</i>	ESPECIES	
				<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Brébisson)
				Hasle in Hasle & Syvertsen 1996
				<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo 1892
				<i>G. striata</i> (Stolterfoth)
				Hasle in Hasle & Syvertsen 1996
				<i>Rhizosolenia alata</i> Brightwell 1858
				<i>R. imbricata</i> Brightwell 1858
CLASE				
Mediophyceae	ORDEN			
	Biddulphiales	FAMILIA		
		Biddulphiaceae	GÉNEROS	
			<i>Biddulphia</i>	ESPECIES
			<i>Trigonium</i>	<i>Biddulphia</i> sp S. F. Gray 1821
				<i>Trigonium formosum</i> (A.Schmidt)
				Desikachary & Prema 1987
ORDEN				
Chaetocerotales	FAMILIA			
	Chaetocerotaceae	GÉNEROS	ESPECIES	
		<i>Bacteriastrum</i>	<i>Bacteriastrum elongatum</i>	Cleve 1897
		<i>Chaetoceros</i>	<i>Chaetoceros affinis</i>	Lauder 1864
			<i>Ch. coarctatus</i>	Lauder 1864
			<i>Ch. danicus</i>	Cleve 1889
			<i>Ch. decipiens</i>	Cleve 1863
			<i>Ch. diversus</i>	Cleve 1873
			<i>Ch. lacinosus</i>	F. Schütt 1895
			<i>Ch. lorenzianus</i>	Grunow 1863
			<i>Ch. messanensis</i>	Castracane 1875
			<i>Ch. pelagicus</i>	Cleve 1873
			<i>Ch. peruvianus</i>	Brightwell 1856
			<i>Ch. protuberans</i>	Lauder 1864
ORDEN				
Climacospheniales	FAMILIA			
	Climacospheniaceae	GÉNERO		
		<i>Climacosphenia</i>	ESPECIE	
				<i>Climacosphenia moniligera</i> Ehrenberg 1843
ORDEN				
Eupodiscales	FAMILIA			
	Eupodiscaceae	GÉNERO		
		<i>Odontella</i>	ESPECIES	
				<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) C.Agardh 1832
				<i>O. mobiliensis</i> (J.W.Bailey) Grunow 1884

ORDEN

Hemiaulales

FAMILIA

Hemiaulaceae

GÉNERO*Eucampia***ESPECIES***Hemiaulus**Eucampia zodiacus* Ehrenberg 1839*Hemiaulus hauckii* Grunow ex Van Heurck 1882*H. sinensis* Greville 1865**ORDEN**

Lithodesmiales

FAMILIA

Lithodesmiaceae

GÉNERO*Ditylum***ESPECIES***Ditylum brightwellii* (T.West) Grunow 1885*Lithodesmium undulatum* Ehrenberg 1839**ORDEN**

Thalassiosirales

FAMILIA

Skeletonemataceae

GÉNERO*Skeletonema***ESPECIE***Skeletonema costatum* (Greville) Cleve 1873**CLASE**

Bacillariophyceae

ORDEN

Bacillariales

FAMILIA

Bacillariaceae

GÉNERO*Bacillaria***ESPECIES***Bacillaria paxillifer* (O.F.Müller)

T. Marsson 1901

Nitzschia longissima (Brébisson) Ralfs 1861*Pseudo-nitzschia sp* (Cleve) Heiden 1928**ORDEN**

Fragilariales

FAMILIA

Fragilariaceae

GÉNERO*Asterionellopsis***ESPECIE***Asterionellopsis glacialis* Round 1990**ORDEN**

Licmophorales

FAMILIA

Licmophoraceae

GÉNERO*Licmophora***ESPECIES***Licmophora abbreviata* C. Agardh 1831*L. gracilis* (Ehrenberg) Grunow 1867**ORDEN**

Lyrellales

FAMILIA

Lyrellaceae

GÉNERO*Lyrella***ESPECIE***Lyrella sp* Karajeva 1978**ORDEN**

Naviculales

FAMILIA

Naviculaceae

GÉNERO*Caloneis***ESPECIES***Caloneis amphisbaena* (Bory de Saint Vincent)

Cleve 1894

Navicula sp Bory de Saint-Vincent 1822*Navicula distans* (W.Smith) Ralfs 1861**FAMILIA**

Diploneidaceae

GÉNERO*Diploneis***ESPECIE***Diploneis sp*

		FAMILIA Pleurosigmataceae	GÉNERO <i>Pleurosigma</i>	ESPECIES <i>Gyrosigma</i> sp <i>Pleurosigma</i> sp
		FAMILIA Pinnulariaceae	GÉNERO <i>Pinnularia</i>	ESPECIE <i>Pinnularia</i> sp
ORDEN Rhabdonematales	FAMILIA Grammatophoraceae	GÉNERO <i>Grammatophora</i>	ESPECIE <i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing 1844	
ORDEN Surirellales	FAMILIA Entomoneidaceae	GÉNERO <i>Entomoneis</i>	ESPECIE <i>Entomoneis</i> sp	
ORDEN Thalassionematales	FAMILIA Thalassionemataceae	GÉNERO <i>Thalassionema</i>	ESPECIES <i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902 <i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow 1880	
ORDEN Thalassiophysales	FAMILIA Catenulaceae	GÉNERO <i>Amphora</i>	ESPECIE <i>Amphora</i> sp	

DIVISION CHRYSOPHYTA	CLASE Dictyochophyceae	ORDEN Dictyochales	FAMILIA Dictyochaceae	GÉNERO <i>Dictyocha</i>	ESPECIES <i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1837 <i>D. speculum</i> Ehrenberg 1837
--------------------------------	----------------------------------	------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	--

DIVISIÓN DINOPHYTA	CLASE Dinophyceae	ORDEN Dinophysiales	FAMILIA Dinophysiaceae	GÉNEROS <i>Dinophysis</i> <i>Ornithocercus</i> <i>Phalacroma</i>	ESPECIES <i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent 1881 <i>Ornithocercus magnificus</i> Stein 1883 <i>O. steinii</i> Schütt 1900 <i>O. thumii</i> (Schmidt) Kofoid & Skogsberg 1883 <i>Phalacroma cuneus</i> Schütt 1895
------------------------------	-----------------------------	-------------------------------	----------------------------------	--	---

ORDEN
 Gonyaulales FAMILIA
 Ceratiaceae GÉNERO
Neoceratium ESPECIES
Neoceratium candelabrum (Ehrenberg) F. Gómez, D. Moreira & P. López-García 2010
N. furca (Ehrenberg) F. Gómez, D. Moreira & P. López-García 2010
N. fusus (Ehrenberg) F. Gómez, D. Moreira & P. López-García 2010
N. lineatum (Ehrenberg) F. Gómez, D. Moreira & P. López-García 2010
N. lúnula (Schimper ex Karste) F. Gómez, D. Moreira & P. López-García 2010
N. macroceros (Ehrenberg) F. Gómez, D. Moreira & P. López-García 2010
N. massiliense (Gourret) F. Gómez, D. Moreira & P. López-García 2010
N. ranipes (Cleve) F. Gómez, D. Moreira & P. López-García 2010
N. tripos (O. F. Müller) F. Gómez, D. Moreira & P. López-García 2010

FAMILIA
 Gonyaulacaceae GÉNERO
Gonyaulax ESPECIE
Gonyaulax spinifera (Claparède & Lachmann) Diesing 1866

FAMILIA
 Ceratocoryaceae GÉNERO
Ceratocorys ESPECIE
Ceratocorys horrida Stein 1883

ORDEN
 Pyrocystales FAMILIA
 Pyrophacaceae GÉNERO
Pyrophacus ESPECIE
Pyrophacus steinil (Schiller) Wall & Dale 1971

ORDEN
 Peridinales FAMILIA
 Protoperidiniaceae GÉNEROS
Podolampas ESPECIES
Protoperidinium *Podolampas bipes* Stein 1883
Protoperidinium claudicans (Paulsen) Balech 1974
P. conicum (Gran) Balech 1974
P. depressum (Bailey) Balech 1974
P. divergens (Ehrenberg) Balech 1974
P. ovum (Schiller) Balech 1974
P. pellucidum Bergh ex Loeblich Jr. 1881

ORDEN
 Prorocentrales FAMILIA
 Prorocentraceae GÉNERO
Prorocentrum ESPECIE
Prorocentrum gracile Schütt 1895

ORDEN
 Pyrocystales FAMILIA
 Pyrocystaceae GÉNERO
Pyrocystaceae ESPECIE
Pyrocystis fusiformis (Wyville Thomson ex Haeckel)
 Blackman 1902

DIVISIÓN
 EUGLENOZOA CLASE
 Euglenophyceae ORDEN
 Euglenales FAMILIA
 Euglenaceae GÉNERO
Euglena ESPECIE
Euglena gracilis Ehrenberg 1830

Durante el mes de julio se observó que las mayores abundancias en la zona de playa la presentaron los organismos del género *Rhizosolenia* con el 23%, seguido del género *Thalassionema* con el 19% y *Asterionellopsis* con el 18%, mientras que los demás géneros no sobrepasaron el 10%. En la zona de arrecife las mayores abundancias las obtuvieron los organismos del género *Thalassiothrix* con el 64%, seguido del género *Thalassionema* con el 17% y *Pseudo-nitzschia* con el 10%, mientras los demás géneros no sobrepasaron el 4%, además se apreció en este mes, que los géneros que predominaban en la zona de arrecife no se encuentran en la zona de playa y en que hay pocos géneros compartidos entre las zonas (Figura 3.3).

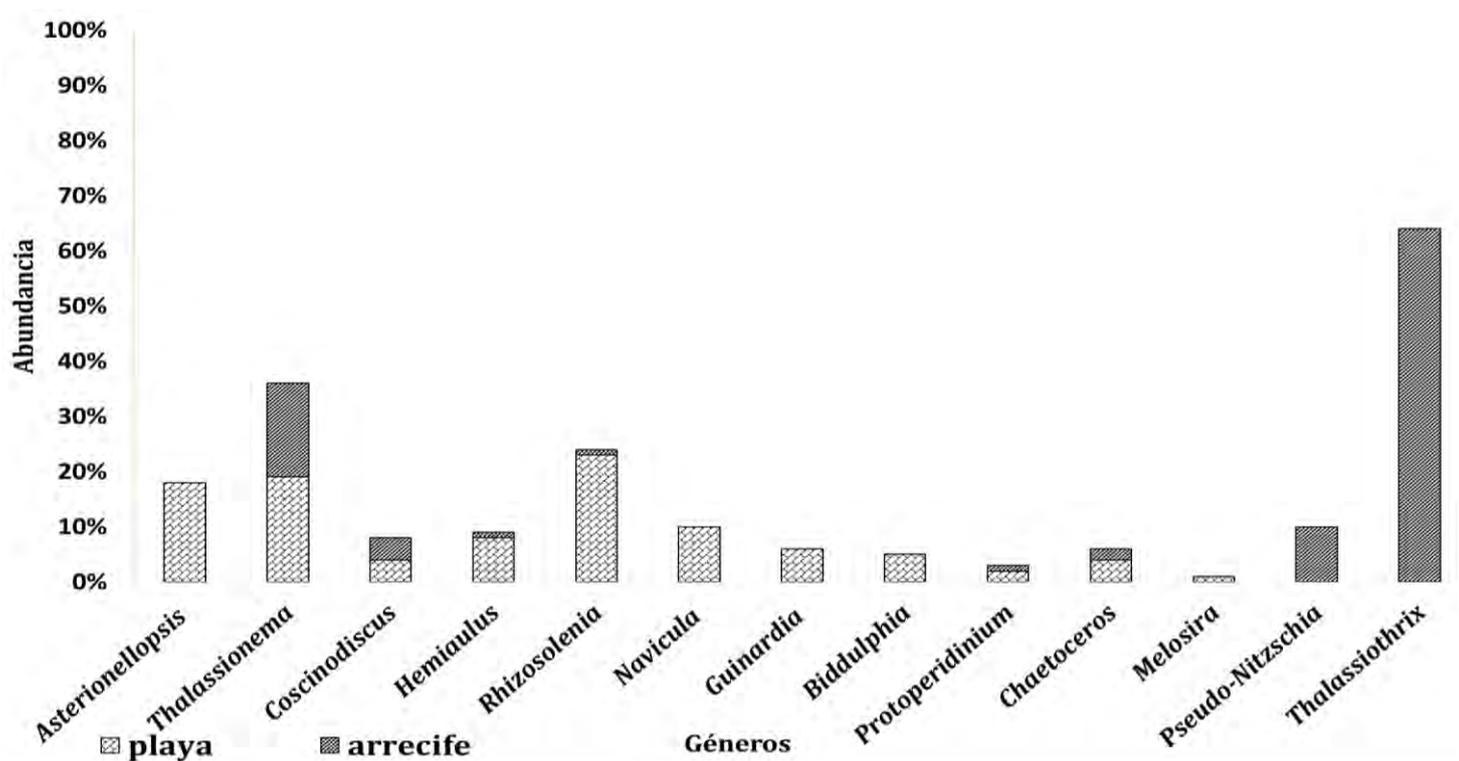


Figura 3.3 Gráfica de la abundancia relativa de géneros en las zonas de estudio en el mes de julio 2013.

Durante el mes de septiembre, las mayores abundancias en la zona de playa la presentaron los organismos del género *Rhizosolenia* con el 21%, seguido del género *Thalassionema* con el 16% y *Chaetoceros* con el 12%, mientras que los demás géneros no sobrepasaron el 12% de la abundancia. En la zona de arrecife las mayores abundancias las obtuvieron los organismos del género *Rhizosolenia* con el 18% seguido del género *Guinardia* con el 10% mientras los demás géneros no sobrepasaron el 8% de abundancia, además se apreció en este mes que el género que predominó en la zona de playa también lo hizo en la zona de arrecife, algunos de los géneros se compartieron y se comienza a ver que en arrecife hay más diversidad de géneros y que estos no se encuentran en playa (Figura 3.4).

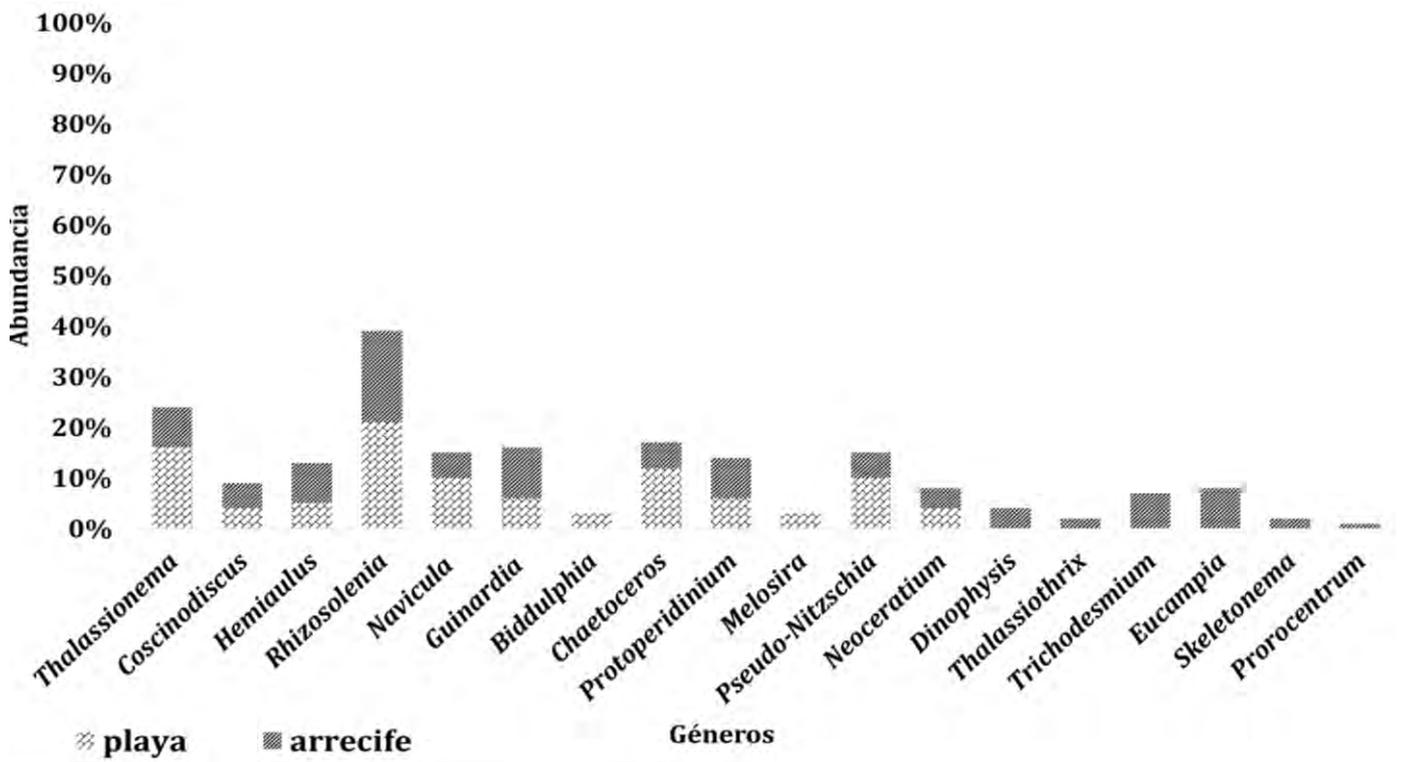


Figura 3.4 Gráfica de la abundancia relativa de géneros en las zonas de estudio en el mes de septiembre 2013.

Durante el mes de noviembre, las mayores abundancias en la zona de playa la presentaron los organismos del género *Thalassionema* con el 32%, seguido del género *Chaetoceros* con el 20%, el género *Coscinodiscus* con el 17% y el género *Asterionellopsis* con el 16%, mientras que los demás géneros no sobrepasaron el 4% de la abundancia. Para este mes se apreció que existía una concentración de organismos en unos cuantos géneros, no hay recuento en arrecife (Figura 3.5).

Durante el mes de enero, las mayores abundancias en la zona de playa la presentaron los organismos del género *Asterionellopsis* con el 55%, seguido de los géneros *Thalassionema* y *Biddulphia* con el 12% cada una, mientras que los demás géneros no sobrepasaron el 6% de la abundancia. En la zona de arrecife las mayores abundancias las presentaron los organismos del género *Pseudo-nitzschia* con el 32%, seguido del género *Thalassionema* con el 18% y *Rhizosolenia* con el 15%, mientras los demás géneros no sobrepasaban el 6% de abundancia, se apreció para este mes que algunos de los géneros se compartieron en ambas zonas, pero que para la zona de arrecife se hay más géneros que no están en playa y que en playa todos los géneros poseen representantes pero la abundancia se concentra en un par de géneros (Figura 3.6).

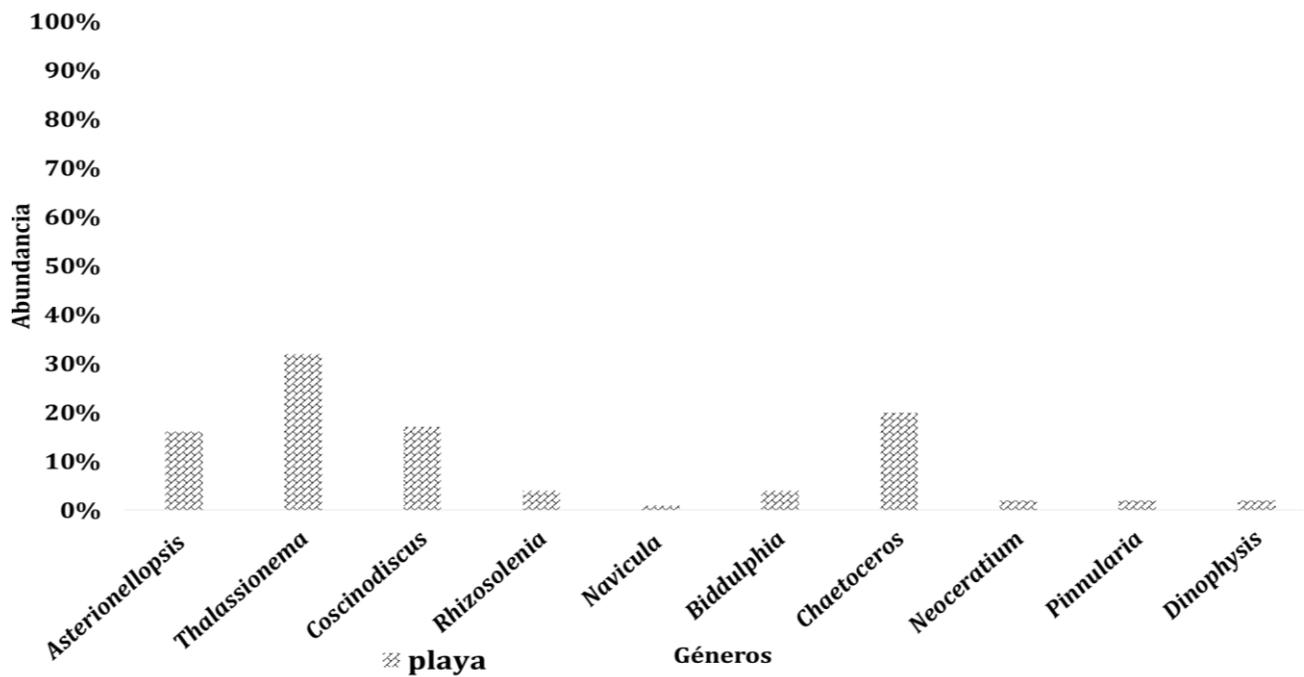


Figura 3.5 Gráfica de la abundancia relativa de géneros en las zonas de estudio en el mes de noviembre 2013.

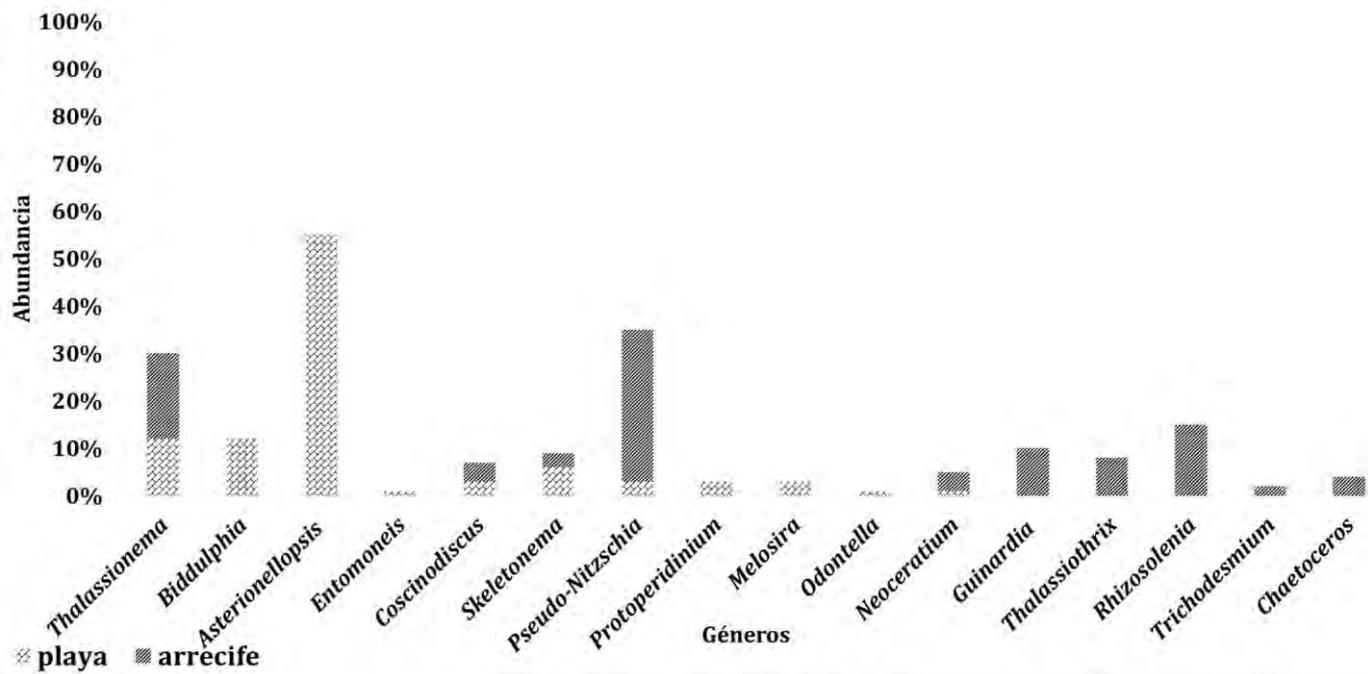


Figura 3.6 Gráfica de la abundancia relativa de géneros en las zonas de estudio en el mes de enero 2014.

Durante el mes de marzo, las mayores abundancias en la zona de playa la presentaron los organismos del género *Thalassionema* con el 22%, seguido del género *Skeletonema* con el 15% y *Thalassiothrix* con el 14%, mientras que los demás géneros no sobrepasaron el 12% de la abundancia. En la zona de arrecife las mayores abundancias las presentaron los organismos del género *Asterionellopsis* con el 22%, seguido de los géneros *Coscinodiscus* y *Pseudo-nitzschia* ambos con el 10%, mientras los demás géneros no sobrepasaron el 9% de abundancia, se apreció para este mes que solo aparecen dos géneros nuevos en la zona de arrecife: *Guinardia* y *Pseudo-nitzschia* (Figura 3.7).

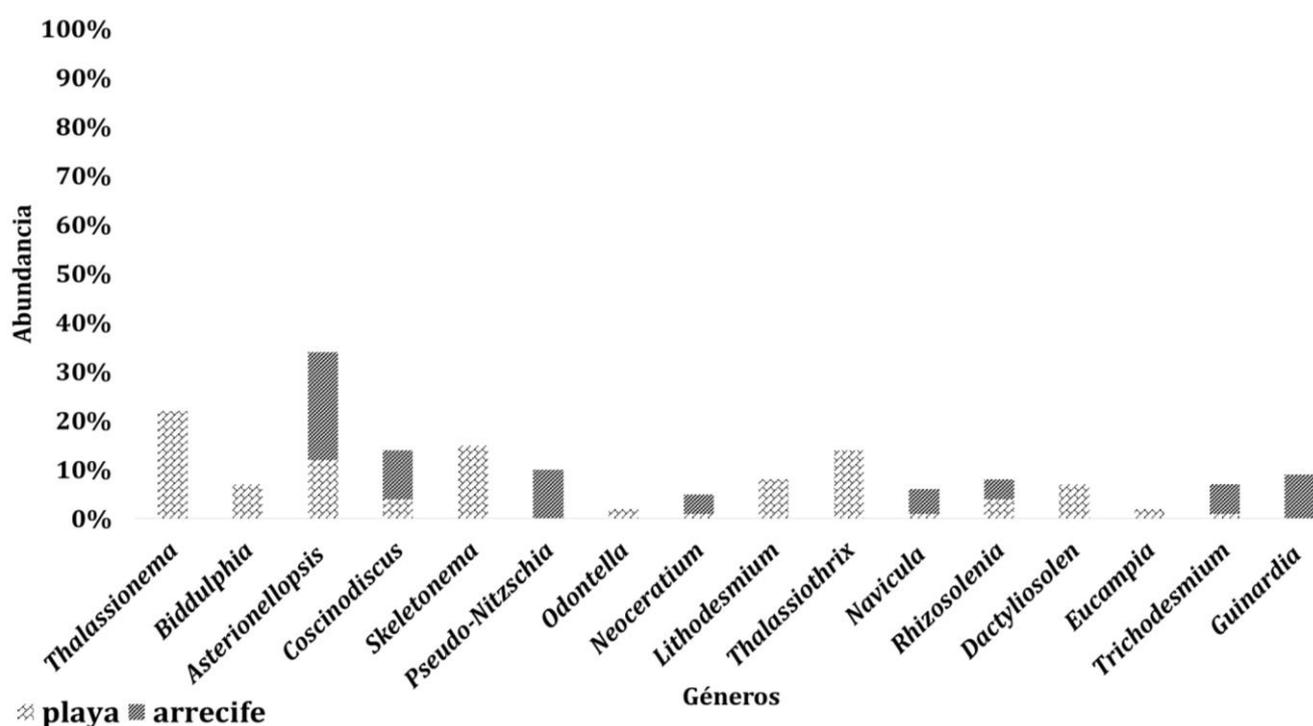


Figura 3.7 Gráfica de la abundancia relativa de géneros en las zonas de estudio en el mes de marzo 2014.

Durante el mes de abril, las mayores abundancias en la zona de playa la presentaron los organismos del género *Lithodesmium* con el 27%, seguido del género *Asterionellopsis* con el 26% y *Thalassionema* con el 16%, mientras que los demás géneros no sobrepasaron el 7% de la abundancia. En la zona de arrecife las mayores abundancias las presentaron los organismos del género *Trichodesmium* con el 22%, seguido del género *Hemiaulus* con el 9% y *Thalassionema* con el 8%, mientras los demás géneros o sobrepasaban el 5% de abundancia, se apreció para este mes que los géneros se compartían en ambas zonas y aparecen tres géneros que solo están en la zona de arrecife *Neoceratium*, *Hemiaulus* y *Chaetoceros* (Figura 3.8).

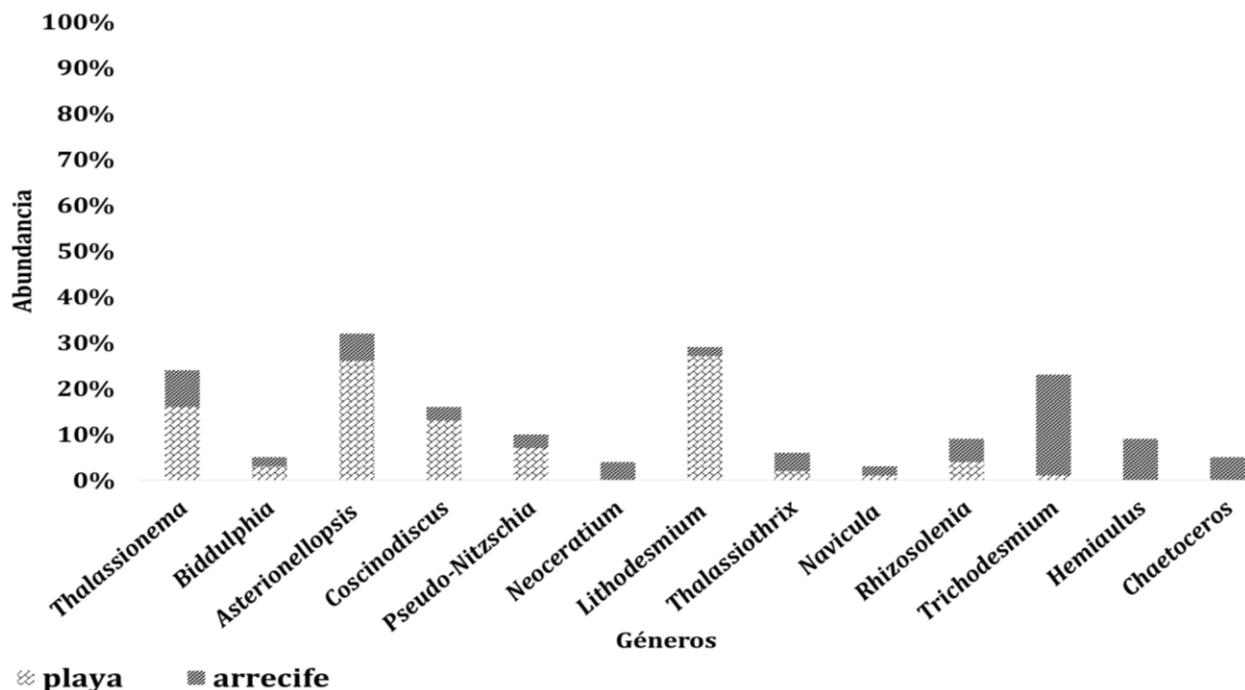


Figura 3.8. Gráfica de la abundancia relativa de géneros en las zonas de estudio en el mes de abril 2014.

Durante el mes de Junio las mayores abundancias en la zona de playa la presentaron los organismos del género *Pseudo-nitzschia* con el 46%, seguido del género *Navicula* con el 28%, mientras que los demás géneros no sobrepasaron el 7% de la abundancia. En la zona de arrecife las mayores abundancias la presentaron los organismos del género *Chlorella* de las clorofitas con el 58% seguido de *Rhizosolenia* con el 16%, mientras los demás géneros no sobrepasan el 6% de abundancia, se apreció para este mes que algunos de los géneros se compartían en ambas zonas, aunque con poca abundancia en la zona de playa y aparecen seis géneros que solo están en la zona de arrecife *Neoceratium*, *Rhizosolenia*, *Eucampia*, *Chaetoceros*, *Trichodesmium* y *Chlorella* (Figura 3.9).

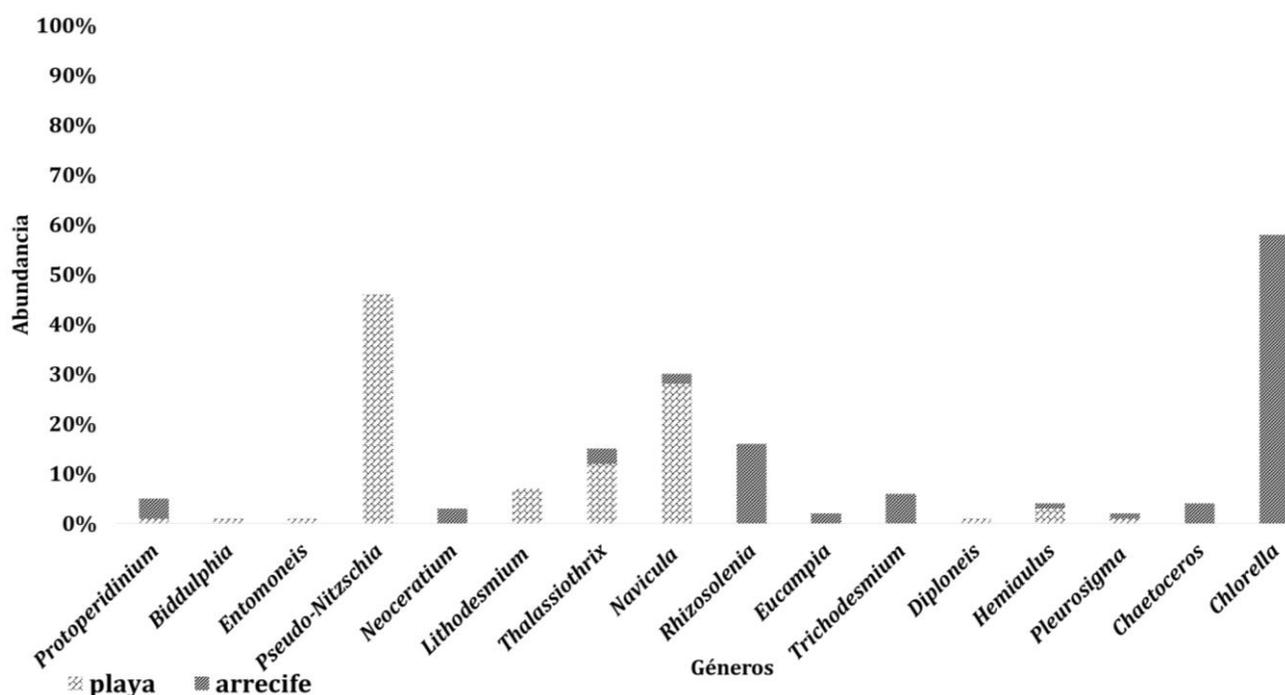


Figura 3.9 Gráfica de la abundancia relativa de géneros en las zonas de estudio en el mes de junio 2013.

Durante el mes de agosto, las mayores abundancias en la zona de playa la presentaron los organismos del género *Pseudo-nitzschia* con el 40%, seguido del género *Rhizosolenia* 16% y *Chaetoceros* con el 14%, mientras que los demás géneros no sobrepasaron el 8% de la abundancia. En la zona de arrecife las mayores abundancias las presentaron los organismos del género *Pseudo-nitzschia* con el 63%, seguido del género *Chaetoceros* con el 17%, mientras los demás géneros no sobrepasan el 8% de abundancia, se apreció para este mes que los géneros que más abundaron fueron los mismos en ambas zonas y aparecieron géneros que solo están en la zona de arrecife *Biddulphia*, *Eucampia*, *Pleurosigma*, *Guinardia* y *Bacillaria* (Figura 3.10).

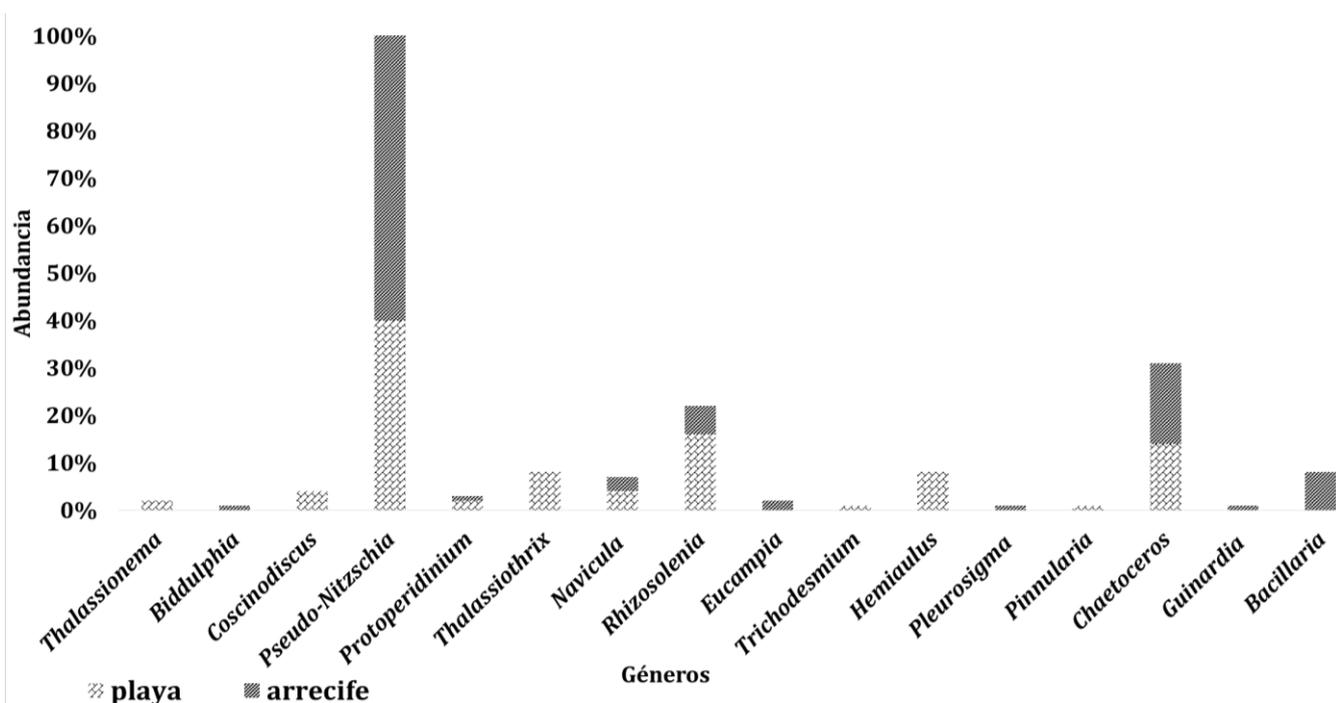


Figura 3.10 Gráfica de la abundancia relativa de géneros en las zonas de estudio en el mes de agosto 2014.

La gráfica de las densidades total (org/m^3) del fitoplancton por mes de muestreo en ambas zonas, mostró que las densidades máximas ocurrieron en el mes de julio con $30,623,000 \text{ org}/\text{m}^3$ y en el mes de septiembre con $51,039,000 \text{ org}/\text{m}^3$ para la zona de playa, mientras que para la zona de arrecife fue de $2,977,000 \text{ org}/\text{m}^3$ en el mes de julio y de $1,241,000 \text{ org}/\text{m}^3$ en el mes de septiembre, además de mostrar que en los demás meses las densidades en playa oscilaron entre los $2,430,000 \text{ org}/\text{m}^3$ y los $11,788,000 \text{ org}/\text{m}^3$, con un incremento en el mes de agosto con $17,012,000 \text{ org}/\text{m}^3$. Los valores para arrecife oscilaron entre los $159,000 \text{ org}/\text{m}^3$ y los $927,000 \text{ org}/\text{m}^3$. En cuanto al mes de noviembre no hay valor de densidad en

arrecife, debido a que se presentaron los frentes fríos números 11 y 12 que impidieron el acceso al arrecife. Las densidades totales en todos los meses fue claramente mayor en la zona de playa (Figura 3.11).

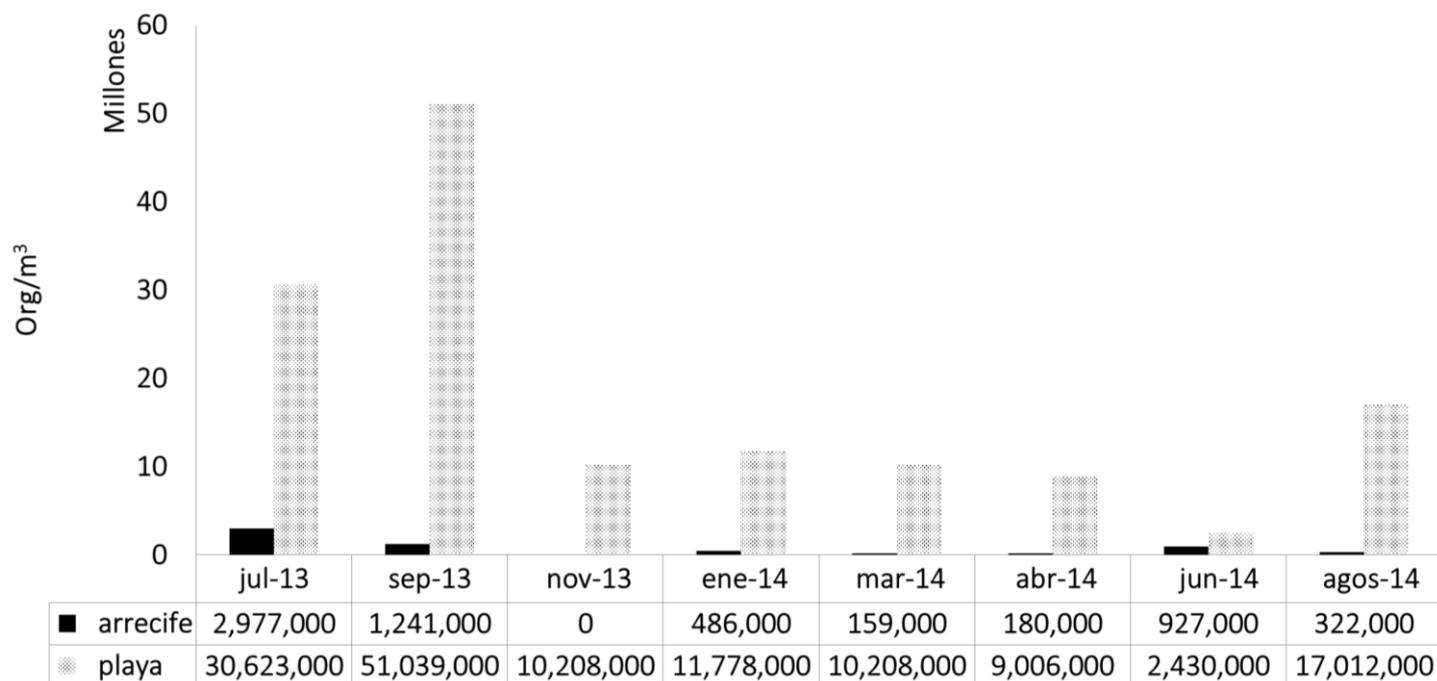


Figura 3.11 Gráfica de las Densidades totales (Org/m³) en las zonas de estudio atreves del tiempo

En el análisis exploratorio de cajas múltiples para la densidad entre las zonas, se observaron diferencias visibles en el tamaño de las cajas debido a la dispersión que tienen los datos de densidad, en la posición de la mediana y en la posición de la media en cada zona, la presencia de valores extraordinarios correspondientes a los meses de mayor densidad como julio y septiembre de la zona de playa y arrecife respectivamente, además de que se puede observar que no hay traslape en las muescas, lo que indica que sí existen diferencias entre las dos zonas (Figura 3.12).

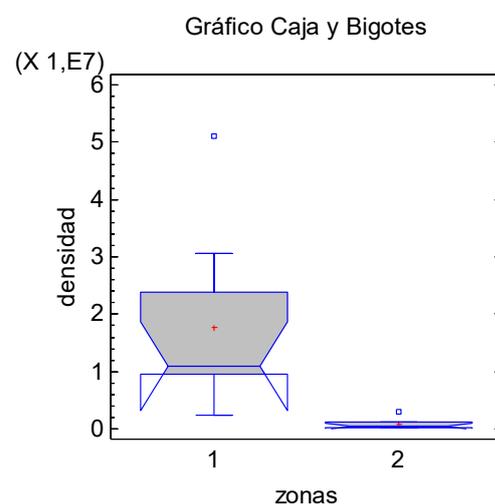


Figura 3.12 Diagrama de cajas múltiples para la densidad por zona. 1) Zona de playa y 2) Zona de arrecife.

Posteriormente con la prueba de Shapiro-Wilks se demostró que los datos de densidad en las zonas con un valor-P =0.0390 y con un valor-P =0.0256, para playa y arrecife respectivamente no siguen una distribución normal, debido a que el valor-P es menor que 0.05 se rechaza la hipótesis nula (Ho) de que la distribución de los datos es normal.

Como refuerzo se realizó la prueba de Kolgomorov-Smirnov con un valor-P= 0.0065 para playa y un valor-P=0.0011 para arrecife por lo que, debido a que el valor-P es menor que 0.05 con un nivel de confianza del 95.0%, se rechaza la hipótesis nula (Ho) de que la distribución de los datos siguen una distribución normal. Mediante el test de Levene con un valor-P=0.103626 se acepta la hipótesis nula (Ho) de que la desviación estándar de densidad dentro de cada uno de los 2 niveles de zonas es la misma, puesto que el valor-P es mayor a 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar.

Al realizar la prueba de Mann-Whitney a las densidades totales del fitoplancton por zona con un valor-P= 0.0021 resultaron ser significativamente diferentes, debido a que el valor-P es menor que 0.05 por lo tanto existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0% de confianza entre una zona (arrecife) y otra (playa).

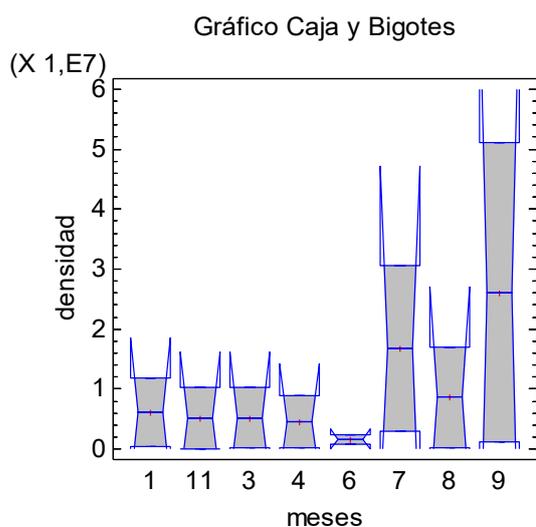


Figura 3.13. Diagrama de cajas múltiples para la densidad (millones) entre los meses.

El análisis exploratorio de cajas múltiples para la densidad entre los meses, no se observaron grandes diferencias en los meses (11: noviembre, 1: enero, 3: marzo, 4: abril), en cuanto a la posición de la mediana y en el tamaño de las cajas debido a la amplitud de los datos, en comparación con los meses 7, 8 y 9 (junio, julio, agosto y septiembre), en cuanto al tamaño de las cajas debido a que los valores de densidad fueron más altos, en la posición de la media y mediana entre los meses, y al

no existir traslape de muescas (Figura 3.13).

La prueba de normalidad con Shapiro-Wilks con un valor-P =0.0003 demostró que los datos de densidad entre meses no siguen una distribución normal, debido a que el valor-P es menor que 0.05 se rechaza la hipótesis nula (Ho) de que la distribución de los datos es normal. La prueba de Kruskal-Wallis con valor-P =0.848 para las densidades entre los meses demostró que estadísticamente no hay diferencias significativas, debido a que el valor-P es mayor que 0.05, por lo tanto no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas. A pesar de que en algunos de los meses en el gráfico de cajas se observaron diferencias.

Mediante el diagrama de Olmstead-Tukey fue posible establecer una clasificación de la ocurrencia temporal de las especies encontradas en el recuento, siendo las especies categorizadas en constantes, raras, dominantes y ocasionales según dicho autor. Para la zona de playa, (Figura 3.16) se observaron 14 especies denominadas constantes, 29 especies en el cuadrante de raras, 11 especies como dominantes y ninguna ocasional. La especie con una máxima densidad y frecuencia dominante fue *Thalassionema nitzschioides*, entre las especies con baja frecuencia y densidad raras están *Protoperidinium pellucidum*, *Neoceratium tripos*, *Dinophysis caudata*, *Trigonium formosum*, *Euglena gracilis*, *Scenedesmus quadricauda* y entre las especies constantes están *Hemiaulus hauckii*, *Chaetoceros affinis*, *Chaetoceros diversus* y *Melosira sp.* (Tabla 5.2).

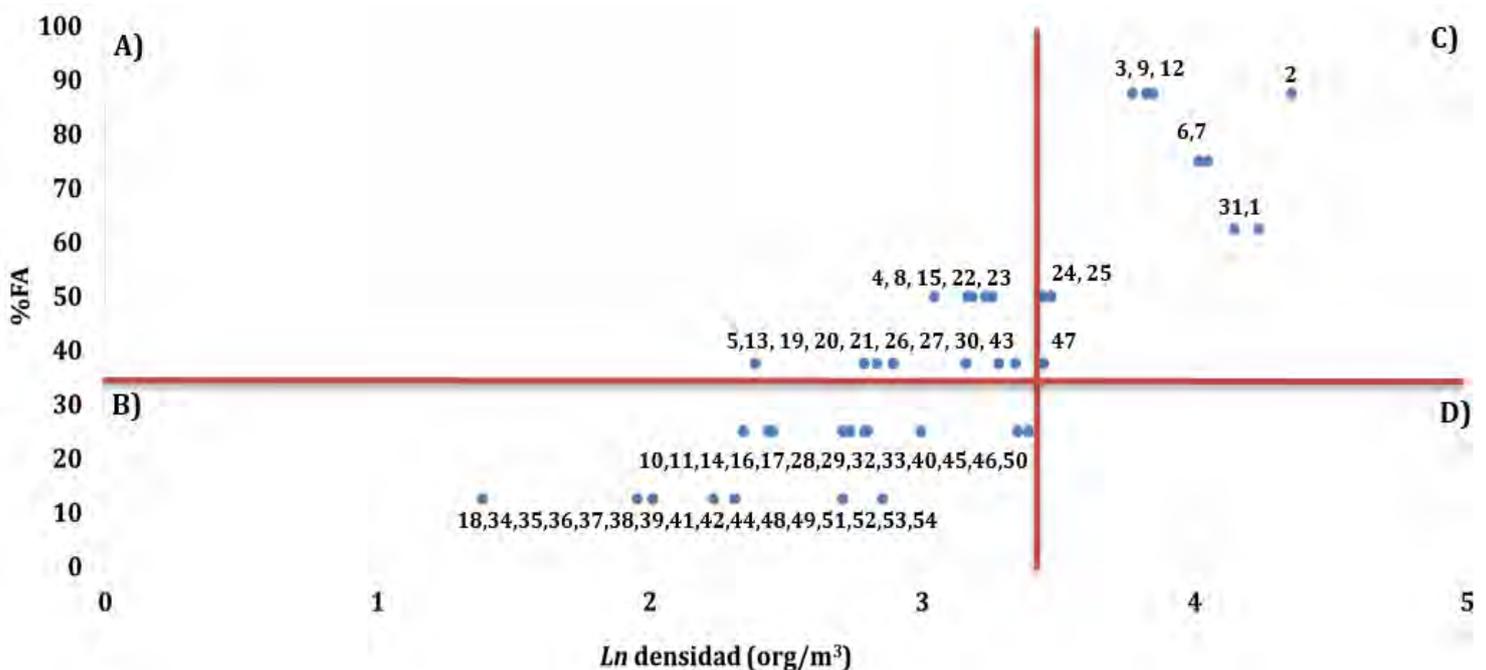


Figura 3.14. Diagrama de Olmstead-Tukey en las especies encontradas de la zona de playa.

A)Constantes	B)Raras	C)Dominantes	D)Ocasionales
19) <i>Chaetoceros affinis</i> 20) <i>Chaetoceros coarctatus</i> 21) <i>Chaetoceros danicus</i> 22) <i>Chaetoceros decipiens</i> 23) <i>Chaetoceros diversus</i> 26) <i>Chaetoceros messanensis</i> 27) <i>Chaetoceros pelagicus</i> 43) <i>Entomoneis sp</i> 4) <i>Hemiaulus hauckii</i> 5) <i>Hemiaulus sinensis</i> 30) <i>Melosira sp</i> 8) <i>Navicula distans</i> 13) <i>Protoperidinium claudicans</i> 15) <i>Protoperidinium depressum</i>	28) <i>Chaetoceros peruvianus</i> 29) <i>Chaetoceros protuberans</i> 48) <i>Dactyliosolen fragilissimus</i> 38) <i>Dinophysis caudata</i> 52) <i>Diploneis sp</i> 49) <i>Eucampia zodiacus</i> 42) <i>Euglena gracilis</i> 10) <i>Guinardia flaccida</i> 11) <i>Guinardia striata</i> 46) <i>Lithodesmium undulatum</i> 32) <i>Neoceratium furca</i> 33) <i>Neoceratium fusus</i> 34) <i>Neoceratium lineatum</i> 35) <i>Neoceratium macroceros</i> 36) <i>Neoceratium massiliense</i> 37) <i>Neoceratium tripos</i> 39) <i>Odontella aurita</i> 40) <i>Odontella mobiliensis</i> 54) <i>Pinnularia sp</i> 53) <i>Pleurosigma sp</i> 14) <i>Protoperidinium conicum</i> 16) <i>Protoperidinium divergens</i> 17) <i>Protoperidinium ovum</i> 18) <i>Protoperidinium pellucidum</i> 44) <i>Pyrocystis fusiformis</i> 51) <i>Scenedesmus quadricauda</i> 45) <i>Skeletonema costatum</i> 50) <i>Trichodesmium erythraeum</i> 41) <i>Trigonium formosum</i>	1) <i>Asterionellopsis glacialis</i> 12) <i>Biddulphia sp</i> 24) <i>Chaetoceros lacinosus</i> 25) <i>Chaetoceros lorenzianus</i> 3) <i>Coscinodiscus sp</i> 9) <i>Navicula sp</i> 31) <i>Pseudo-nitzschia sp</i> 6) <i>Rhizosolenia alata</i> 7) <i>Rhizosolenia imbricata</i> 2) <i>Thalassionema nitzschioides</i> 47) <i>Thalassiothrix longissima</i>	

Tabla 5.2. Clasificación de la ocurrencia temporal de Olmstead-Tukey para playa.

Para la zona de arrecife (Figura 3.17), se observaron 24 especies denominadas constantes, 29 especies raras, 6 especies como dominantes y 1 especie ocasional. La especie con una máxima densidad y frecuencia dominante fue *Thalassiothrix longissima*, otra especie que también es dominante por su frecuencia es *Rhizosolenia alata*, entre las especies con baja frecuencia y densidad denominadas como raras están *Prorocentrum gracile*, *Bacteriastrum elongatum*, *Pediastrum duplex*, *Ornithocercus magnificus*, *Ornithocercus steinii*, *Ornithocercus thumii*, *Pyrophacus steinii*, *Licmophora abbreviata*, entre las especies constantes se encuentran *Hemiaulus sinensis*, *Protoperidinium depressum*, *Chaetoceros affinis*, *Chaetoceros diversus*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Navicula distans*, *Guinardia flaccida*, *Neoceratium furca*, *Neoceratium fusus*, además se encontró que el género *Chlorella* es ocasional para esta zona (Tabla 5.3)

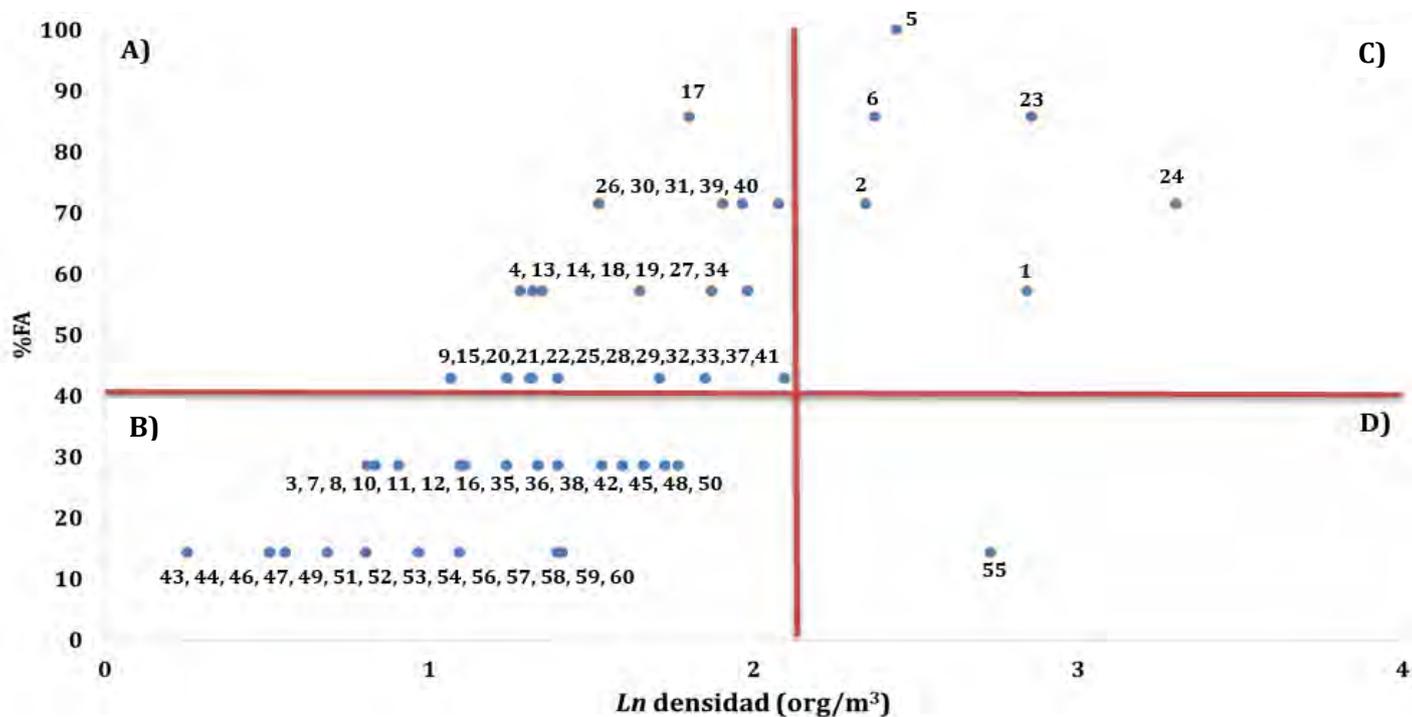


Figura 3.15. Diagrama de Olmstead-Tukey en las especies encontradas en la zona de arrecife.

A) Constantes	B) Raras	C) Dominantes	D) Ocasionales
13) <i>Chaetoceros affinis</i>	48) <i>Asterionellopsis glacialis</i>	2) <i>Coscinodiscus sp</i>	55) <i>Chlorella sp</i>
14) <i>Chaetoceros coarctatus</i>	56) <i>Bacillaria paxillifer</i>	23) <i>Pseudo-nitzschia sp</i>	
15) <i>Chaetoceros danicus</i>	44) <i>Bacteriastrum elongatum</i>	5) <i>Rhizosolenia alata</i>	
17) <i>Chaetoceros diversus</i>	50) <i>Biddulphia sp</i>	6) <i>Rhizosolenia imbricata</i>	
18) <i>Chaetoceros laciniosus</i>	16) <i>Chaetoceros decipiens</i>	1) <i>Thalassionema nitzschioides</i>	
19) <i>Chaetoceros lorenzianus</i>	38) <i>Dinophysis caudata</i>	24) <i>Thalassiothrix longissima</i>	
20) <i>Chaetoceros pelagicus</i>	49) <i>Ditylum brightwellii</i>		
21) <i>Chaetoceros peruvianus</i>	3) <i>Hemiaulus hauckii</i>		
22) <i>Chaetoceros protuberans</i>	59) <i>Licmophora abbreviata</i>		
41) <i>Eucampia zodiacus</i>	60) <i>Licmophora gracilis</i>		
27) <i>Guinardia flaccida</i>	51) <i>Lithodesmium undulatum</i>		
28) <i>Guinardia striata</i>	58) <i>Lyrella sp</i>		
4) <i>Hemiaulus sinensis</i>	32) <i>Neoceratium lineatum</i>		
25) <i>Navicula distans</i>	35) <i>Neoceratium massiliense</i>		
26) <i>Navicula sp</i>	36) <i>Neoceratium ranipes</i>		
29) <i>Neoceratium candelabrum</i>	52) <i>Ornithocercus magnificus</i>		
30) <i>Neoceratium furca</i>	53) <i>Ornithocercus steinii</i>		
31) <i>Neoceratium fusus</i>	54) <i>Ornithocercus thumii</i>		
33) <i>Neoceratium lúnula</i>	47) <i>Pediastrum duplex</i>		
34) <i>Neoceratium macroceros</i>	46) <i>Pinnularia sp</i>		
37) <i>Neoceratium tripos</i>	45) <i>Pleurosigma sp</i>		
9) <i>Protoperidinium depressum</i>	43) <i>Prorocentrum gracile</i>		
39) <i>Trichodesmium erythraeum</i>	7) <i>Protoperidinium claudicans</i>		
40) <i>Trichodesmium thiebautii</i>	8) <i>Protoperidinium conicum</i>		
	10) <i>Protoperidinium divergens</i>		
	11) <i>Protoperidinium ovum</i>		
	12) <i>Protoperidinium pellucidum</i>		
	57) <i>Pyrophacus steinii</i>		
	42) <i>Skeletonema costatum</i>		

Tabla 5.3. Clasificación de la ocurrencia temporal de Olmstead-Tukey para arrecife.

La diversidad Shannon-Wiener (alfa) para la zona de arrecife resultó ser de 3.04 bits y fue levemente mayor que en la zona de playa con 2.91 bits, lo que indica que esta zona es equitativa y de mayor diversidad. La diversidad Sorensen (beta) obtuvo un valor de 0.73 bits que indica una importante similitud en cuanto a las especies en común. Además con respecto a la uniformidad de Pielou se puede identificar que la distribución más equitativa en la abundancia de las especies fue también en arrecife con 0.74 bits, aunque en la zona de playa el valor no varía mucho con 0.73 bits. El número de las especies compartidas entre las 2 zonas fue de 47 especies, mientras que 15 especies solo se observaron en la zona de playa por ejemplo: *Pediastrum duplex*, *Scenedesmus quadricauda*, *Odontella aurita* entre otras; y 23 especies que solo se observaron en la zona de arrecife por ejemplo: *Bacillaria paxillifer*, *Grammatophora marina*, *Skeletonema costatum* entre otras.

Con respecto a los parámetros medidos en la estación de playa se observó que el pH varió considerablemente en el mes de noviembre al ser el más bajo con 7.1 mientras que los demás meses se mantiene en medidas entre 8.3-9.07; la temperatura tuvo sus descensos en los meses de noviembre-enero-marzo con 24 °C, 22°C y 26 °C respectivamente, en los demás meses mantiene una media de 28°C; en cuanto al oxígeno disuelto durante el mes de noviembre también fue la medida más baja con 7.5 mg/L y la más alta durante el mes de enero con 19 mg/L concordando con la relación que tiene con la temperatura; la salinidad durante el mes de septiembre fue la más baja registrada con 23.7 ups mientras que en los demás meses se obtuvo un rango de salinidad de 36.2-40.8 ups; la conductividad más baja también se registra en septiembre con 41.15 mS/cm² concordando con la relación que tiene con la salinidad y el pH (Figura 3.16).

En los parámetros medidos en la estación de arrecife se observó que el pH no varió manteniéndose entre los 7.9 y 8.6; la temperatura descendió en los meses de enero- marzo con 23°C y 22 °C los mismos meses que en la zona de playa; en cuanto al oxígeno disuelto en el mes de julio fue la más baja con 5.9 mg/L y más alta en el mes de enero con 19.9 mg/L, mientras los demás meses oscilaban en los 8.3-12.3 mg/L; la salinidad más baja fue en el mes de agosto con 31.9 ups y en los demás meses con 37- 40 ups; la conductividad se registra con 53.6 mS/cm² baja en el mes de julio (Figura 3.17).

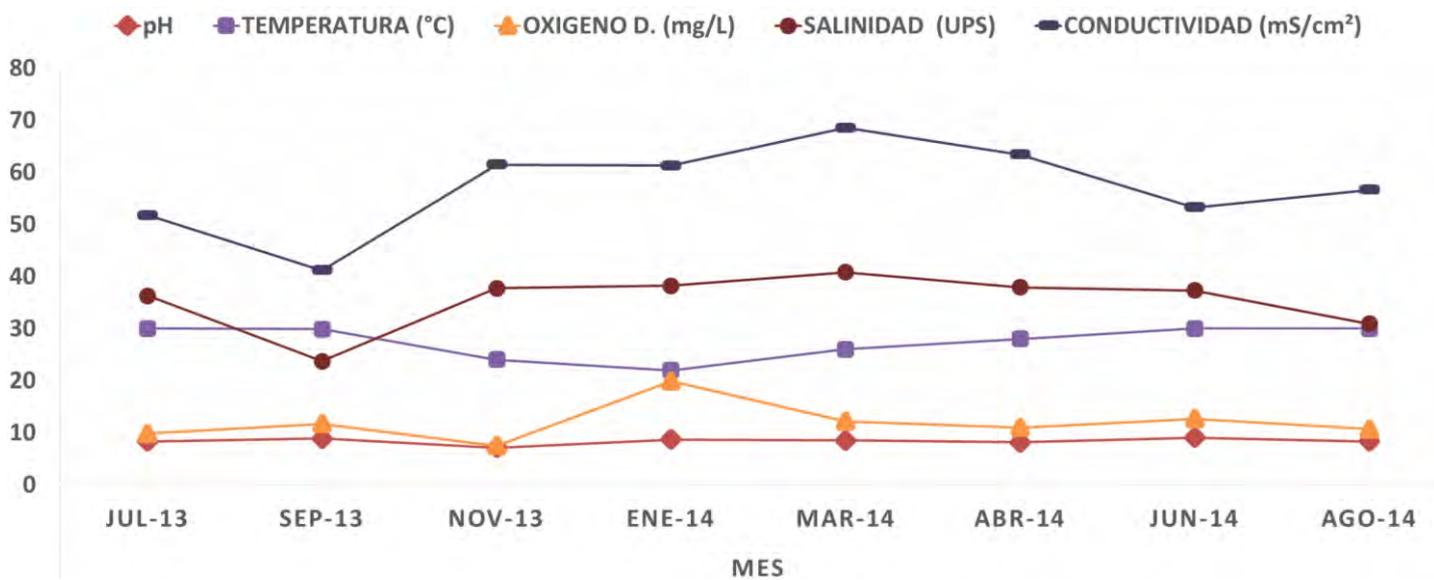


Figura 3.16. Gráfica de las condiciones en playa durante los meses de muestreo.

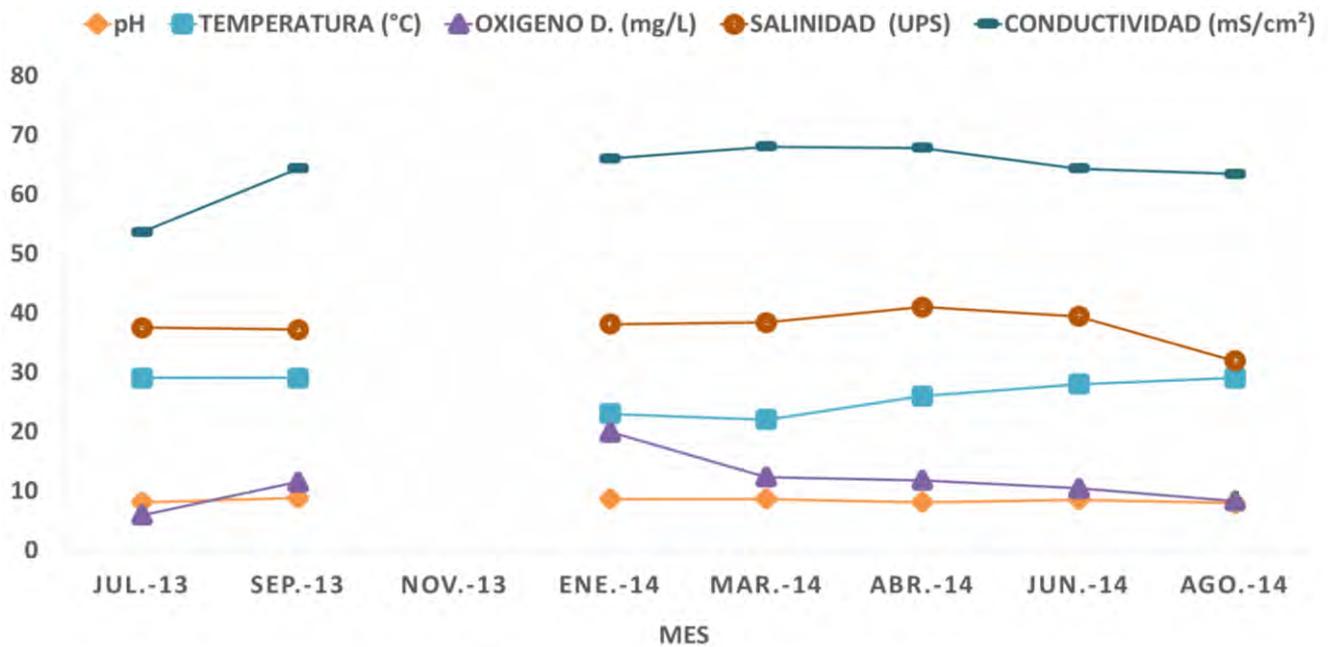


Figura 3.17. Gráfica de las condiciones en arrecife durante los meses de muestreo.

La concentración total de minerales disueltos (sólidos disueltos totales) en el agua de mar oscila entre los 25, 000 y 45, 000 mg/L, en la figura 18 se observó que los sólidos disueltos totales siempre fueron mayores en la zona de playa en comparación con la zona de arrecife, como por ejemplo en el mes de junio con 49, 495 mg/L debido a que aparte de las sales disueltas ya contenidas se suman los sólidos/minerales, que llegan a la zona por las masas de agua y erosión costera, en la zona de arrecife se aprecia que las medidas más altas de sólidos disueltos totales fueron en los meses de junio y marzo con 43, 950 mg/L, pero aun con esa medida los valores siguen siendo mayores en la zona de playa, característica que es beneficiosa para el desarrollo de los corales en la zona de arrecife (Figura 3.18).

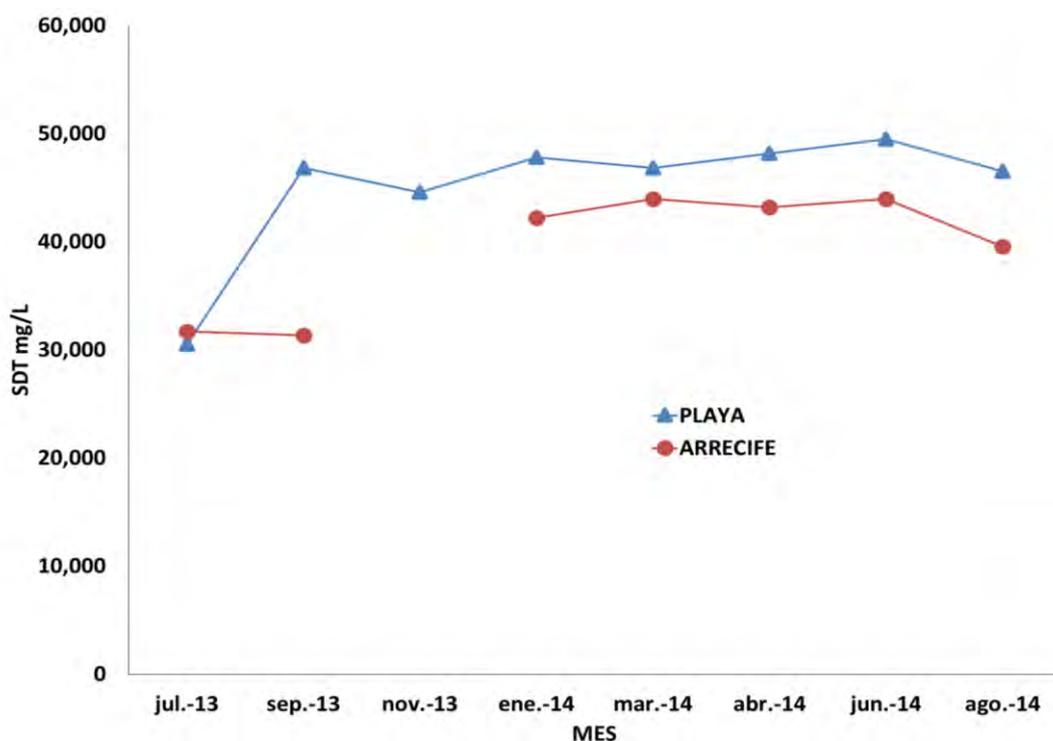


Figura 3.18 Gráfica de los sólidos disueltos totales en playa y arrecife durante los meses de muestreo.

Se realizó un dendrograma para la zona de playa tomando sus densidades totales y los parámetros físicos y químicos. El dendrograma agrupa elementos tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia en base a las mínimas distancias euclidianas es decir, crea los grupos con los elementos más cercanos entre sí, y por tanto con mayor similitud, por lo que los meses más semejantes entre sí para la zona de playa fueron marzo y abril con una distancia euclidiana mínima de 1.36, estos meses pertenecen al segundo conjunto bien diferenciado del dendrograma que agrupo a los meses de enero, marzo y abril (transición entre la época de nortes-secas) y noviembre en el que se observó quedó separado de todos al pertenecen puramente a la época de nortes. Los siguientes meses más semejantes entre sí fueron julio y agosto al poseer la siguiente distancia mínima entre ellos de 1.87, estos meses pertenecen al primer conjunto del dendrograma que agrupo a los meses de junio, julio, agosto y septiembre, se observó que junio y septiembre quedan separados levemente, esto debido seguramente a sus valores de densidad, ya que todos estos meses pertenecen exclusivamente a la época de lluvias (Figura 3.19).

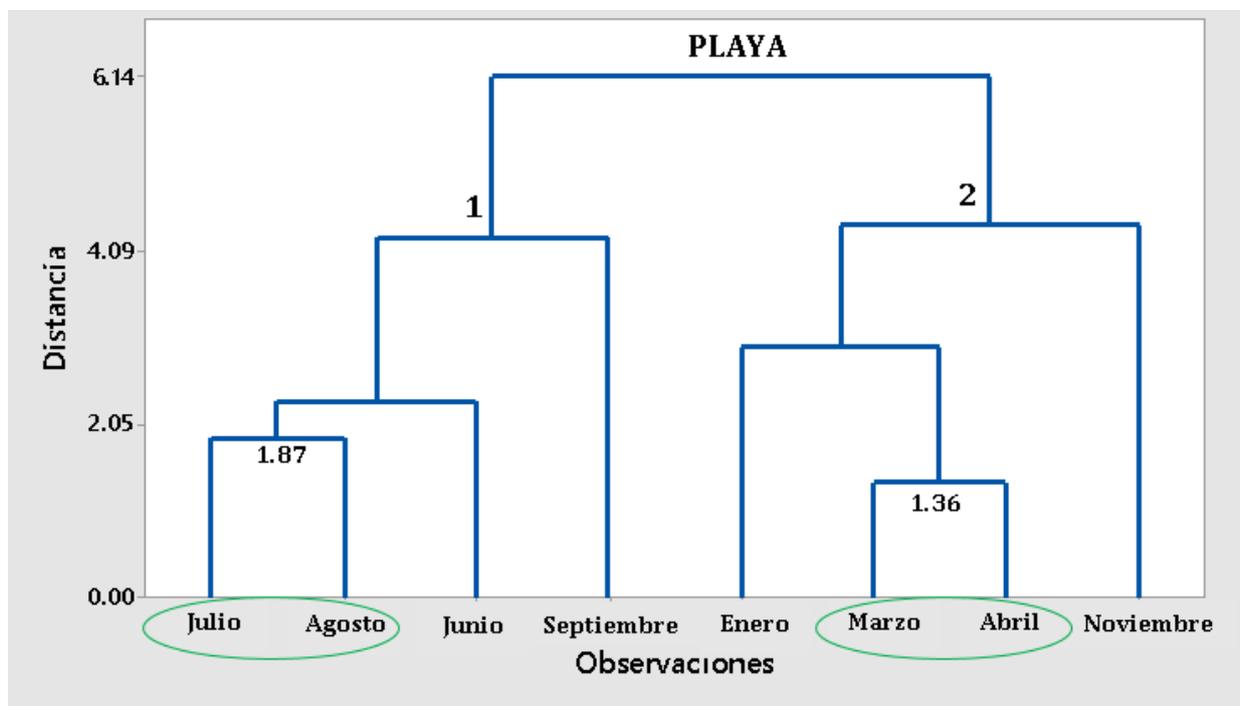


Figura 3.19 Dendrograma con las densidades totales y parámetros durante los muestreos en la zona de Playa. 1-conjunto, 2-conjunto, círculo verde; meses más semejantes.

También se realizó un dendrograma para la zona de arrecife tomando sus densidades totales y los parámetros físicos y químicos, los meses más semejantes entre sí para esta zona fueron septiembre y junio con una distancia euclidiana mínima de 1.34 (meses de transición, entre la estación de verano-otoño aun con lluvias), el siguiente grupo más semejante entre sí fue el de los meses de enero y marzo con una distancia de 1.86 (meses de transición entre la estación de invierno-primavera, finales de los nortes-comienzo de secas). Estos meses pertenecen al segundo conjunto bien diferenciado del dendrograma que agrupo además a los meses de agosto (época de lluvias) y Abril (época de secas), aunque de manera separada del resto debido a los valores en los parámetros. El mes de julio queda totalmente separado en un conjunto al ser el mes que pertenece exclusivamente a la época de lluvias (Figura 3.20).

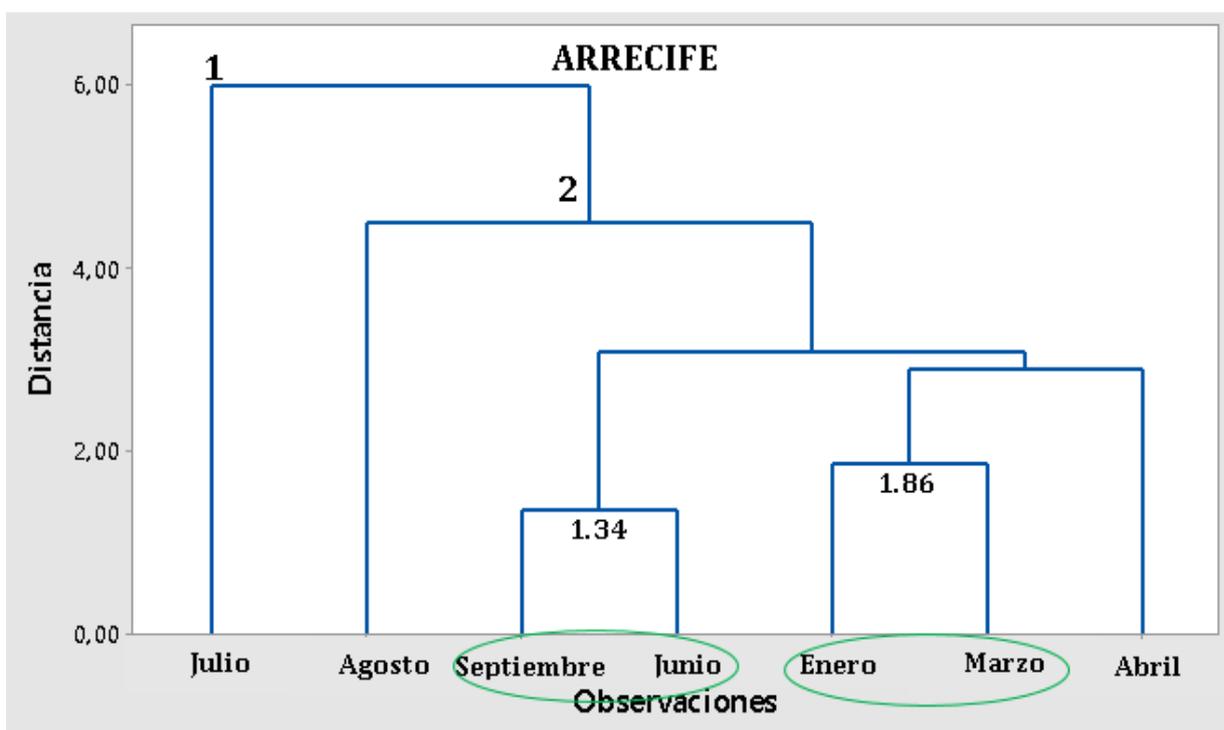


Figura 3.20 Dendrograma con las densidades totales y parámetros durante los muestreos en la zona de Arrecife. 1-grupo, 2-grupo, círculo verde; meses más semejantes.

Tomando en cuenta las especies encontradas durante el recuento y los parámetros físicos y químicos, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para conocer la correlación entre las variables ambientales y la composición específica de cada zona, el ACP para la zona de playa mostró que los dos primeros componentes explican en conjunto el 79.11% de la variación total de los datos, para que se explicara el 90% de la variación sería necesario tomar en cuenta el 3 componente. Las variables de los 2 primeros componentes que correlacionan de manera positiva y que podrían explicar la presencia de la mayoría de las especies son la temperatura, oxígeno, salinidad y conductividad, mientras que el pH y sólidos disueltos totales explicarían la presencia de ciertas especies, además de tener especies cercanas a 0, a las que no se puede atribuir su presencia a una sola variable y otras especies más distantes que aparentemente su presencia no se explica con alguna variable medida (Tabla 5.4 y 5.5)(Figura 3.21).

Análisis de Componentes Principales

Componente		Porcentaje de	Porcentaje
Número	Eigenvalor	Varianza	Acumulado
1	2.74837	45.806	45.806
2	1.9986	33.310	79.116
3	0.656828	10.947	90.063
4	0.343174	5.720	95.783
5	0.198414	3.307	99.090
6	0.054614	0.910	100.000

Tabla 5.4. Análisis que determina los componentes principales en la zona de playa mediante el Eigenvalor.

ESPECIES EN EL ACP DE PLAYA		
1-Asterionellopsis glacialis	49-Lithodesmium undulatum	6-Rhizosolenia alata
12-Biddulphia sp	30-Melosira sp	7-R. imbricata
19-Chaetoceros affinis	8-Navicula distans	55-Scenedesmus quadricauda
20-Ch. coarctatus	9-Navicula sp	48-Skeletonema costatum
21-Ch. danicus	32-Neoceratium candelabrum	2-Thalassionema nitzschioides
22-Ch. decipiens	33-N. furca	50.Thalassiothrix longissima
23-Ch. diversus	34-N. fusus	53-Trichodesmium erythraeum
24-Ch. laciniosus	35-N. lineatum	54-T. thiebautii
25-Ch. lorenzianus	36-N. lúnula	44-Trigonium formosum
26-Ch. messanensis	37-N. macroceros	
27-Ch. pelagicus	38-N. masiliense	
28-Ch. peruvianus	39-N. ranipes	
29-Ch. protuberans	40-N. tripos	
59-Corethron criophilum	42-Odontella aurita	
3-Coscinodiscus sp	43-O. mobiliensis	
51-Dactyliosolen fragilissimus	58-Pinnularia sp	
41-Dinophysis caudata	57-Pleurosigma sp	
56-Diploneis sp	13-Proto-peridinium claudicans	
46-Entomoneis sp	14-P. conicum	
52-Eucampia zodiacus	15-P. depressum	
45-Euglena gracialis	16-P. divergens	
10-Guinardia flaccida	17-P. ovum	
11-G. striata	18-P. pellucidum	
4-Hemiaulus hauckii	31-Pseudo-nitzschia delicatissima	
5-H. sinensis	47-Pyrocystis fusiformis	

Tabla 5.5 Especies con su respectivo número en el ACP de la zona de playa.

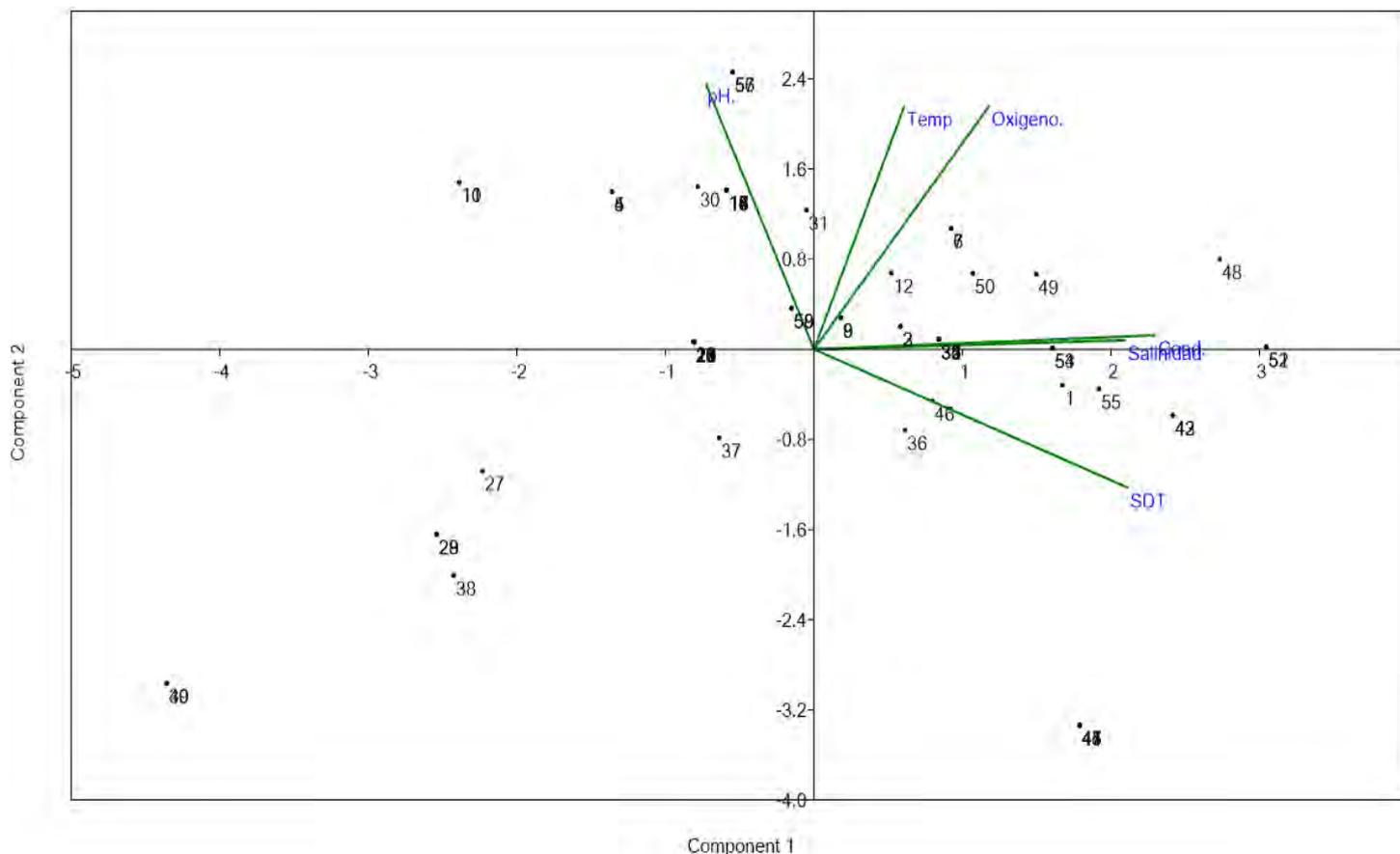


Figura 3.21 Gráfica del análisis de componentes principales de la zona de playa.

El ACP para la zona de arrecife mostró que los 3 primeros componentes explican en conjunto el 76.85% de la variación de los datos, para explicar el 92.50% de la variación sería necesario tomar en cuenta hasta el 5 componente. Las variables de los 3 primeros componentes que correlacionan de manera positiva y que podrían explicar la presencia de la mayoría de las especies son los sólidos disueltos totales, conductividad, salinidad, oxígeno y pH, mientras que la temperatura explicaría la presencia del resto de especies, además de tener especies más distantes que aparentemente su presencia no se explica con alguna variable medida (Tabla 5.6 y 5.7) (Figura 3.22).

Análisis de Componentes Principales

Componente		Porcentaje de	Porcentaje
Número	Eigenvalor	Varianza	Acumulado
1	2.55297	36.471	36.471
2	1.74615	24.945	61.416
3	1.08037	15.434	76.850
4	0.65988	9.427	86.277
5	0.435947	6.228	92.505
6	0.375002	5.357	97.862
7	0.149676	2.138	100.000

Tabla 5.6 Análisis que determina los componentes principales en la zona de arrecife mediante el Eigenvalor.

ESPECIES EN EL ACP DE ARRECIFE

<p>51-Asterionellopsis glacialis 56-Bacillaria paxillifer 45-Bacteriastrum elongatum 53-Biddulphia sp 11-Chaetoceros affinis 12-Ch. coarctatus 13-Ch. danicus 14-Ch. decipiens 15-Ch. diversus 16-Ch. lacinosus 17-Ch. lorenzianus 18-Ch. messanensis 19-Ch. pelagicus 20-Ch. peruvianus 21-Ch. protuberans 55-Chlorella sp 2-Coscinodiscus sp 39-Dinophysis caudata 52-Ditylum brightwellii 7-Eucampia zodiacus 46-Guinaridia flaccida 47-G. striata 3-Hemiaulus hauckii 4-H. sinensis 59-Licmophora abbreviata 60-L. gracilis. 54-Lithodesmium undulatum 58-Lyrella sp</p>	<p>30-Neoceratium candelabrum 31-N. furca 32-N. fusus 33-N. lineatum 34-N. lúnula 35-N. macroceros 36-N. masiliense 37-N. ranipes 38-N. tripos 8-Ornithocercus magnificus 9-O. steinii 10-O. thumii 50-Pediastrum duplex 49-Pinnularia sp 48-Pleurosigma sp 44-Prorocentrum gracile 24-Proto-peridinium claudicans 25-P. conicum 26-P. depressum 27-P. divergens 28-P. ovum 29-P. pellucidum 22-Pseudo-nitzschia delicatissima 57-Pyrophacus steinii 5-Rhizosolenia alata 6-R. imbricata</p>	<p>43-Skeletonema costatum 1-Thalassionema nitzschioides 23-Thalassiothrix longissima 40-Trichodesmium erythraeum 41-T. thiebautii</p>
--	--	--

Tabla 5.7 Especies con su respectivo número en el ACP de la zona de arrecife.

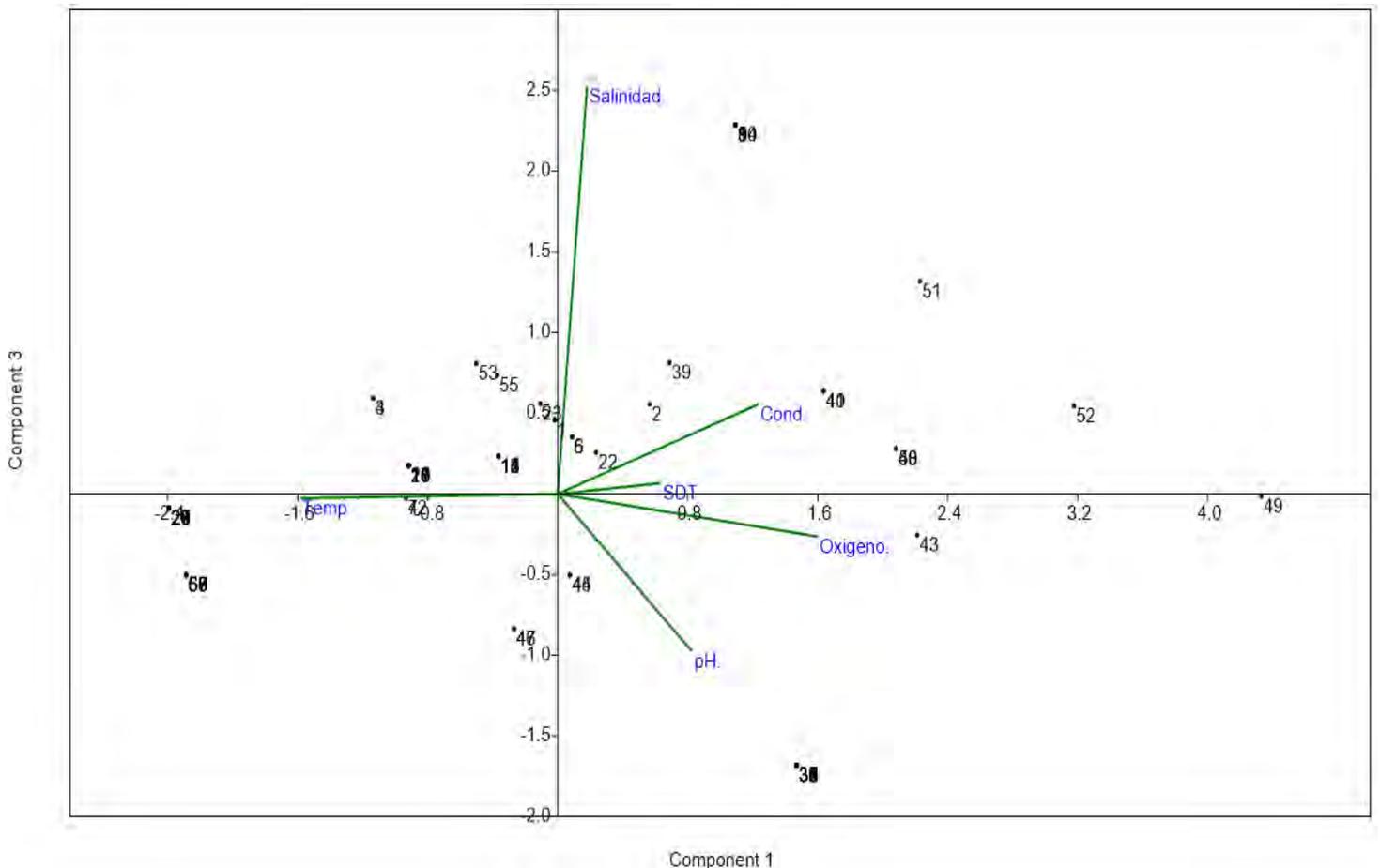


Figura 3.22 Gráfica del análisis de componentes principales de la zona de arrecife.

CATÁLOGO.DE.ESPECIES

Cyanobacteria

1. *Trichodesmium erythraeum* Ehrenberg ex Gomont 1893

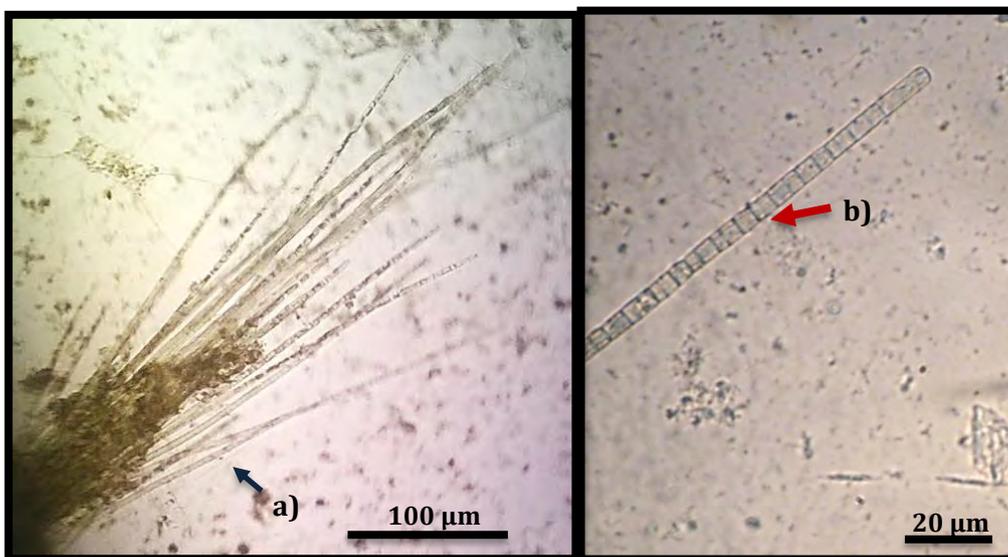


Figura 4.1 a) filamentos de 305 µm formando mazos y b) células cuadradas de 6 µm de lado.



Descripción general: Cianobacterias filamentosas que llegan a medir más de 300 µm, con tricomas rectos, orientados paralelamente formando en ocasiones mazos, la célula mide de 2 a 7 µm de ancho y de 7 a 11 µm de largo. Importante especie en la fijación del Nitrógeno atmosférico, a pesar de no poseer heterocistos. Reportes de especie formadora de florecimientos (Fensome *et al.*, 1993), (Van Den Hoek, 1995). (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Hernández-Becerril *et al.*, 2008), (De la lanza *et al.*, 2011).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas tropicales, en todos los océanos, la temperatura mínima para su actividad es de 20 °C. En cuanto a la salinidad es una especie estrictamente estenohalina por lo tanto es poco frecuente en época de lluvias. Especie formadora de mareas rojas. Registros en Europa Francia, Italia, Islas Canarias, India, Israel, China en Taiwán, Norte América en Florida, Australia, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

2. *Trichodesmium thiebautii* Gomont 1892

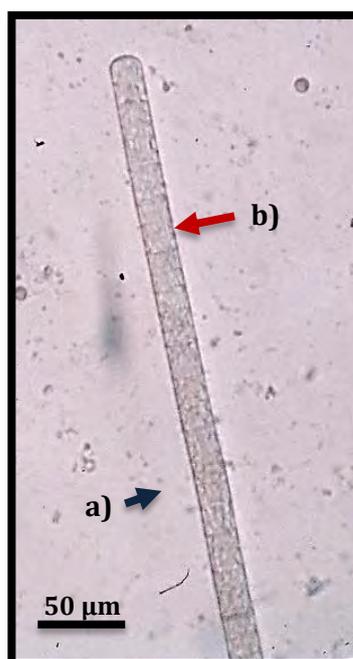


Figura 4.2 a) Filamentos solitarios de 325 μm y b) células de 15 μm de ancho y largo.



Descripción general: Cianobacterias filamentosas que llegan a medir en cadena hasta 450 μm , que forma tricomas rectos y simples, orientados paralelamente encontrados en forma solitaria. Células cuadrangulares de tamaños variables llegando a medir hasta 22 μm de ancho y 11-20 μm de largo. Importante especie en la fijación del nitrógeno atmosférico, a pesar de no poseer heterocistes, difiere de la anterior al encontrarse de manera rara en mazos (Fensome *et al.*, 1993), (Van Den Hoek, 1995), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Hernández-Becerril *et al.*, 2008), (De la lanza *et al.*, 2011).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas salobres tropicales y templadas. Especie productora de mareas rojas. Registros en Europa Francia, Islas Canarias, India, China en Taiwán, Norte América en Florida, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

Chlorophyta

3. *Chlorella sp*

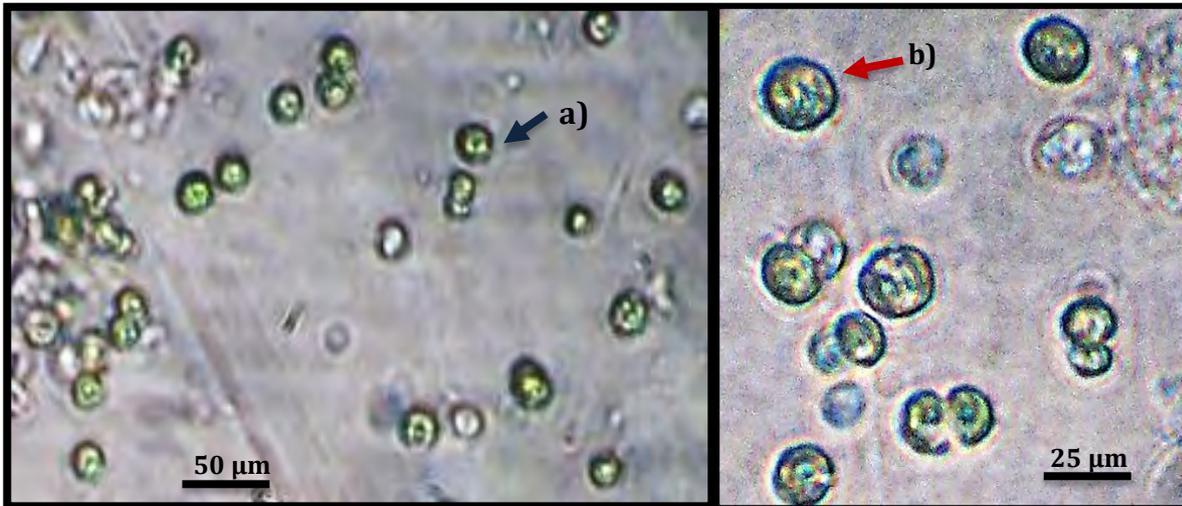


Figura 4.3. a) Célula circulares de diámetro 23 µm y b) cloroplasto parietal.



Descripción general: Las clorofitas de este género son células muy pequeñas de 20 a 25 µm de diámetro, verdes, esféricas a ovoides, aisladas o formando colonias de forma irregular, con o sin una matriz gelatinosa a su alrededor. El cloroplasto es parietal por lo que se encuentra yuxtapuesto internamente a la membrana celular (Fensome *et al.*, 1993), (Van Den Hoek, 1995), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Hernández-Becerril *et al.*, 2008), (De la lanza *et al.*, 2011).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas tropicales y templadas. Habita en aguas limpias y que crece en pHs entre 7 y 8. Registros en Europa Islas Baleares, Mar Báltico, Mar Negro, Francia, Alemania, España, Suecia, Brasil Islas Canarias, India, China en Taiwán, Norte América en Florida, Australia, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

4. *Pediastrum duplex* Meyen 1829

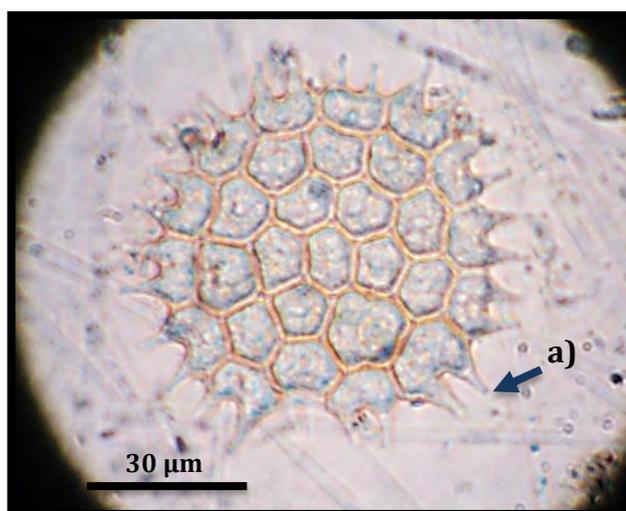


Figura 4.4 a) protuberancias (diámetro sin protuberancias 60 μm).



Descripción general: Colonias con un número fijo de células angulares en forma de bolsas reticuladas, las células de la última capa poseen dos protuberancias, cloroplastos aplanados o reticulados con uno o muchos pirenoides. Sin espacios intercelulares. Medidas sin protuberancias de entre 60 -75 μm de diámetro (Fensome *et al.*, 1993), (Van Den Hoek, 1995), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Hernández-Becerril *et al.*, 2008), (De la lanza *et al.*, 2011).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas salobres o dulceacuícolas tropicales y templadas. Especie considerada como indicadora de cuerpos de agua contaminados por materia orgánica. Registros en Europa Bretaña, Mar Báltico, Alemania, Nueva Jersey, Nueva York, Cuba, Brasil, España, Francia, Islas Canarias, India, China en Taiwán, Norte América en Florida, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

5. *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brébisson in Brébisson y Godey
1835

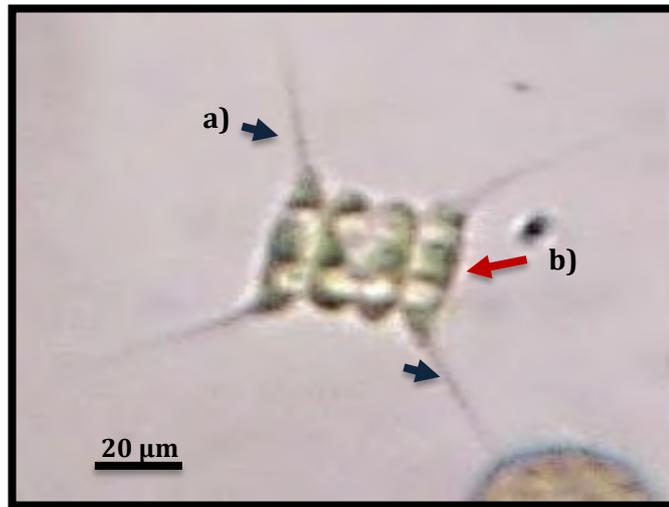


Figura 4.5 a) Espinas en las esquinas y b) cloroplasto parietal (ancho de 10 μm y largo de 28 μm).



Descripción general: Colonias planas de 2, 4 u 8 células dispuestas en una fila. Las células tienen forma de media luna, los individuos en el exterior de la fila son a menudo semilunar, en lugar de óvalo, y difieren en la forma de las espinas, la mayoría de las especies tienen espinas en las esquinas de las colonias. Cada célula tiene un cloroplasto parietal en forma de placa y por lo general un pirenoide. Las células tienen un ancho de 9-12 μm y de hasta 30 μm de largo (Fensome *et al.*, 1993), (Van Den Hoek, 1995), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Hernández-Becerril *et al.*, 2008), (De la lanza *et al.*, 2011).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas dulceacuícolas tropicales y templadas. Especie considerada como indicadora de cuerpos de agua contaminados por materia orgánica por lo que su crecimiento es grande en las aguas ricas en nutrientes. Registros en Europa en Andorra, Mar Báltico, Alemania, Nueva York, Bolivia, España, Mar Negro, Rumania, Francia, Islas Canarias, China en Taiwán, Norte América en Florida, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

División Bacillariophyta

Diatomeas centrales

6. *Asteromphalus flabellatus* (Brébisson) Greville 1859

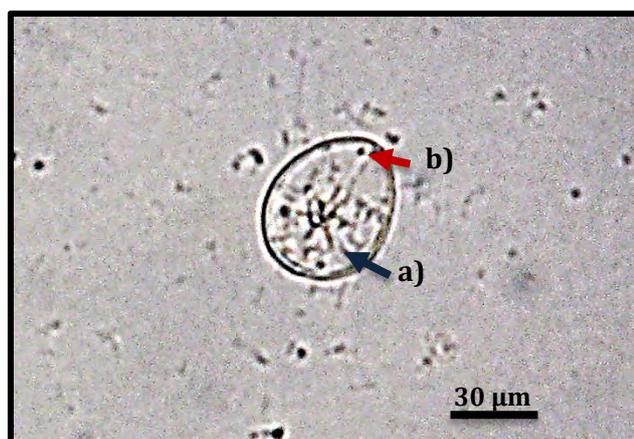


Figura 4.6 Vista valvar a) radios centrales y b) radio más largo. Ancho 54 μm .



Descripción general: Célula en forma de disco o periforme, ligeramente ovoide muy rara vez naviculoides. De la parte más ancha mide hasta 60 μm de diámetro. Valvas planas con ondulaciones radiales, los radios se elevan sobre la superficie de la valva hacia fuera un radio es más estrecho que el resto justo en el centro de la valva. Numerosos cloroplastos con arreglo radial (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas. Netamente oceánica. Registros en Europa, Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Rumania, Noruega, Islas Canarias, Australia, Brasil, Canadá, México en Baja California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

7. *Bacteriastrium elongatum* Cleve 1897

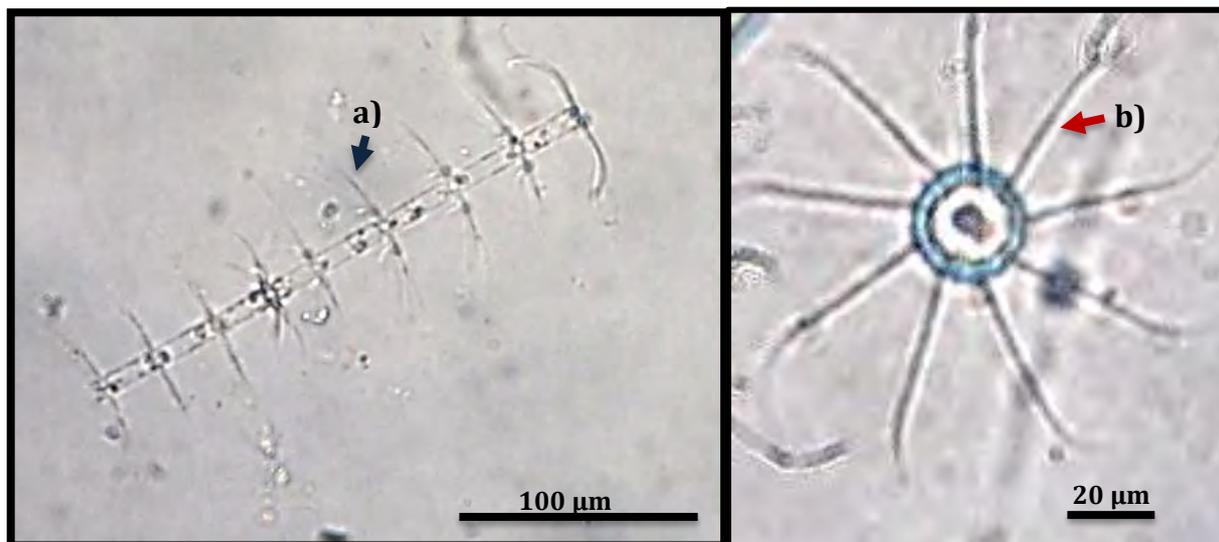


Figura 4.7 Vista cingular y vista valvar a) setas centrales y b) setas terminales. Largo de la cadena 220 µm y ancho de la valva 28 µm.



Descripción general: Células alargadas cilíndricas unidas en cadena. De tamaño mediano con longitud 225 µm y ancho valvar de 25 µm. Valvas circulares, abertura intercalar estrecha elíptica a circular. Manto valvar corto. Setas centrales delgadas perpendiculares al margen prevalvar, setas terminales gruesas con espínulas, setas intercalares bifurcadas delgadas, en terminaciones, elevadas y curvadas al eje apical. Posee numerosos cloroplastos y redondeados (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea- Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas. Marinas y planctónicas. Registros en Europa, Bretaña, Francia, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Noruega, Rumania, Australia, Brasil, Ártico, Japón, China, Corea, Rusia, Taiwán, Canadá, Antártica, México en el Golfo de California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

8. *Biddulphia* sp

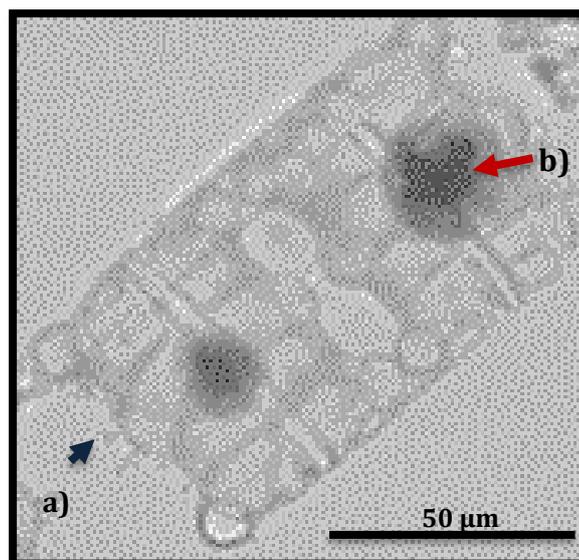


Figura 4.8 Vista valvar a) margen valvar ondulado y b) cloroplasto discoide. Largo 60 μm y ancho 40 μm.



Descripción general Las células de este género poseen forma cuadrangular a rectangular con una de entre 50-60 μm de longitud y de la parte más ancha 28-40 μm) elípticas en vista valvar, con elevaciones prominentes en los polos. Normalmente se ven en zig-zag o cadenas unidas. Plástidos numerosos, discoidal. Cloroplastos discoides. Válvas lanceoladas a casi circular, a menudo con márgenes ondulares. Superficie de las valvas a menudo surcadas de diversos engrosamientos, espinas o crestas. Poros simples también se producen de vez en cuando en el marco de la valva (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas. Nerítica. Agregar secretan mucus para poder adherirse al sustrato. Registros en Europa, Bretaña, Francia, Mar Adriático, España, Mar Negro, Islas Canarias, Australia, Brasil, Japón, China, Corea, Taiwán, Canadá, México en Baja California (Atlántico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca).

9. *Chaetoceros affinis* Lauder 1864

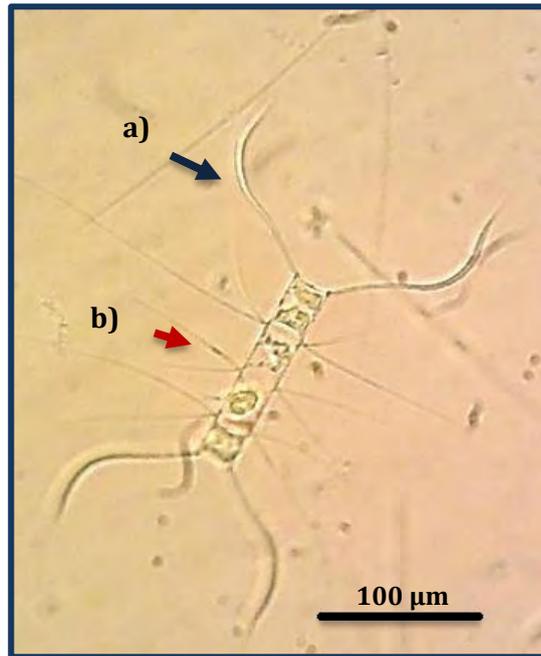
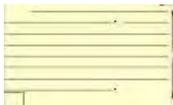


Figura 4.9 Vista cingular a) setas terminales y b) setas intermedias. Longitud 280 μm y ancho 20 μm .



Descripción general: Células cilíndricas en cadena con un eje apical. Longitud de la cadena incluyendo setas terminales de 300 a 340 μm y ancho de la célula de 20 a 25 μm . Abertura intercelular estrecha elíptica, manto valvar corto. Los polos adyacentes de las células se juntan. Setas centrales delgadas, elevadas el eje apical; setas terminales gruesas, largas a un tercio casi perpendiculares levemente hacia el eje perivalvar, fuertemente dobladas en dirección opuesta a la cadena (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas. Nerítica. Registros en Europa, Bretaña, Francia, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Croacia, Rumania, Australia, Brasil, Ártico, Japón, China, Corea, Rusia, Taiwán, Canadá, México Baja California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico) Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

10. *Chaetoceros coarctatus* Lauder 1864

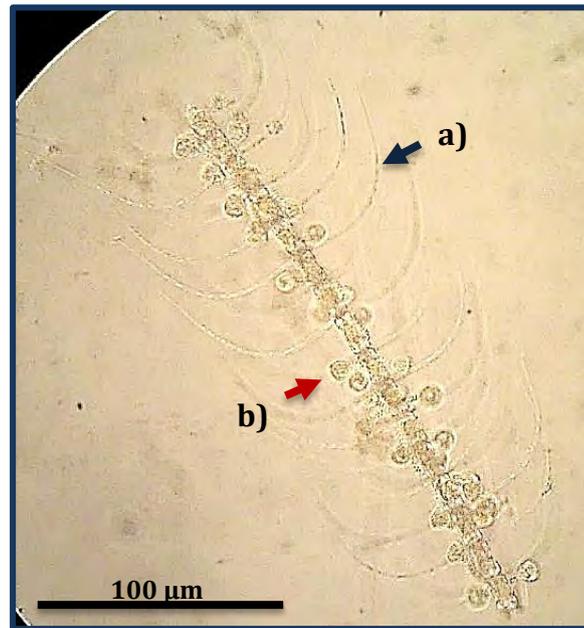
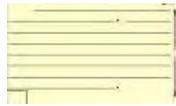


Figura 4.10 Vista cingular a) setas centrales y b) *Vorticella* sp. Longitud de 240 μm .



Descripción general: Células cilíndricas o elípticas en cadenas largas que llegan a tamaños de 200 a 280 μm , setas centrales delgadas curvadas fuertemente y gruesas con espículas, setas terminales también fuertemente curvadas hacia el ápice. Aberturas intercalares pequeñas o nulas. Por regla general se encuentra la presencia de los organismos de *Vorticella* (probablemente *Vorticella oceanica*) algunas veces en grandes números unidas a las valvas (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas cálidas. Nerítica y oceánica. Registros en Europa, Bretaña, Francia, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Croacia, Australia, Brasil, China, Corea, Taiwán, Canadá, México en el Golfo de California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

11. *Chaetoceros danicus* Cleve 1889

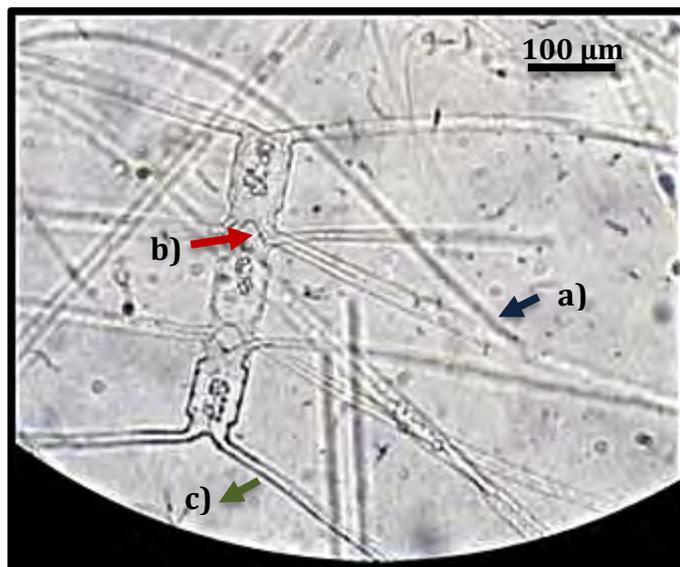


Figura 4.11 Vista cingular a) setas centrales, b) abertura intercelular y c) setas terminales. Longitud de la cadena 370 µm.



Descripción general: Células solitarias o en cadenas cortas con una longitud como máxima de 380 µm y ancho de la célula 50- 60 µm. Abertura intercelular estrecha elíptica, manto valvar amplio. Setas centrales ligeramente elevadas al eje apical casi perpendicular al eje perivalvar con delgadas espínulas. Setas terminales muy largas, rectas y ligeramente curvadas (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas. Nerítica y oceánica. Registros en Europa, Bretaña, Francia, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Croacia, Rumania, Australia, Brasil, Ártico, China, Corea, Taiwán, Canadá, México en Baja California (Atlántico), en el Golfo de México (Pacífico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

12. *Chaetoceros decipiens* Cleve 1863



Figura 4.12 Vista cingular a) unión de las setas centrales y b) cloroplasto circular. Longitud 212 μm .

Descripción general: Células cilíndricas. Aberturas intercelulares amplias y rectangulares. Cadenas rectas, rígidas, más o menos aplanadas, por lo general muchas células con una longitud máxima de 400 μm y ancho de la célula de 37 a 45 μm . Ventanas intercelulares variando en tamaño y forma aunque regularmente rectangulares. En vista cingular con esquinas afiladas tocándose con las células adyacentes. Las setas centrales se tocan con las de la célula adyacente, pero son divergentes. Cloroplastos circulares de tamaño grande (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas cálidas. Nerítica y oceánica. Registros en Europa, Bretaña, Francia, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Croacia, Rumania, Australia, Brasil, Ártico, Japón, China, Corea, Rusia, Taiwán, Canadá, México en el Golfo de California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

13. *Chaetoceros diversus* Cleve 1873

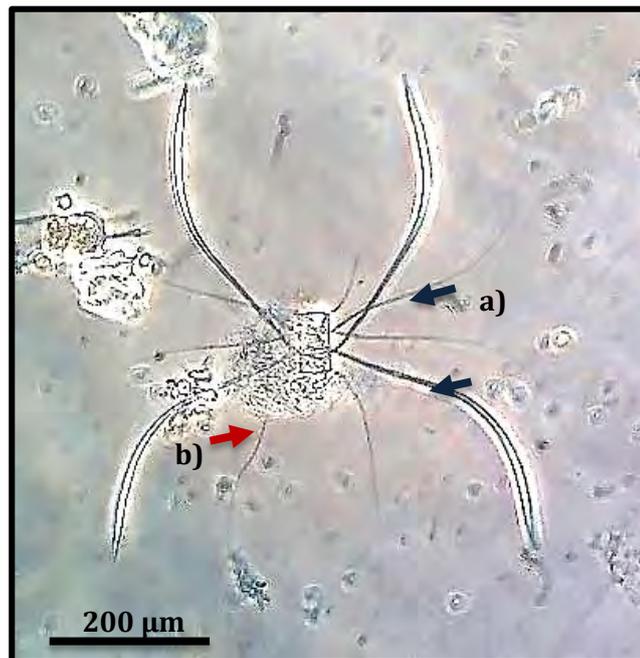


Figura 4.13 Vista cingular a) setas centrales diferentes y b) setas terminales. Largo total con setas 580 μm .

Descripción general: Cadenas rectas, no torcidas, por lo general cortas de tamaño 580-590 μm largo, debido a sus grandes setas. Células cilíndricas cortas de longitud de hasta 32 μm y ancho hasta 50 μm . Sin abertura intercelular. Las setas intermedias de dos clases setas delgadas más o menos curvadas, a menudo rectas y por lo general ligeramente giradas hacia ambos extremos de la cadena, y dos setas muy largas, fuertes y más anchas en forma de un garrote incrementando en grosor de la base hacia afuera, luego volviéndose más delgada en los extremos y con una marcada curvatura, Setas terminales siempre delgadas y difiere de las otras por la posición más o menos en forma de U (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas. Nerítica. Registros en Europa, Bretaña, Francia, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Croacia, Rumania, Australia, Brasil, Ártico, Japón, China, Corea, Rusia, Taiwán, Canadá, México en el Golfo de California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, http://www.algaebase.org/search/species/).

14. *Chaetoceros laciniosus* F. Schütt 1895

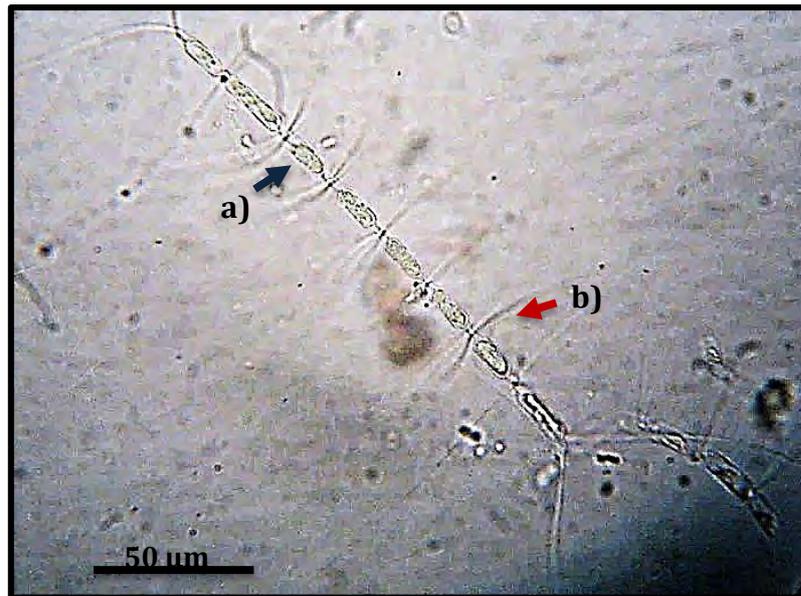
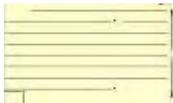


Figura 4.14 Vista cingular a) células cilíndricas y b) unión de las setas centrales. Largo de 262 µm.



Descripción general: Cadenas de células rectangulares a cilíndricas de largo 20 µm, alargadas al eje apical en cadenas rectas y largas, que llegan a medir hasta 330 µm. Superficie valvar plana o ligeramente convexa. Manto cortó. Setas intercalares delgadas y cortas, setas terminales ligeramente gruesas; parte basal corta, punto de fusión en el margen, setas intercalares perpendiculares a divergentes al eje de la cadena, las valvas terminales se originan de las esquinas celulares, su parte basal es recta para después curvarse ligeramente quedando en dirección paralela al eje de la cadena (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas cálidas. Nerítica y oceánico. Registros en Europa, Bretaña, Francia, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Noruega, Rumania, Australia, Brasil, Ártico, Japón, China, Corea, Rusia, Taiwán, Canadá, Antártica, México en el Golfo de California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

15. *Chaetoceros lorenzianus* Grunow 1863

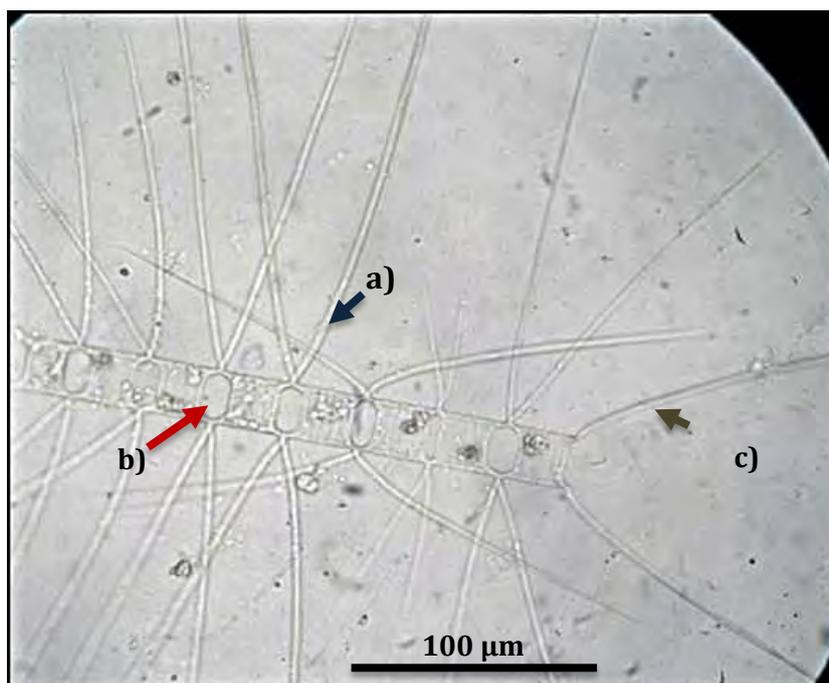


Figura 4.15 Vista cingular a) setas centrales, b) abertura intercelular elíptica y c) setas terminales. Largo total 230 μm .



Descripción general: Células rectangulares a cuadrangulares en cadenas con un ancho de 20 μm , rectas y rígidas en vista lateral llegando a medir hasta 250 μm en cadena sin setas. Abertura intercelular amplia elíptica u ovalada. Valvas planas e idénticas. Setas centrales y terminales nacidas del margen valvar. Setas elevadas al eje apical, las setas centrales casi perpendiculares al eje valvar y divergentes, setas terminales más gruesas y alargadas paralelamente a los extremos (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas. Nerítica. Registros en Europa, Bretaña, Francia, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Croacia, Rumania, Australia, Brasil, Ártico, Japón, China, Corea, Rusia, Taiwán, Canadá, México en el Golfo de California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

16. *Chaetoceros messanensis* Castracane 1875

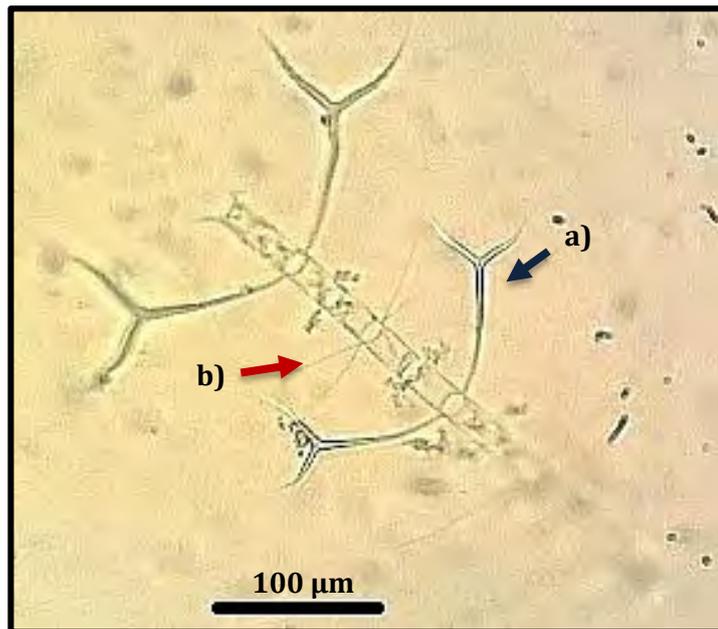


Figura 4.16 Vista cingular a) setas terminales bifurcadas y b setas centrales. Largo total de 375 μm.



Descripción general: Células cuadrangulares a rectangulares en cadenas largas o cortas, cadenas de longitud 379 μm. Abertura intercelular estrecha o amplia elíptica. Algunas setas intermedias se fusionan en el margen valvar, de modo que la parte basal es sólo una seta individual la cual se bifurca siendo más gruesa. Setas terminales largas, gruesas y bifurcadas en el último extremo y miden cerca de las dos terceras partes de su longitud (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea- Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas. Nerítica y oceánica. Registros en Europa, Bretaña, Francia, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Croacia, Rusia, Australia, Brasil, Nueva Escocia, Japón, Taiwán, China, Canadá, México Baja California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

17. *Chaetoceros pelagicus* Cleve 1873

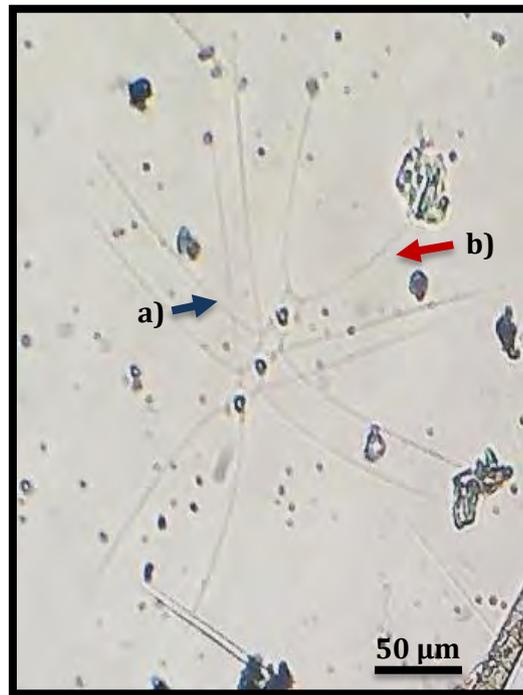
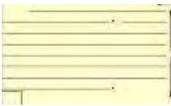


Figura 4.17 Vista cingular a) setas centrales y b) setas terminales. Longitud total de 325 µm.



Descripción general: Células rectangulares con un largo de entre 15 y 20 µm. Las cadenas son largas de hasta 300 µm incluyendo las setas. Células con una abertura intercelular amplia y hexagonal. Setas largas delgadas ligeramente o muy elevadas al eje apical, setas terminales fuertemente dobladas casi paralelas al eje perivalvar (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas. Nerítica. Registros en Europa, Bretaña, Francia, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Croacia, Rumania, Australia, Brasil, Ártico, Japón, China, Corea, Rusia, Taiwán, Canadá, México en el Golfo de California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

18. *Chaetoceros peruvianus* Brightwell 1856

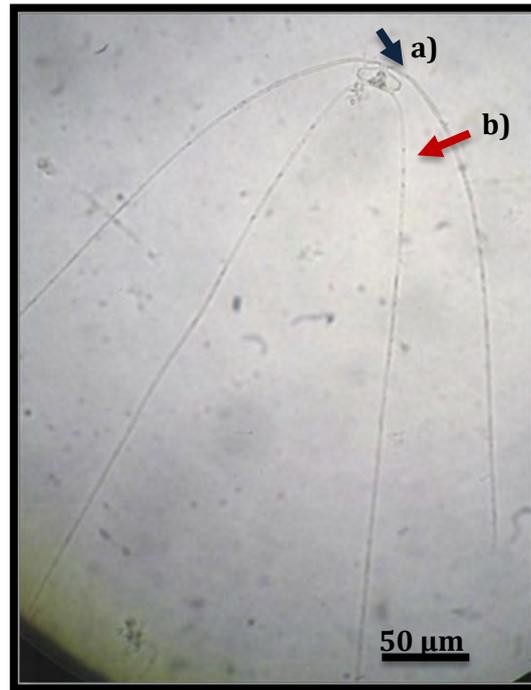


Figura 4. 18 Vista cingular a) setas de la epivalva y b) setas de la hypovalva. Longitud de 440 μm.



Descripción general: Células cilíndricas con un ancho de 20 μm en general solitarias o en cadenas cortas de dos células. Las setas de la epivalva son largas y emergen de parte subcentral y se unen en su porción distal, poseen espigas que van en dirección opuesta a su inserción. Las setas de la hypovalva surgen de la orilla de la valva, en dirección contraria a esta misma valva y son mucho más largas que las de la epivalva (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas cálidas. Nerítica y oceánica. Registros en Europa, Bretaña, Francia, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Croacia, Rumania, Australia, Brasil, Ártico, China, Corea, Rusia, Taiwán, Canadá, México en Baja California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

19. *Chaetoceros protuberans* Lauder 1864

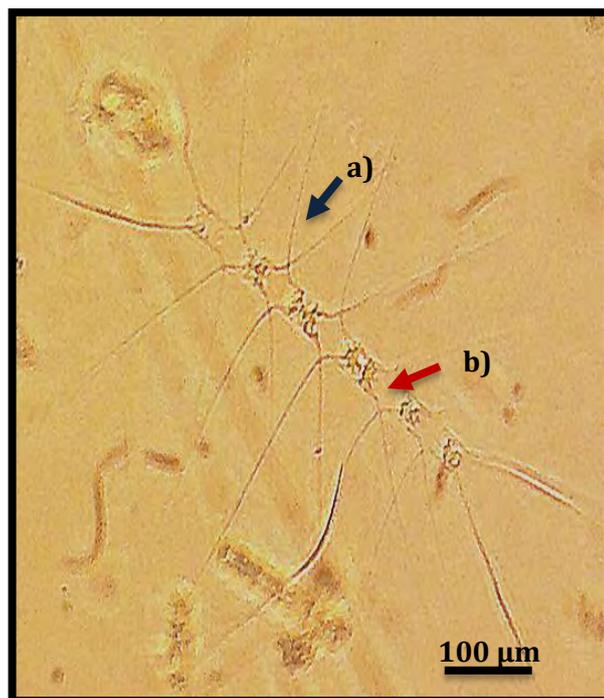


Figura 4.19 Vista cingular a) unión de setas y b) abertura intercelular. Ancho de la célula 30 μm.



Descripción general: Células relativamente cortas de hasta 6 células cuadrangulares, llegan a medir a hasta 440 μm en cadena sin setas, un ancho y largo de la célula de 30 μm, pero también se llegan a encontrar células solitarias. Las células están unidas en una colonia recta. Abertura intercelular muy amplia. Setas centrales dispuestas en los bordes de las células y todas de medidas semejantes y divergentes. Setas terminales casi paralelas al eje de la cadena. Dos grandes cloroplastos en forma de placa en cada célula (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas. Nerítica. Registros en Europa, Bretaña, Francia, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Rusia, Australia, Brasil, Nueva Escocia, Japón, Taiwán, Singapur, Canadá, México en Baja California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

20. *Corethron criophilum* Castracane 1886

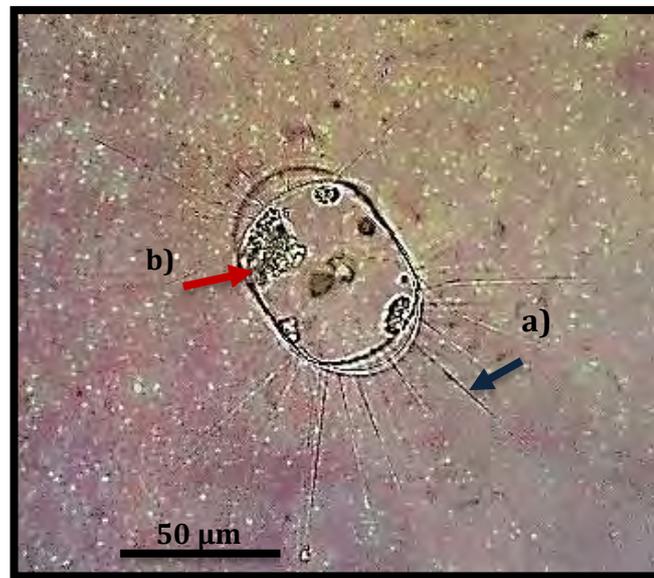


Figura 4.20 Vista valvar a) setas y b) cloroplastos pequeños. Eje valvar de 50 μm .



Descripción general: Las células son solitarias, pequeñas (eje valvar de hasta 50 μm) y con frústulas en forma de cilíndrico, con las valvas semiesféricas y fuertemente convexas. Una valva tiene un anillo largo de setas similares dirigidas hacia el exterior. La otra valva tiene un conjunto de setas similares hacia el interior y otro anillo de espinas cortas, en forma de gancho también dirigidas hacia fuera. Los cloroplastos son numerosas y discoideas (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea- Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita templada a frías muy frecuentemente encontrado en las aguas de la Antártica. Marina. Registros en Europa, Bretaña, Mar Báltico, España, Francia, Islas Canarias, Australia, Argentina, Canadá, México en Baja California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Brasil, Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

21. *Coscinodiscus* sp

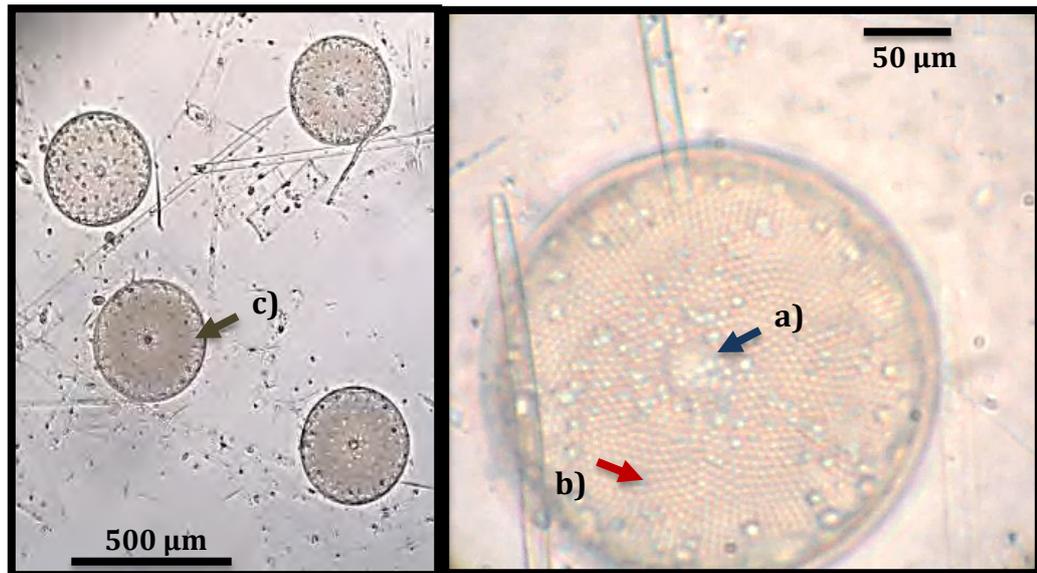


Figura 4. 21 Vista valvar a) área hialina, b) ornamentación por areolas y c) valva circulares. Diámetro 275 µm.

Descripción general: El género presenta células en forma de disco o caja solitaria o en pares inmediatamente de la división celular. Valvas circulares ligeramente convexas, más o menos aplanadas o deprimidas en el centro. Núcleo central y con números cloroplastos pequeños y laminares. Presenta ornamentación hexagonal o pentagonal en las areolas que dependiendo de su tamaño varía en cada especie, existe una roseta central formada de areolas de mayor tamaño que el resto, y la disposición de estas puede presentar un arreglo radial. El tamaño del diámetro también es un carácter para su determinación y puede tomar valores entre 115-325 µm. Produce formas resistentes por la separación de las valvas (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999). Este género es muy grande e importante en el fitoplancton ya que algunas especies son indicadoras de condiciones marinas ricas en nutrientes o de surgencias.



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templada a frías. Marina y bentónica. Registros en Europa, Bretaña, Mar Adriático, Mar báltico, España, Mar Negro, Francia, Noruega, Islas Canarias, Australia, Antártica, Argentina, Canadá, México en Baja California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

22. *Dactyliosolen fragilissimus* (Bergon) Hasle in Hasle y Syvertsen 1996

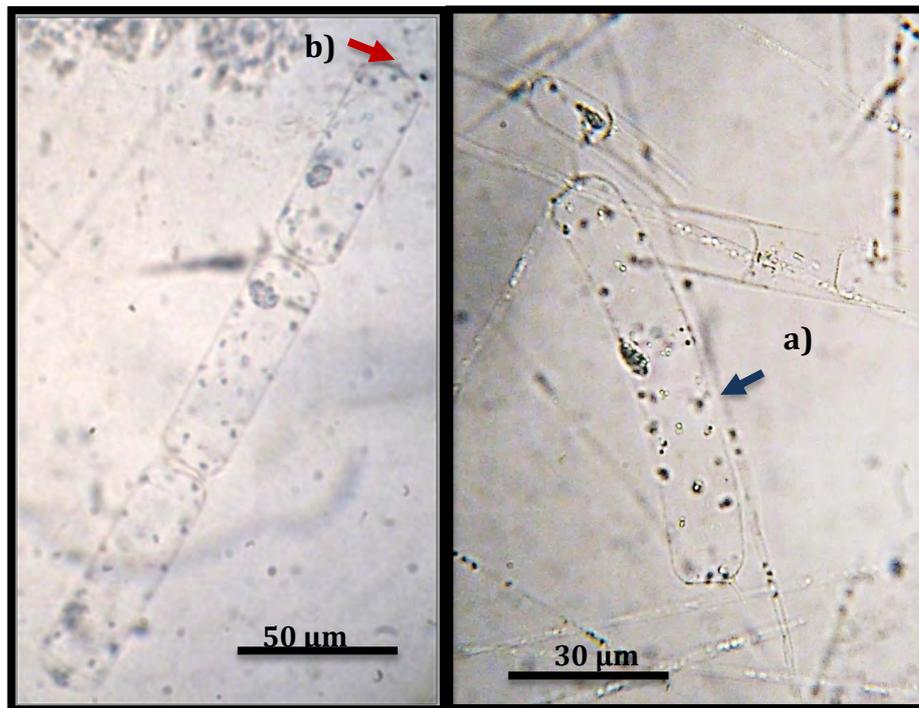


Figura 4. 22 Vista valvar a) célula cilíndrica y b) espina. Longitud de la célula 75 µm.



Descripción general: Células cilíndricas de longitud de la valva 72-86 µm poco silicificadas, unidas en cadenas. Bandas intercalares difíciles de observar, compuestas por hileras de anillos. Valvas ligeramente convexas, y redondeadas, un proceso labiado subcentral insertado en la depresión de la célula adyacente, una espina triangular insertada en la valva. Cloroplastos pequeños y numerosos (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas. Nerítica y marina. Registros en Europa, Bretaña, Francia, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Croacia, Rumania, Australia, Argentina, Brasil, Ártico, Japón, China, Corea, Rusia, Taiwán, Canadá, Antártica, México en el Golfo de California (Pacífico) y en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

23. *Ditylum brightwellii* (T. West) Grunow 1885

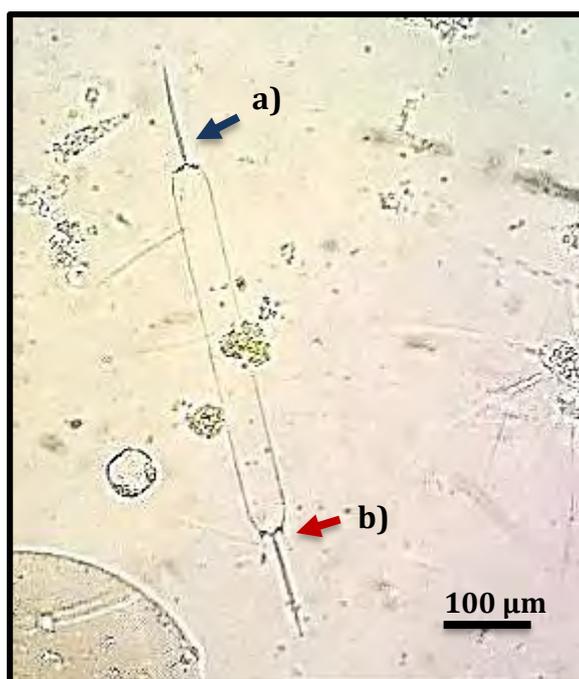


Figura 4.23 Vista valvar a) espina largo y b) prolongaciones. Ancho de la valva 50 μm.



Descripción general: Células solitarias rectangulares en vista cingular y cilíndricas en vista valvar. De largo entre 350-450 μm sin espinas y ancho de 50 a 70 μm. Posee una espina que sale del centro de la valva, bordes bien desarrollados con prolongaciones terminales de la cara valvar formando una cresta marginal. Numerosos cloroplastos y gránulos (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas y neríticas. Registros en Europa Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Croacia, Francia, Rumania, Japón, China en Taiwán, Nueva Escocia, Canadá, México en el Golfo de California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Brasil, Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

24. *Eucampia zodiacus* Ehrenberg 1839

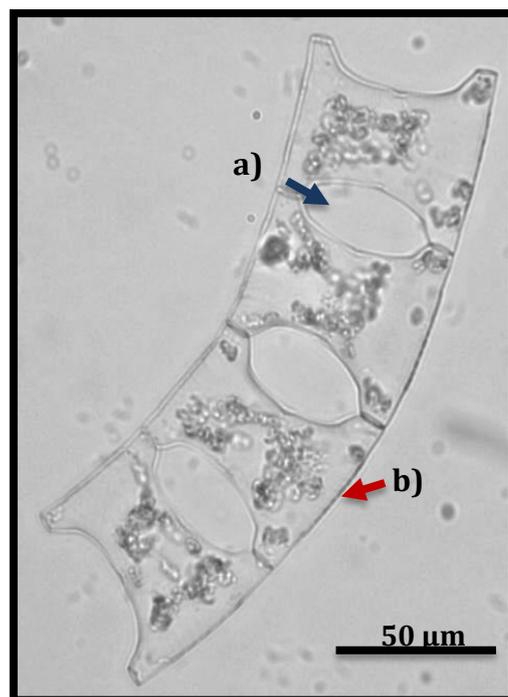


Figura 4.24 Vista valvar a) abertura intercelular y valva curveada. Ancho de la valva 60 μm.



Descripción general: Células con el eje prevalvar más largo y curvadas helicoidalmente, bandas sin costillas. Unidas por las frústulas en cadenas planas o levemente curvadas. De un ancho 60 μm y longitud 55 μm. Cuernos cortos, aberturas elípticas, en vista cingular la abertura se puede apreciar ovalada. Proceso labiado central. (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas. Nerítica. Registros en Europa, Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Australia, Brasil, Nueva Escocia, Canadá, México en Baja California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

25. *Guinardia flaccida* (Castracane) Peragallo 1892

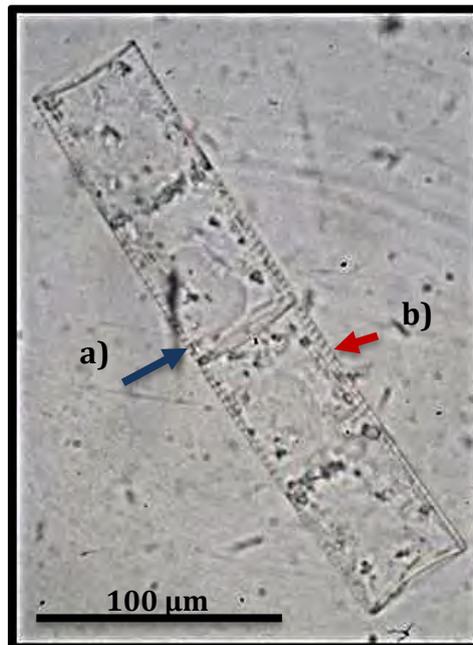


Figura 4.25 Vista valvar. a) Unión de las valvas y b) margen valvar aserrado. Longitud de la valva 120 μm y ancho 47 μm .



Descripción general: Células dispuestas en cadenas cerradas poco silicificadas, ligeramente aplanadas. Células rectas o ligeramente curvadas. Bandas en forma de collar. Valvas planas o ligeramente cóncavas de largo 100- 125 μm y 45-60 μm de ancho, y margen levemente aserrado. Proceso marginal notorio como un diente o indentación. Cloroplastos redondeados lobados o figurados con un pirenoide (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas. Nerítica. Registros en Europa, Bretaña, Francia, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Croacia, Australia, Brasil, Ártico, Japón, China, Corea, Rusia, Taiwán, Canadá, México en el Golfo de California (Pacífico), en el Golfo de México, Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

26. *Guinardia striata* (Stolterfoth) Hasle in Hasle y Syvertsen 1996

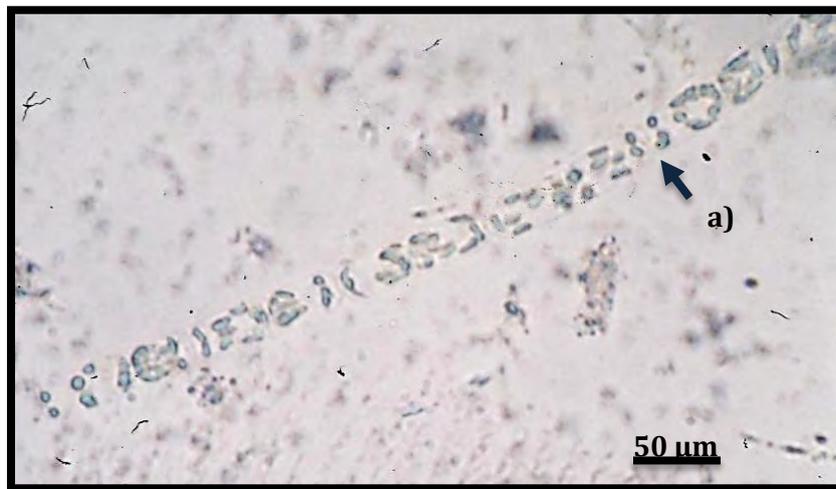
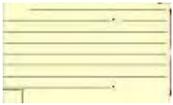


Figura 4.26 Vista valvar. a) estrías intercalares. Longitud de 100 µm.



Descripción general: Células cilíndricas en cadenas cortas, poco silicificadas, en forma curvada o en espiral. De una longitud de entre 100-143 µm y ancho de a 26-28 µm). Valvas planas con bordes ligeramente redondeadas con terminaciones afiladas. Proceso labiado marginal. Bandas intercalares (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas tropicales y frías. Nerítica y marina. Registros en Europa, Bretaña, Francia, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Croacia, Australia, Brasil, Ártico, Japón, China, Corea, Rusia, Taiwán, Canadá, Antártica, México en el Golfo de California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

27. *Hemiaulus hauckii* Grunow ex Van Heurck 1882



Figura 4.27 Vista valvar a) abertura intercelular y b) prolongaciones largo 92 μm y ancho de 25 μm .



Descripción general: Células cuadrangulares de ancho en cadenas rectas algo curvadas y una longitud de 70- 105 μm y ancho de 21-29 μm o en forma solitaria, dos largas y delgadas elevaciones valvares. Valvas rectangulares con largas prolongaciones en las puntas en forma de garra aplanada o puntiaguda. Espacios intervalvales grandes y rectangulares (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas cálidas y templadas. Oceánica y nerítica. Registros en Europa, Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Croacia, Rumania, Noruega, Islas Canarias, Australia, Brasil, Canadá, México en Baja California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

28. *Hemiaulus sinensis* Greville 1865

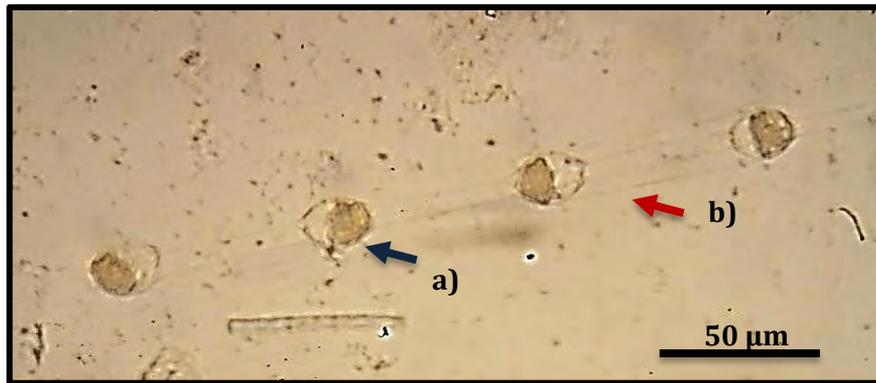
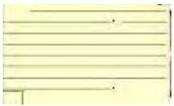


Figura 4.28 Vista valvar a) areolas a la mitad y b) espacio intercelular. Longitud 75 µm.



Descripción general: Células rectangulares con un largo de entre 70-92 µm algo redondeadas, en cadena curvadas y unidas por dos elevaciones largas y robustas valvares, un proceso labiado subcentral en primer cuarto manto. Espacio intercelular rectangular a cuadrangular. Areolas distintivamente grandes, elípticas a rectangulares cerradas por una criba compuesta (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).

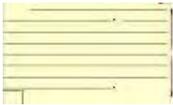


Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas tropicales y templadas. Oceánica. Registros en Europa, Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Croacia, Noruega, Islas Canarias, Australia, Brasil, Canadá, México en Baja California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

29. *Lithodesmium undulatum* Ehrenberg 1839



Figura 4.29 Vista valvar a) margen ondulado y b) pequeño y numerosos cloroplastos. Largo de 50 μm y ancho 60 μm .



Descripción general: Células solitarias o en cadenas rectas de un largo o alto de 50-70 μm y de 35 a 65 μm de ancho. Valvas triangulares con tres esquinas y margen ondulado. Cada valva tiene un proceso del cual sale un tubo alargado por el que se unen. Célula débilmente silicificada. Centro hialino en el área valvar. Con elevaciones en las esquinas de las valvas y ondulaciones en los bordes y junto a ellas tiene una depresión. Numerosos cloroplastos (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas cálidas a templadas. Nerítica y marina. Registros en Europa, Bretaña, Francia, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Croacia, Rumania, Australia, Argentina, Brasil, Ártico, Japón, China, Corea, Rusia, Taiwán, Canadá, Antártica, México en el Golfo de California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

30. *Melosira* sp

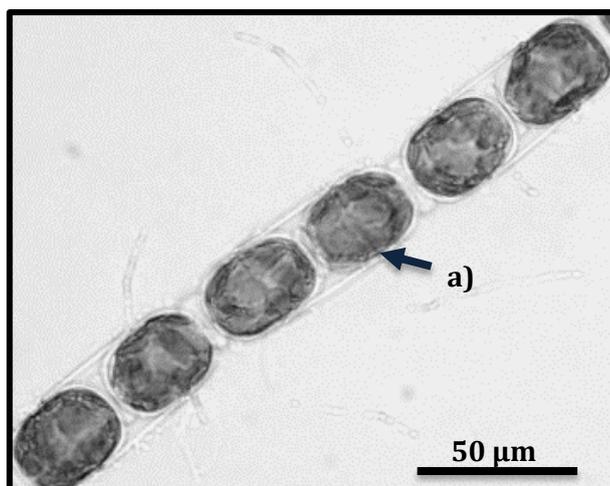


Figura 4.30 Vista valvar a) costilla en forma de collar.
Longitud 32 μm.



Descripción general: Las células de este género poseen formas circulares de una longitud de 25 a 32 μm y un ancho de 20-25 μm, valvas con pared uniforme en su estructura, poca ornamentación externa, caras valvares con estriación diversa, aparentemente lisas o con estrías marginales y centrales, margen de la valva con espinas cortas, una costilla membranácea circular en la mitad de la cara externa de la valva (collar) que dan aspecto de una píldora y un anillo de espinas irregulares en el ápice de la valva (corona). Las frústulas carecen de costillas, septos y espinas, pueden formar colonias (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas cálidas a templadas. Nerítica y marina. Registros en Europa, Bretaña, Francia, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Polonia, Irlanda, Croacia, Rumania, Alemania, Australia, Argentina, Brasil, Ártico, Japón, China, Corea, Rusia, Taiwán, Canadá, Antártica, Estados Unidos, México en el Golfo de California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

31. *Odontella aurita* (Lyngbye) C. Agardh 1832

v

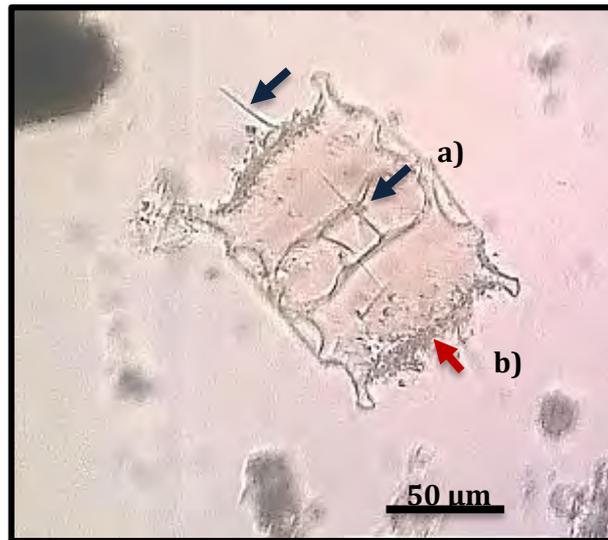


Figura 4.31 Vista valvar a) elevaciones de la valva y b) valva inflada en la parte media. Largo 50 μm y ancho 41 μm.



Descripción general: Células con elevación prominente, cara valvar plana, cóncava o abombada en el centro, frústulas rectangulares, con prolongaciones onduladas unidas por sus elevaciones para formar cadenas con longitud de 45-50 μm y ancho de 20- 45 μm). Valva elíptica con una elevación en cada uno de sus dos apéndices. Superficie valvar inflada en la parte media, con areolas radiales; de la parte excéntrica emergen dos elevaciones obtusas infladas en la base y divergentes. Cloroplastos pequeños y numerosos adheridos en su pared valvar (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas. Nerítica. Registros en Europa, Bretaña, Francia, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Australia, Brasil, Nueva Escocia, Taiwán, Singapur, Canadá, México Baja California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

32. *Odontella mobiliensis* (J. W. Bailey) Grunow 1884

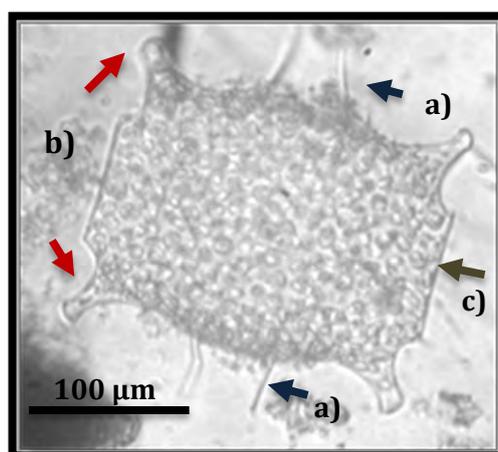


Figura 4.32 Vista valvar a) espinas largas, b) procesos valvares y c) faja valvar lisa. Ancho 175 μm y largo 200 μm .



Descripción general: Las células individuales o rara vez unidas en cadenas cortas por las largas espinas que se prolongan del centro. Válvas elíptico-lanceoladas, convexo, con una parte central sin ornamentación plana o casi plana. Longitud de un máximo de 240 μm y un ancho máximo 180 μm . Procesos de valvas delgados, que surgen dentro del margen de la valva, dirigida en diagonal hacia el exterior. Dos espinas largas colocados muy separados pero casi igual de lejos de los procesos, rectas o dobladas a menudo abruptamente en su parte exterior. Las células de pared relativamente delgada, sin una fuerte constricción entre la válvula y la zona de la faja. Numerosos pequeños cloroplastos se extiende contra la pared de la valva (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas. Nerítica. Registros en Europa, Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Australia, Brasil, Nueva Escocia, Canadá, México en Baja California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

33. *Rhizosolenia alata* Brightwell 1858



Figura 4.33 Vista valvar a) terminación en punta. Longitud 216 μm y ancho 28 μm .



Descripción general: Células alargadas, cilíndricas, rectas, solitarias o en colonias a menudo en forma de cadena. De largo 150-300 μm y ancho 25-30 μm . Valvas alargadas, cónicas, terminación en punta en los bordes terminales del organismo. Región valvar terminal algo dentada. Areolas de forma reticulada (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas. Nerítica y marina. Registros en Europa, Bretaña, Francia, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Croacia, Rumania, Australia, Argentina, Brasil, Ártico, Japón, China, Corea, Rusia, Taiwán, Canadá, Antártica, México en el Golfo de California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

34. *Rhizosolenia imbricata* Brightwell 1858

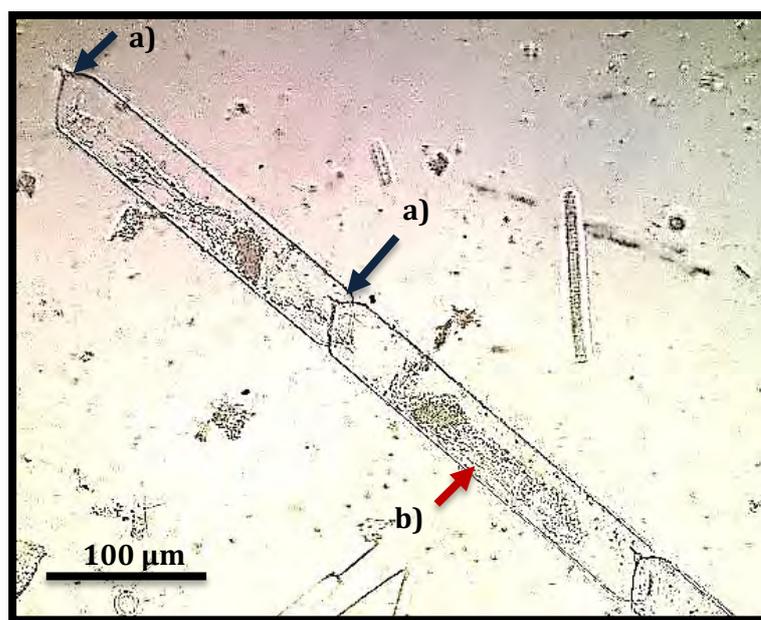


Figura 4.34 Vista valvar a) terminación valvar en cuña y b) escamas imbricadas. Largo 250 μm y ancho 35 μm .



Descripción general: Valvas cónicas, alargadas, que terminan en un proceso largo con forma de cuña y con dos alas que alcanzan el primer tercio del proceso. Con longitud hasta de 350 μm , y ancho 35-40 μm . Cíngulo alargado, compuesto por numerosas escamas imbricadas con líneas divergentes muy marcadas en la valva (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas. Nerítica y marina. Registros en Europa, Bretaña, Francia, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Croacia, Rumania, Australia, Argentina, Brasil, Ártico, Japón, China, Corea, Rusia, Taiwán, Canadá, Antártica, México en el Golfo de California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

35. *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve 1873



Figura 4.35 Vista valvar a) cloroplastos, b) centro hialino y c) anillo marginal. Longitud 52 µm.



Descripción general: Células discoides o esféricas, unidas en cadenas rectas de 35- 65 µm de largo. Forma colonias inseparables ya que los tubos externos que unen a las células están permanentemente unidos. Valvas convexas o planas con tres esquinas y margen ondulado. Cada valva tiene un proceso en forma de anillo marginal del cual sale un tubo alargado con el que se une al resto de la cadena. Célula débilmente silicificada. Centro hialino en el área valvar. Con elevaciones en las esquinas de las valvas y junto a ellas tiene una depresión. Numerosos cloroplastos (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas cálidas a templadas. Nerítica y marina. En aguas salobres y aguas estenohalinas. Registros en Europa, Bretaña, Francia, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Finlandia, Alemania, Croacia, Rumania, Australia, Argentina, Brasil, Japón, China, Corea, Rusia, Taiwán, Canadá, Antártica, México en el Golfo de California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

36. *Trigonium formosum* (A. Schmidt) Desikachary y Prema 1987

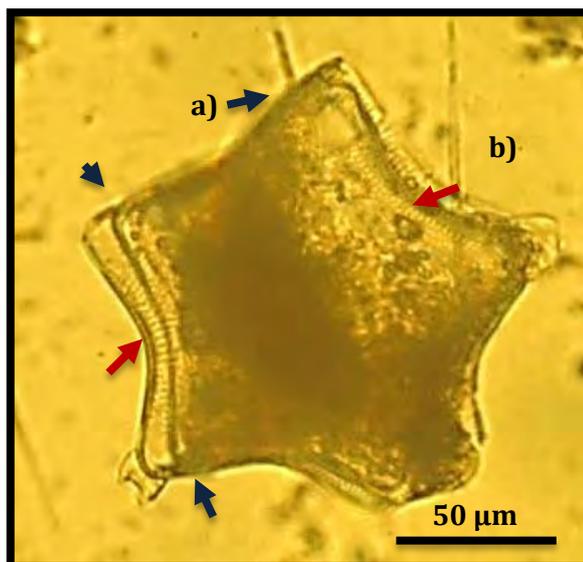


Figura 4.36. Vista valvar a) ángulos valvares y b) areolas dispuestas en filas. Ancho 125 μm.



Descripción general: Las células con multiángulos valvares con forma de estrella, rectangular en vista cingular. De 100-125 μm de ancho. Plástidos discoides. Un género netamente marino que crece generalmente en cadenas de zig-zag, unidos a las algas marinas. Valvas triangulares o multiangulares, elevadas en las esquinas; con mantos profundos y verticales. Superficie parecer suave, pero a alta magnificación pequeños gránulos puede verse a menudo. Areolas más o menos simples, dispuestas en filas que irradian desde el centro, cerradas externamente por una capa de sílice en el que hay un anillo de seis poros. Cíngulo profundo, que contiene poros. Cosmopolita, pero más ampliamente distribuido en aguas cálidas. También fósiles, desde el Eoceno tardío hasta la actualidad (Cupp, 1943), (DeBoy Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas. Nerítica. Registros en Europa, Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Australia, Brasil, Nueva Escocia, Canadá, México en Baja California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

División Bacillariophyta

Diatomeas pennadas

37. *Amphora* sp

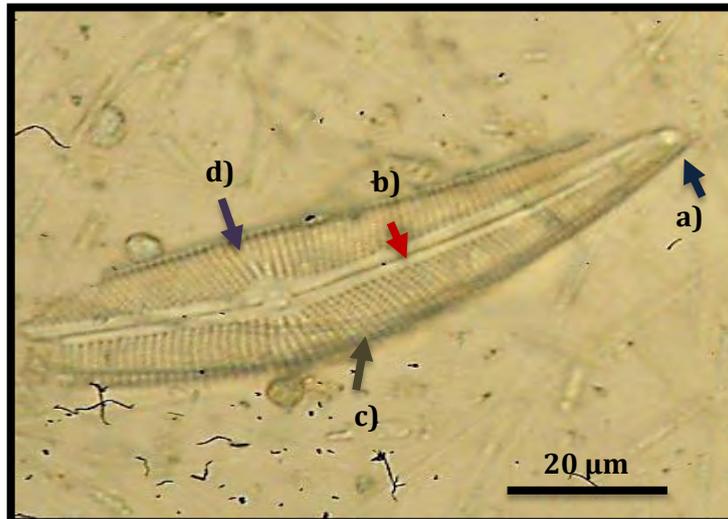
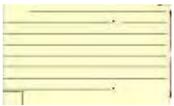


Figura 4.37 Vista valvar a) borde terminal truncado, b) rafe céntrico, c) estrías radiales y d) ensanchamiento central de la valva. Longitud 80 µm.



Descripción general: Las células de este género generalmente poseen un largo de entre 70-92 µm, tamaño mediano, frústula oval con extremidades algo redondeadas o truncadas, ensanchada en la parte media, con las valvas arqueadas y asimétricas según su plano apical. Con bandas de estrías fuertemente marcadas. Rafe muy bien marcado y curvo. Valvas con márgenes dorsales rugosos y arqueados que inician en parte media de la valva. Estrías dorsales radiales (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas salobres tropicales y templadas. Bentónica. Registros en Europa Británica, Mar Adriático, Mar Báltico, Francia, Alemania, Estados Unidos, Nueva York, Bolivia, España, Mar Negro, Polonia, Rumania, Francia, Islas Canarias, China en Taiwán, Irán, Israel, Canadá, Norte América en Florida, en el Golfo de México (Atlántico), Brasil, Colombia, (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

38. *Asterionellopsis glacialis* Round 1990

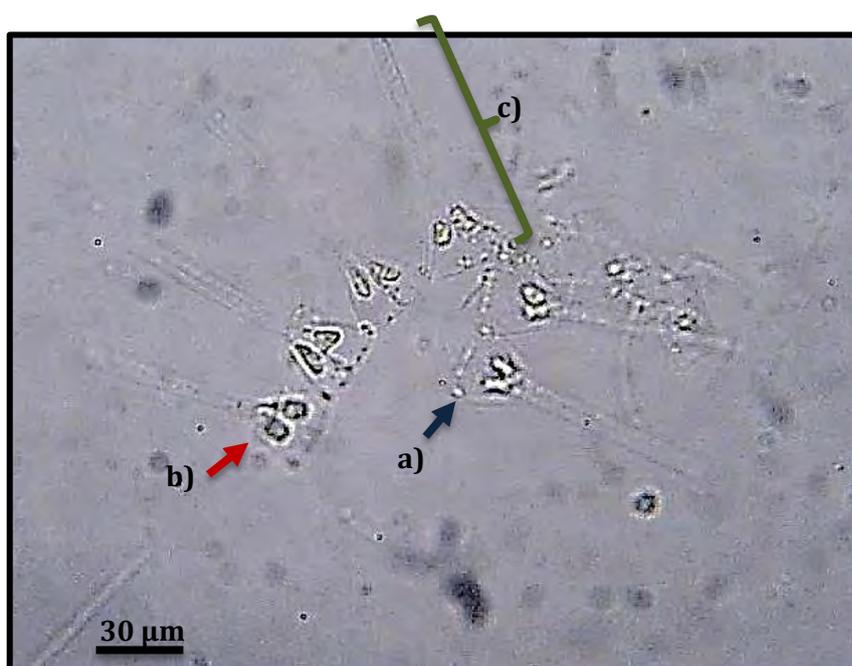
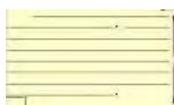


Figura 4.38 Vista valvar a) polo triangular, b) cloroplastos y c) célula completa. Longitud de la célula 96 μm y ancho 30 μm .



Descripción general: Células pequeñas con una longitud de 60- 100 μm , heteropolares estrechas con lados paralelos rectos expandidos, gruesos y redondeados, con un polo triangular amplio y redondeado, uno o dos cloroplastos ubicados en el polo. (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas costeras templadas y frías. Registros en Europa, Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Francia, Rumania, Croacia, Islas Canarias, Japón, China en Taiwán, Nueva Escocia, Canadá, México en el Golfo de California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

39. *Bacillaria paxillifer* (O.F.Müller) T. Marsson 1901



Figura 4.39 Vista valvar a) células apiladas y b) rafe. Longitud de 95 μm.



Descripción general: Células rectangulares y alargadas en colonias apiladas son deslizantes a lo largo en forma de líneas en un arreglo tabular unas sobre otras. Longitud de una sola célula 70-110 μm y un ancho de 5-9 μm. Rafe central que corre de polo a polo. Dos cloroplastos en forma de placa. Ornamentación a estrías paralelas (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita, litoral en aguas salobres cálidas y tropicales. Bentónica. Registros en Europa Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, Francia, Alemania, Estados Unidos, Nueva York, España, Mar Negro, Polonia, Rumania, Francia, Islas Canarias, China en Taiwán, Irán, Israel, Canadá, Australia, Nueva Zelanda, Norte América en Florida, en el Golfo de México (Atlántico), Brasil, Argentina, Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

40. *Caloneis amphisbaena* (Bory de Saint Vincent) Cleve 1894

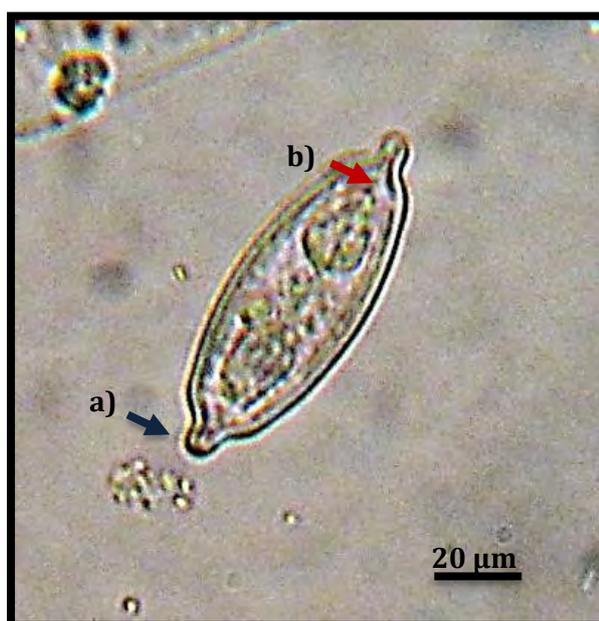


Figura 4.40 Vista valvar a) polos redondeados y b) rafe. Longitud 92 μm y ancho 32 μm .

Las células de este género son solitarias y simétricas con un ancho máximo de 36 μm . Valvas generalmente lineales, lanceoladas a elípticas, polos redondeados. Valva de cara plana o curva suavemente en mantos relativamente profundos. Axial y áreas centrales variables en forma. Fisuras terminal del rafe son por lo general distinta. Las estrías básicamente multi-seriadas pero por lo general también cámaras. La pared exterior de las cámaras (alvéolos) perforada. Debido a que la estructura de *Caloneis* es tan similar a la de *Pinnularia*, algunos investigadores han incluido dentro de *Caloneis* a *Pinnularia*. Tradicionalmente, los géneros han sido separados por la forma de sus alvéolos. Los alvéolos de *Caloneis* son por lo general más fina y más densa que las de *Pinnularia* (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea- Durán y Luna, 1999)



Distribución global y hábitat: Cosmopolita, litoral en aguas salobres cálidas y tropicales. Bentónica. Registros en Europa Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, Alemania, Estados Unidos, Nueva York, España, Mar Negro, Polonia, Rumania, Francia, China, Irán, Israel, Canadá, Australia, Nueva Zelanda, Norte América en Florida, en el Golfo de México (Atlántico), (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

41. *Climacosphenia moniligera* Ehrenberg, 1843

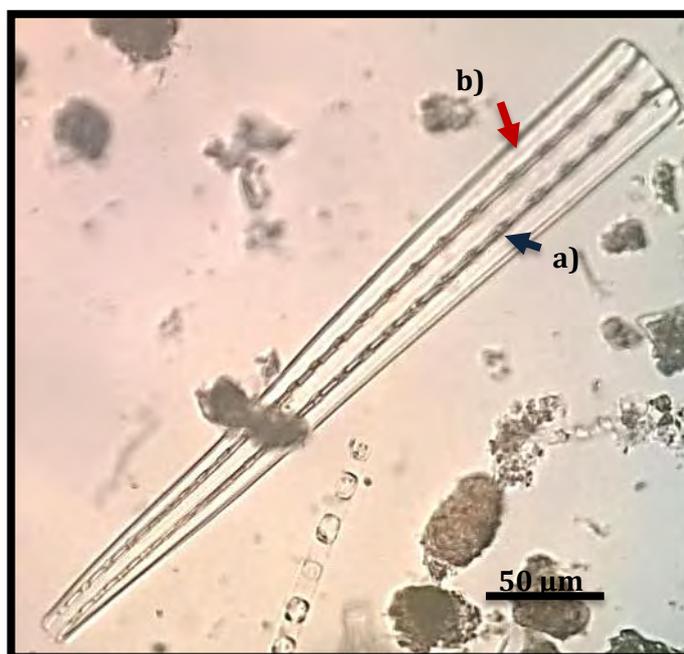


Figura 4.41 Vista valvar a) septos y b) bandas intercalares. Longitud 326 µm y ancho máximo 37 µm.



Descripción general: Célula de lados rectos en forma de cuña en vista cingular y valvar. Longitud entre 300-370 µm y una anchura máxima de 45 µm. Bandas intercalares con números septos, ensanchándose gradualmente de arriba abajo. Valva en forma de garrote y puntas redondeadas, ensanchándose hacia el polo inferior. Unidos por los tallos en la parte basal. En vista valvar se aprecian ventanas de forma rectangular a elíptica con las esquinas redondeadas (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas cálidas en regiones protegidas. Registros en Europa, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Japón, China en Taiwán, Nueva Escocia, Canadá, México en el Golfo de California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

42. *Diploneis* sp

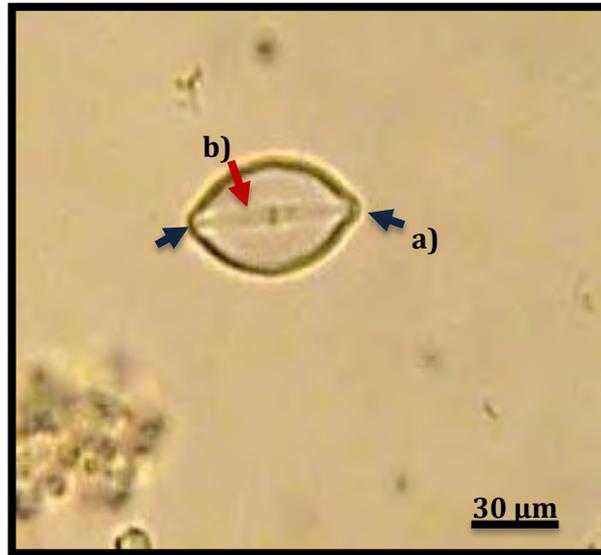


Figura 4.42 Vista valvar a) ápices redondeados y b) rafe. Longitud 70 μm y ancho 45 μm .



Descripción general: Este género presenta válvulas lineal-elíptica con ápices redondeados ampliamente, constreñidas en el centro. Longitud máxima de 75 μm y ancho 45 μm . El rafe se encuentra entre fuertes elevaciones silíceas. La mediana de las costillas se estrecha suavemente desde el centro hacia los extremos. Zona central relativamente pequeña, formando una irregular, redondeado a rectangular área hialino. Canales longitudinales cruzados por estrías. (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas cálidas en regiones protegidas. Registros en Europa Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Finlandia, Rumania, Japón, China en Taiwán, Nueva Escocia, Canadá, México en el Golfo de California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Brasil, Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

43. *Entomoneis* sp

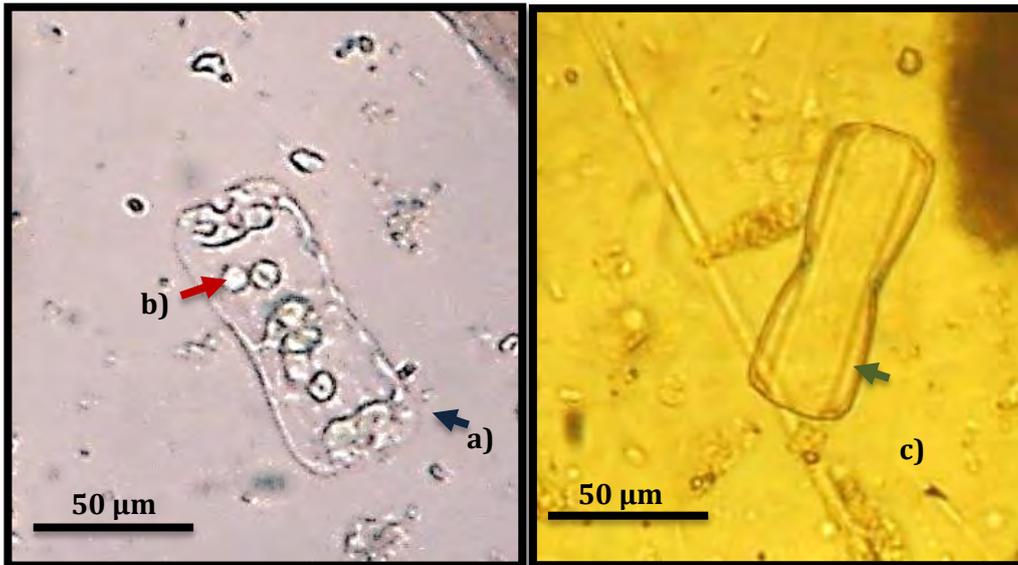
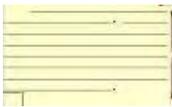


Figura 4.43 Vista valvar a) valva plana y bordes redondeados, b) cloroplastos y c) bandas estrechas. Longitud 92 µm.



Descripción general: Frústulas comprimidas por el centro, lanceoladas o lineales, así la valva tiene una “cintura” bien marcada. Longitud de 80-100 µm. Superficie valvar estriada y en forma radial. Cíngulo compuesto de bandas estrechas y estriadas, cloroplastos centrales (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas y salobres. Bentónica. Registros en Europa Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Finlandia, Rumania, Japón, China en Taiwán, Nueva Escocia, Canadá, México en el Golfo de California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Brasil, Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

44. *Grammatophora marina* (Lyngbye) Kützing 1844

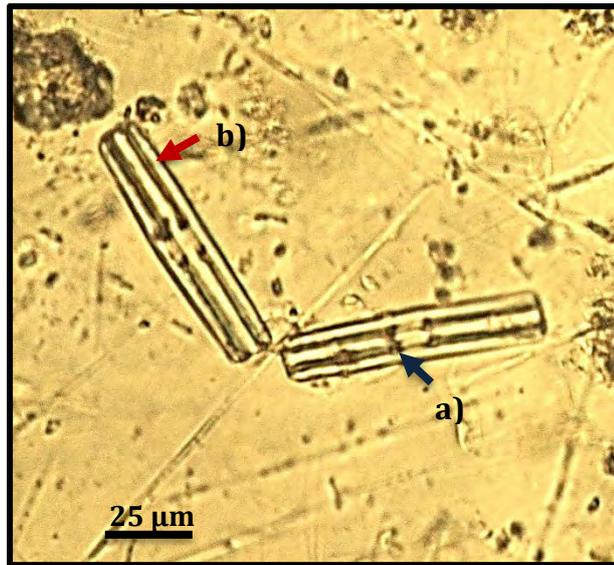
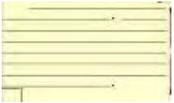


Figura 4.44 Vista valvar a) septos y b) estrías. Longitud 80 μm y ancho 15 μm.



Descripción general: Células en colonias unidas en cadenas generalmente en forma de zig-zag. Rectangulares en vista valva a cuadradas en vista cingular. Valva lineal conseudorrafe. Superficie de la valva con pequeñas areolas dispuestas en estrías llamados septos, de longitud entre 72 -80 μm (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).

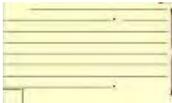


Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas y salobres. Bentónica. Registros en Europa Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Francia, España, Finlandia, Rumania, Japón, China en Taiwán, Nueva Escocia, Canadá, México en el Golfo de California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Brasil, Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

45. *Gyrosigma* sp



Figura 4.45 Vista valvar a) margen aserrado y b) forma sigmoide. Longitud 87 - 93 µm.



Descripción general: Las células de este género poseen valvas lineares o lanceoladas usualmente sigmoides de longitud entre 70-100 µm). Ápices gradualmente atenuados, polos agudos. Rafe axial sigmoide. Estrías en sentido transversal y longitudinal. Dos cloroplastos en forma de banda larga y angosta uno en cada valva, con margen valvar aserrado (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea- Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas y salobres. Registros en Europa Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Islas Canarias, Francia, España, Alemania, Portugal, Finlandia, Rumania, Japón, China en Taiwán, Nueva Escocia, Canadá, México en el Golfo de California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico), Brasil, Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

46. *Licmophora abbreviata* C. Agardh 1831

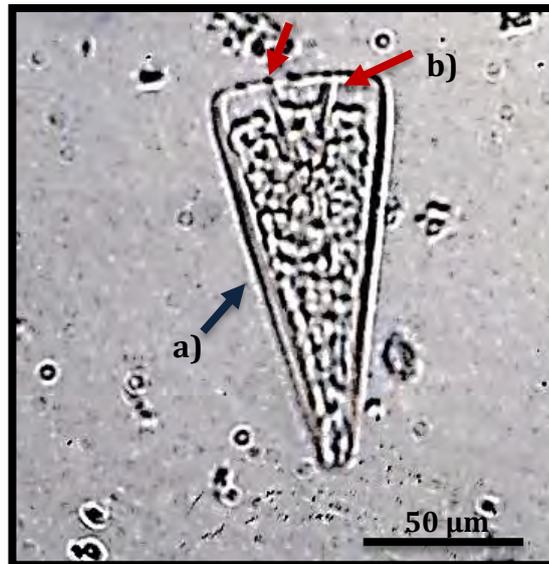
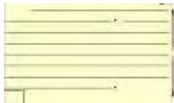


Figura 4.46 Vista valvar a) valva triangular y b) dos estriás muy bien marcadas. Longitud de 117 μm y ancho 20 μm .



Descripción general: Especies del género *Licmophora* son un componente común de las comunidades epífitas. Pueden estar solas o juntas formando colonias. Valvas de forma triangular. De tamaño entre 110 μm de largo y de la parte más ancha de 30. 50 μm . Cuneadas en ambas vistas, las válvas son espatuladas cuneiforme en vista valvar. Frústulas que forman normalmente colonias unidas por una ramificación de tallos o almohadillas de mucílago. Estrías paralelas en el polo más ancho que van adelgazándose hacia el polo contrario (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita litoral en aguas tropicales y templadas. Registros en Europa, Bretaña, Mar Báltico, España, Mar Negro, Rumania, Islas Canarias, China en Taiwán, Japón, Norte América en Canadá, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

47. *Licmophora gracilis* (Ehrenberg) Grunow 1867

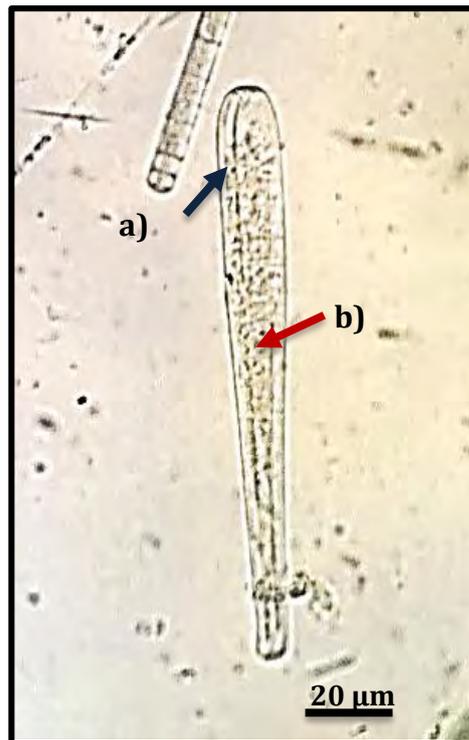


Figura 4.47 Vista valvar a) estrías y b) cloroplastos granulares. Longitud de 135 μm y ancho de 35 μm.



Descripción general: Células en forma de cuña que se estrechan desde el polo apical en vista cingular y en forma de mazo en vista valvar. Longitud 110-135 μm y ancho 35 μm. Valvas con estrías. Presencia de un pseudorafe estrecho. Cloroplastos numerosos, pequeños y granulares o pocos, grandes y aplanados (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita litoral en aguas tropicales y templadas. Registros en Europa, Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Rumania, Islas Canarias, China en Taiwán, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

48. *Lyrella* sp

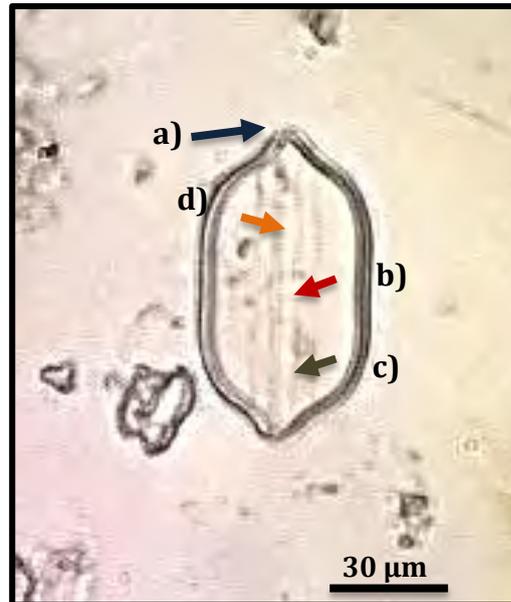


Figura 4.48. Vista valvar a) valva redondeada, b) área hialina, c) estrías paralelas y d) rafe. Longitud 76 μm y ancho de 40 μm.



Descripción general: Las células de este género son solitarias de ovaladas a naviculoides. Longitud máxima de 105 μm y ancho de entre 35-40 μm. Las valvas son fuertemente silicificadas, lineales o lanceoladas con polos redondeados y prominentes la valva es plana o ligeramente ondulada, estrías fuertes dispuestas en una sola serie lateral al rafe, con poroides redondeados; rafe central y recto, área hialina céntrica. Dos a cuatro cloroplastos por cada célula. (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).

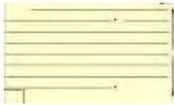


Distribución global y hábitat: Cosmopolita marino en aguas tropicales y templadas, sedimentos arenosos. Registros en Europa, Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Rumania, Islas Canarias, China en Taiwán, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

49. *Navicula sp*



Figura 4.49 Vista valvar a) nódulo del rafe. Longitud 41 μm y ancho 14 μm.



Descripción general: Las células de este género tiene las valvas en forma lanceolada, lineal o elíptica, con ligeras terminaciones redondeadas de longitud promedio de longitud 40 μm y ancho de 10-17 μm. Las células son rectangulares en vista cingular. Ambas valvas tienen un rafe longitudinal central con un nódulo (bulto) en el medio. Superficie de la valva está cubierto de estrías transversales que se cruzan por estrías longitudinales más finas. Dos cloroplastos están presentes, uno a cada lado del rafe (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea- Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita marino en aguas tropicales y templadas, en sedimentos arenosos. Registros en Europa, Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Rumania, Islas Canarias, China en Taiwán, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

50. *Navicula distans* (W.Smith) Ralfs 1861



Figura 4.50. Vista valvar a) nódulo central y b) cloroplastos. Longitud 85 μm y ancho 25 μm.



Descripción general: Células móviles que forman cadenas en forma de listón. Las valvas son lineales a elípticas con terminaciones redondeadas truncadas o pronunciadas. Estrías paralelas o radiadas, finamente punteadas. Ambas valvas tienen rafe y nódulo central. Posee dos cloroplastos dispuestos en dos a cada lado del nódulo y hasta en ocho bandas. De longitud de hasta 130 μm y un ancho de 21-26 μm) (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita marino en aguas tropicales y templadas, en sedimentos arenosos. Registros en Europa, Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Rumania, Islas Canarias, China en Taiwán, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>). Asociadas a sustratos en el fondo, en el plancton debido a suspensión.

51. *Nitzschia longissima* (Brébisson) Ralfs 1861

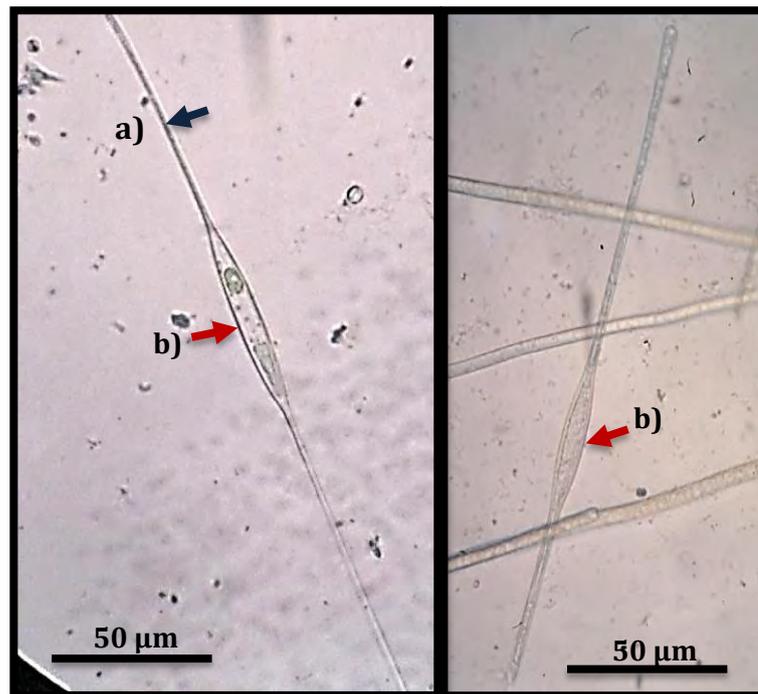


Figura 4.51 Vista valvar a) prolongaciones de la valva y b) espacio central. Longitud 225 µm y ancho 75 µm.



Descripción general: Células de valvas lineales a lanceoladas con proyecciones cónicas muy largas de longitudes 125 a 430 µm y ancho 7-10 µm, rafe con fíbula y un gran espacio central. Se observan fisuras y el nódulo central. Estrías transversas e interestrías visibles en microscopio de luz (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita marino en aguas tropicales y templadas. Litoral y bentónica. Registros en Europa, Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Rumania, Islas Canarias, China en Taiwán, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>). Asociadas a sustratos en el fondo y en la superficie nunca en grandes densidades.

52. *Pinnularia* sp

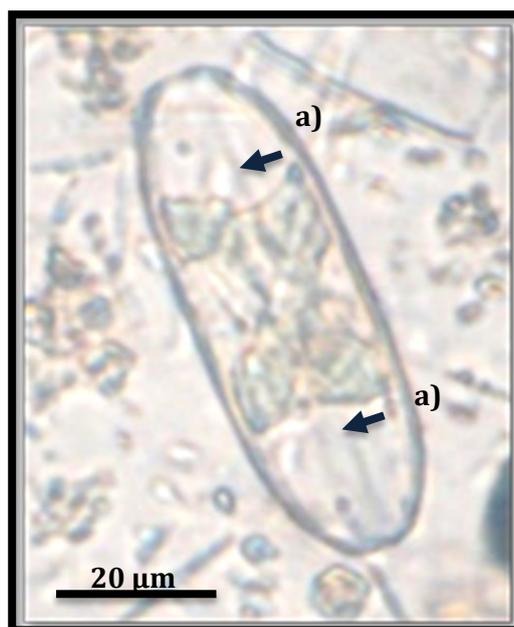


Figura 4.52 Vista valvar a) rafe. Ancho de 22 μm.



Descripción general: Las células de este género poseen valvas fusiformes a casi elíptica, con márgenes paralelos en los especímenes más grandes y simétricas, longitudes máximas de hasta de 90 μm y ancho de 24 μm. Los ápices pueden ser redondeados, truncados o apiculados. La zona axial es estrecha cerca de los ápices, convirtiéndose más amplia hacia la zona central. La zona central es una amplia fascia, rómbica. El rafe es débilmente lateral y recto. Extremos del rafe proximal son claramente inflados y desviados lateralmente. Las estrías se irradian fuertemente cerca de la zona central, convirtiéndose en paralelo, entonces convergente cerca de los ápices (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita marino en aguas tropicales y templadas. Registros en Europa, Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Irlanda, Polonia, Rumania, Islas Canarias, China en Taiwán, Estados Unidos, en el Golfo de México (Atlántico), Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

53. *Pleurosigma* sp

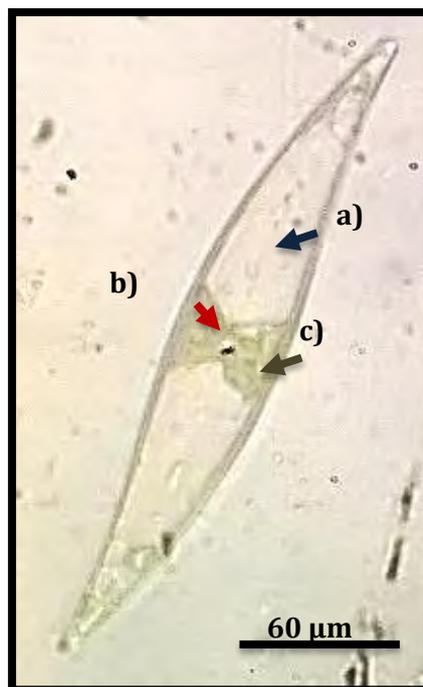


Figura 4.53 Vista valvar a) rafe, b) nódulo central y c) cloroplastos. Longitud 249 μm y ancho 42 μm .



Descripción general: Las células de este género poseen valvas rómbico-lanceoladas más en forma sigmoide. Rafe usualmente sigmoideo central o casi recto. De entre 150- 250 μm de largo y ancho de 40-45 μm . Estrías finamente punteadas en líneas oblicuas y trasversales. Nódulo central pequeño o redondeado. Células estrechas en vista cingular. Cloroplastos dispuestos en dos bandas de manera céntrica. Numerosos pirenoides presentes en la mayoría de las especies, areolas dispuestas en un ángulo de 45 grados con respecto al eje, carácter que hace que difiera de *Gyrosigma* (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita marino en aguas tropicales y templadas. Marinas y salobres. Registros en Europa, Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Francia, Irlanda, Polonia, Rumania, Islas Canarias, China en Taiwán, Estados Unidos, Canadá, en el Golfo de México (Atlántico), Brasil, Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

54. *Pseudo-nitzschia* sp

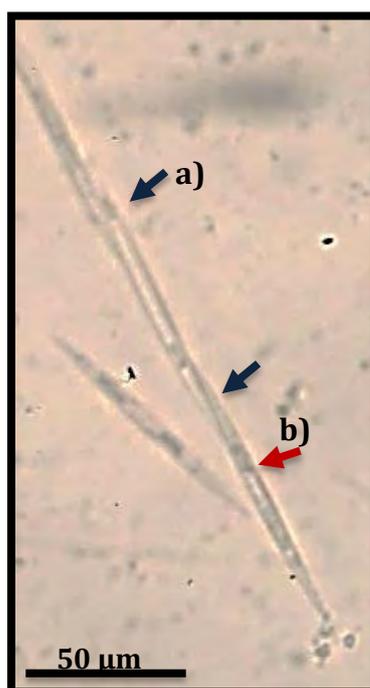


Figura 4.54. Vista valvar a) valvas unidas por las esquinas y b) cloroplastos. Longitud 87 μm y ancho 5 μm .



Descripción general: Las células de este género son muy pequeñas desde 60-110 μm de longitud y de 5-25 μm de ancho de este género forma cadenas móviles caracterizadas por estar encimadas en las esquinas a un tercio o poco más de la longitud de la célula. Cada célula contiene dos cloroplastos, a cada una de sus extremidades, y un núcleo central. Los frústulas suelen ser lineales o lanceoladas con terminación en punta, rectangulares o fusiformes en vista cingular. El rafe es excéntrico y no elevado por encima de la superficie valvular. No se le conocen esporas resistentes (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita marino en aguas tropicales y templadas. Registros en Europa, Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Francia, Dinamarca, Irlanda, Polonia, Rumania, Alemania, Irlanda, Islas Canarias, China en Taiwán, Estados Unidos, Canadá, en el Golfo de México (Atlántico), Brasil, Colombia (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>). Provoca mortalidad de peces, aves y mamíferos marinos, intoxicación amnésica por consumo de mariscos (ASP), en el humano provoca la pérdida de memoria reciente.

55. *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Mereschkowsky 1902

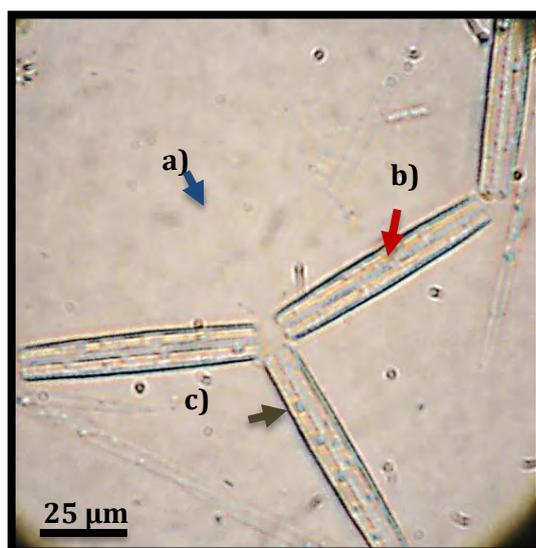
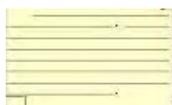


Figura 4.55 Vista valvar a) cadenas en zig-zag, b) rafe y a) areolas. Longitud 70 μm y ancho 12 μm .



Descripción general: Células con frústulas isopolares, polos redondeados, lineales en vista valvar y en ocasiones se llega a ver ligeramente ensanchada en la parte media, en vista cingular estrechas y lineales a menudo ligeramente curvadas de longitud máxima de 90 μm y ancho 10 μm). Lados paralelos y terminaciones redondeadas. Espinas marginales pequeñas. Una línea marginal de areolas. Células unidas por mucílago en un polo en cadena en forma de estrella o zig-zag (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas de temperaturas templadas. Neríticas. Registros en Europa, Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Francia, Croacia, Rumania, Islas Canarias, Brasil, Colombia, China en Taiwán, Canadá, Australia, Antártica, México en Baja California (Pacífico) en el Golfo de México (Atlántico), (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

56. *Thalassiothrix longissima* Cleve y Grunow 1880

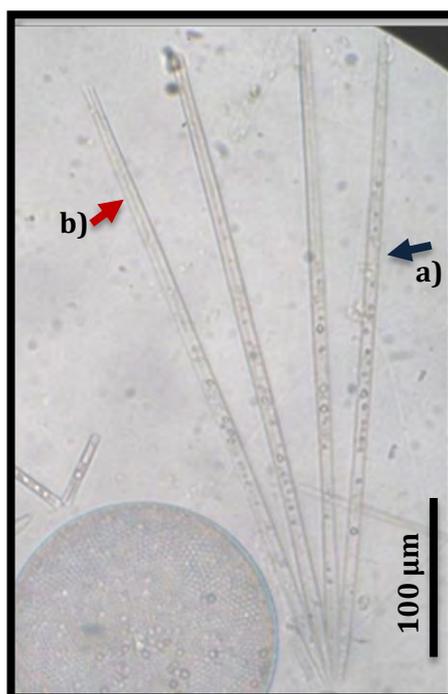


Figura 4.56 Vista valva a) septos y b) rafe. Longitud 225 μm.

Descripción general: Las células son muy largas y más o menos en forma filiforme longitud mínima de 80 μm y una máxima de 300 μm, generalmente viven solos; valvas lineales muy estrechas, extremos ligeramente entrecerrados, más aún en un extremo que en el otro; esquinas de las valvas con espinas delicadas, alrededor de 3 en 10 micras en la parte media de la celda, menos hacia los extremos o totalmente ausentes. Unidas por un polo con mucílago. A veces toda la célula es sin espinas marginales pero posee septos en la valva (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas. Neríticas. Registros en Europa, Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Francia, Croacia, Rumania, Islas Canarias, Brasil, Perú, Colombia, China en Taiwán, Canadá, Australia, Antártica, México Baja California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

División Ochrophyta

Silicoflagelados

57. *Dictyocha fibula* Ehrenberg 1837

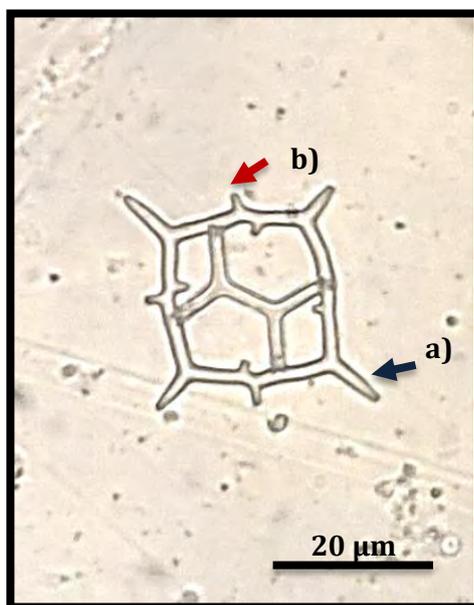


Figura 4.57 Vista del esqueleto silíceo a) espinas radiales y b) espinas del puente. Ancho con espinas radiales más largas 39 μm .



Descripción general: Esqueleto silíceo de forma cuadrada a romboide con ancho máximo de 40 μm). Con cuatro espinas radiales a cada uno de los extremos, dos de ellas más largas, las espinas del puente apical son evidentes y se localizan cerca de las uniones de las barras laterales y basales (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea-Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas y cálidas. Oceánico y nerítico. Registros en Europa, Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Francia, Croacia, Rumania, Islas Canarias, China en Taiwán, Canadá, Australia, Antártica, Argentina, México en Baja California (Pacífico) (Atlántico), en el Golfo de México. Afecta a los peces en branquias provocando irritación y mucus. Productor de mareas rojas. (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

58. *Dictyocha speculum* Ehrenberg, 1837

59.

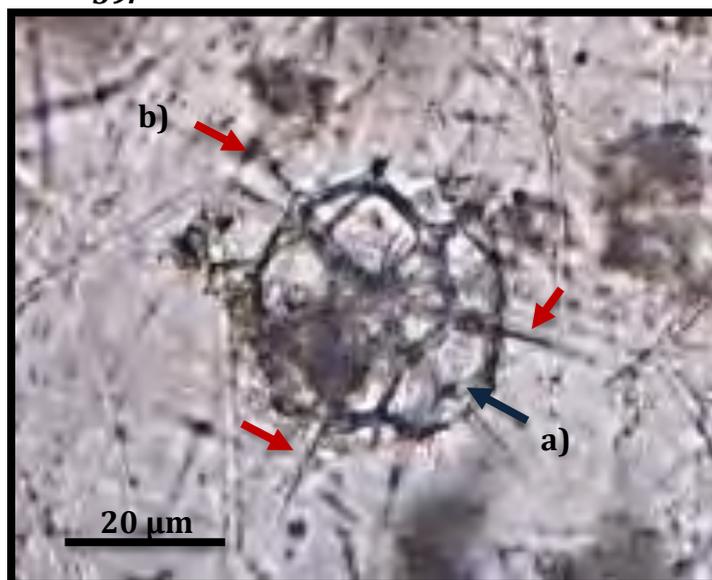


Figura 4.58 Vista al esqueleto silíceo a) anillo hexagonal y b) espinas. Ancho 75 μm.



Descripción general: Las células son solitarias, más o menos esféricas y hexagonales. El esqueleto de sílice externo se compone de elementos tubulares y consta de dos anillos hexagonales basales, con seis espinas que irradian desde las esquinas del gran anillo con un ancho de 65-75 μm. Los cloroplastos son marrones. Contenido de la celda se llevan a cabo en el interior del esqueleto por seis pequeñas espinas que sobresalen a los lados de la gran anillo (Cupp, 1943), (DeBoyd Smith, 1977), (Fensome *et al.*, 1993), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Licea- Durán, 1974), (Licea-Durán y Luna, 1999).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas a frías. Oceánico y nerítico. Registros en Europa, Bretaña, Mar Adriático, Mar Báltico, España, Mar Negro, Francia, Rumania, Islas Canarias, Australia, Antártica, Argentina, México en Baja California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

Dinophyta

Dinoflagelados tecados

59. *Ceratocorys horrida* Stein 1883

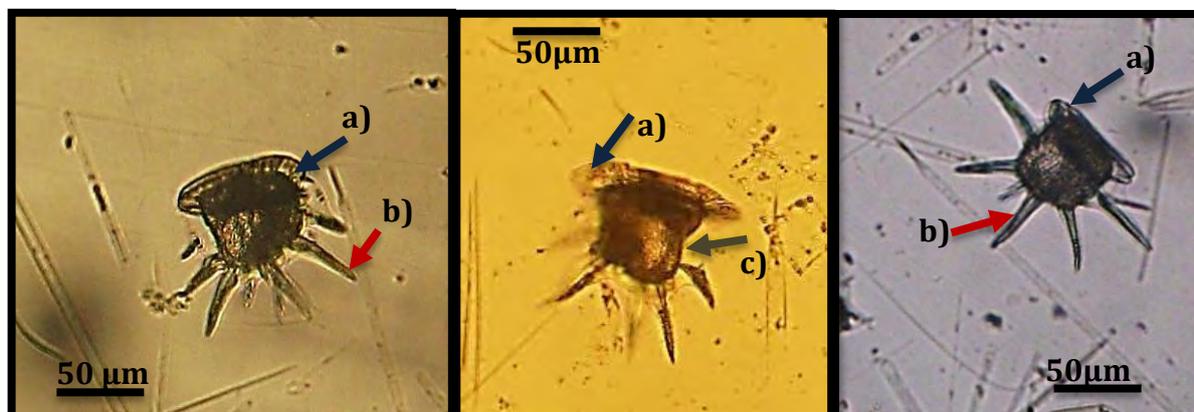


Figura 4.59 Vista lateral a) aletas cingulares, b) apéndices de la hipoteca y c) hipoteca con un ensanchamiento. Longitud de 55, 60 y 65 µm respectivamente y ancho de 50 µm de todos.

Descripción general: Células solitarias de talla mediana (longitud 52-80 µm, ancho 50-75 µm). Cuerpo de forma más o menos trapezoidal con las costillas marcadas. Generalmente más o menos aplastados bilateralmente, sobre todo en la parte posterior a la hipoteca. Epiteca menor que la hipoteca. Hipoteca con presencia de espinas posteriores o apéndices espiniformes con un eje cilíndrico rodeado por membranas, más o menos desarrollados, a veces muy largos. 5 apéndices bien a medianamente desarrollados, uno ventral, uno dorsal y tres antapicales, cada uno tienen un eje central fuertemente dentado, con ramificación terminal. Membranas cingulares amplias y con radios. Ornamentación de poros. Cíngulum netamente desplazado hacia adelante. Tecas bien esculpidas, casi siempre oscuras (DeBoy Smith, 1977), (Balech, 1988) (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010) (Parra-Toriz *et al.*, 2010), (Okolodkov 2014).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas tropicales y templadas. Nerítico y oceánico. Registros en Europa en el Mar Adriático, Mar Mediterráneo, Islas Canarias, China en Taiwán, Australia, Nueva Zelanda, Brasil, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

60. *Dinophysis caudata* Saville-Kent 1881

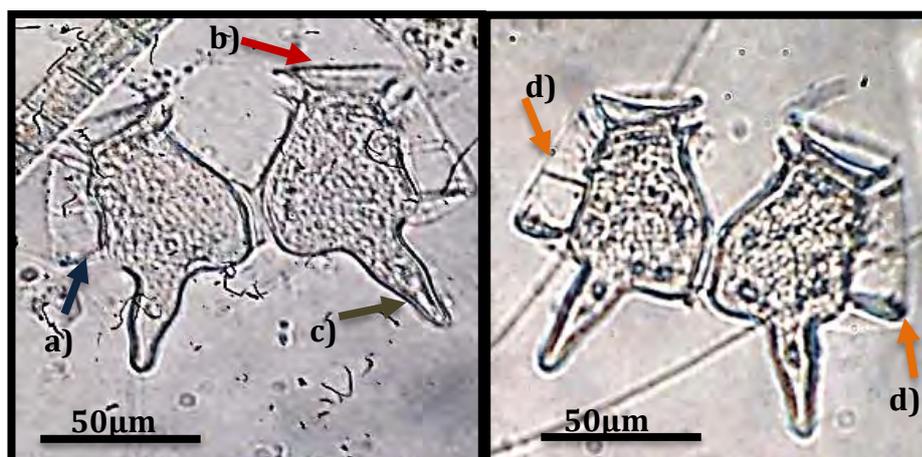


Figura 4.60 Vista lateral a) aleta sulcal, b) aletas cingulares, c) prolongación de la hipoteca y d) radios de la aleta sulcal. Longitud 80 y 87 µm, y 60 y 55 µm.

Descripción general: Células solitarias o regularmente en parejas, de talla grande con longitud 90-100 µm y un ancho de entre 50-60 µm. Forma irregularmente oval, alargada en vista lateral. Epiteca corta y baja con ligero aplastamiento en el centro. Hipoteca oval más o menos angosta en vista lateral, con una larga prolongación, un apéndice caudal bien definido y largo. Cíngulum convexo. Aletas cingulares anchas de desarrollo mediano o pobre, con o sin radios. Aleta sulcal izquierda bastante larga y amplia, con tres radios bien visibles. Esta aleta nunca se extiende muy atrás para expandirse en la región antapical. Placas tecales gruesas finamente areoladas y con poros (DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988) (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), (Parra-Toriz *et al.*, 2010), (Okolodkov 2014).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita Nerítica y estuarina en aguas templadas a tropicales; raramente encontrada en aguas frías, posible intruso en masas de agua templada. Común en aguas costeras del Pacífico mexicano y el Golfo de México. Análisis reciente de material fitoplanctónico de red proveniente de cruceros en el sureste del Golfo de México, revelan mayor diversidad de Dinophysiales en aguas oceánicas que costeras. Productora de ácido okadaico, implicado con DSP. Registros en Europa en el Mar Mediterráneo, Mar Negro, Mar Adriático, Mar Báltico, Islas Canarias, Croacia, Rumania, Francia, España, China en Taiwán, Australia, Nueva Zelanda, Baja California, Brasil, Cuba, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

61. *Gonyaulax spinifera* (Claparède y Lachmann) Diesing 1866

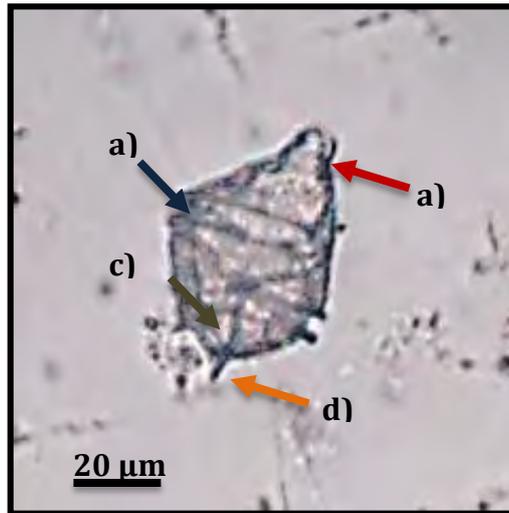


Figura 4.61 Vista ventral a) cíngulum excavado, b) cuello, c) sulcus ancho y d) espinas antapicales. Longitud 60 µm y ancho 40 µm.



Descripción general: Células solitarias pequeñas (40-59 µm de longitud y 38-42 µm de ancho), de aspecto tosco, cuello pequeño y lados bien marcados. Epiteca ligeramente mayor a la hipoteca. Hipoteca con dos espinas antiapicales bien desarrolladas con membranas laterales. Cíngulo fuertemente excavado, muy descendente con un entrecruzamiento pronunciado. Sulcus ancho. Escultura fuerte con areolas bastante grandes. (DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), (Parra-Toriz *et al.*, 2010), (Okolodkov 2014).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas frías, tropicales y templadas. Nerítico, estuario y oceánico. Presente en el océano Pacífico, océano atlántico y en el Golfo de México. Productor de mareas rojas. Registros en Europa en el Mar Adriático, Mar Báltico, Mar Negro, Mar Mediterráneo, Grecia, Francia, Islas Canarias, Bretaña, Rumania, Suecia, Irlanda, China en Corea, España, Australia, Nueva Zelanda, Brasil, Norte América en Golfo de California (Pacífico), en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

62. *Neoceratium candelabrum* (Ehrenberg) F. Gómez, D. Moreira y P. López-García 2010

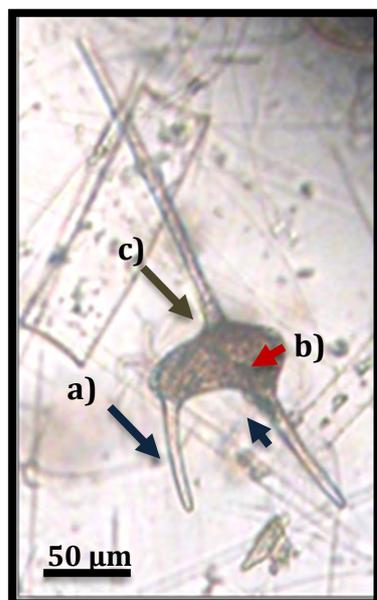


Figura 4.62 Vista dorsal a) cuerno antapical más corto, b) cingulum y c) cuerno apical levemente curvado. Longitud 325 µm y ancho de 85 µm.



Descripción general: Células solitarias o en cadenas, variando en el número de células que las forman. Especie de talla mediana con ancho 60-110 µm y longitud variable 220 -370 µm. La epitoca en forma de cono volteado que se estrecha hacia la hipoteca, cuerno apical levemente arqueado en el cuello. Epitoca con cuerno apical de longitud variable pero siempre más largo que los dos antapicales, hipoteca que se reduce hacia su lado derecho, donde también el cuerno antapical es más corto, sus cuernos antapicales son desiguales en longitud, el lado derecho es más largo del izquierdo (DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), (Parra-Toriz *et al.*, 2010), (Okolodkov, 2010).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas tropicales y templadas. Nerítico y oceánico. Registros en Europa en el Mar Adriático, Mar Báltico, Mar Negro, Mar Mediterráneo, Croacia, Francia, España, Islas Canarias, Bretaña, Rumania, Irlanda, India, China en Taiwán, Australia, Nueva Zelanda, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

63. *Neoceratium furca* (Ehrenberg) F. Gómez, D. Moreira y P. López-García
2010

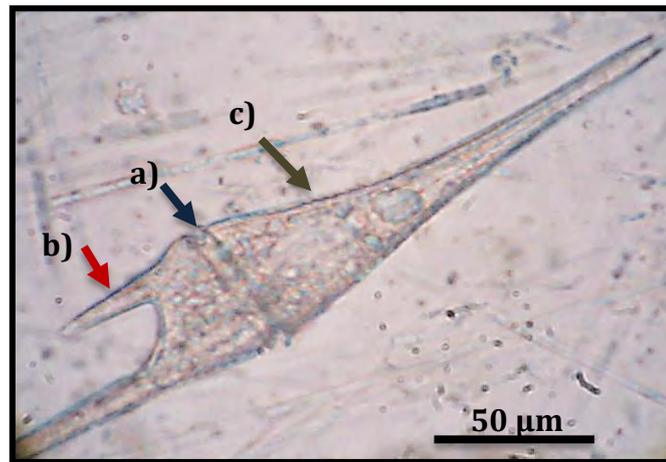
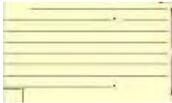


Figura 4.63 Vista dorsal a) cíngulum excavado, b) cuerno antapical corto y c) cuerno apical y teca denticulada. Longitud 225 µm y ancho 40 µm.



Descripción general: Células solitarias o en cadenas que por lo general se forman de dos a cuatro células, con un cuerno apical recto o ligeramente curvado. Epiteca con forma cónica muy bien marcada estrechándose gradualmente hacia el cuerno apical, hipoteca subcuadrangular. Cíngulum bien marcado y excavado. Cuernos antiapicales paralelos o ligeramente convergentes pero desiguales, el derecho de mayor longitud. Se llegan a ver denticulados. Especie de talla mediana con ancho de 20-42 µm), cuerpo robusto, angosto y largo de 209- 245 µm (DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), (Parra-Toriz *et al.*, 2010), (Okolodkov, 2010).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas salobres tropicales y templadas. Nerítico y oceánico. Su presencia decrece rápidamente a partir de los 50 m de profundidad. Especie productora de mareas rojas. Produce ácido sulfhídrico. Registros en Europa en el Mar Adriático, Mar Báltico, Mar Negro, Mar Mediterráneo, Croacia, Francia, Islas Canarias, Rumania, Irlanda, España, China en Taiwán, Suráfrica, Australia, Nueva Zelanda, Cuba, Norte América en Maryland, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

64. *Neoceratium fusus* (Ehrenberg) F. Gómez, D. Moreira y P. López-García
2010

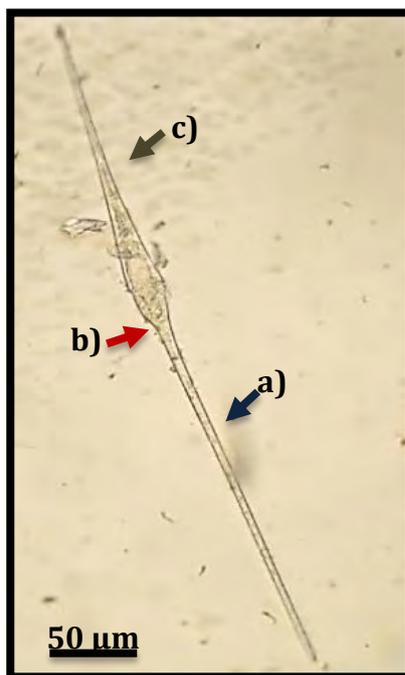


Figura 4.64 Vista dorsal a) cuerno antapical largo, b) cuerno antapical muy corto y c) cuerno apical. Longitud 405 µm.



Descripción general: Células solitarias de talla grande con longitud de 400-520 µm y un ancho de 10-25 µm, el cuerpo es alargado y delgado. Con epiteca e hipoteca de misma longitud. Epiteca con cuerno apical recto que va gradualmente adelgazándose con forma cilíndrica, hipoteca con antiapicales desiguales, el antapical izquierdo muy corto o rudimentario y un antapical derecho muy largo casi igual que el cuerno apical, recto o poco curvado (DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), (Parra-Toriz *et al.*, 2010), (Okolodkov, 2010).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas, frías, tropicales y templadas. Nerítico y Océanico. Registros en Europa en el Mar Adriático, Mar Báltico, Mar Negro, Mar Mediterráneo, Francia, Islas Canarias, Bretaña, Rumania, España, Irlanda, China en Taiwán, Australia, Nueva Zelanda, Antártida, Brasil, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

65. *Neoceratium lineatum* (Ehrenberg) F. Gómez, D. Moreira y P. López-García 2010

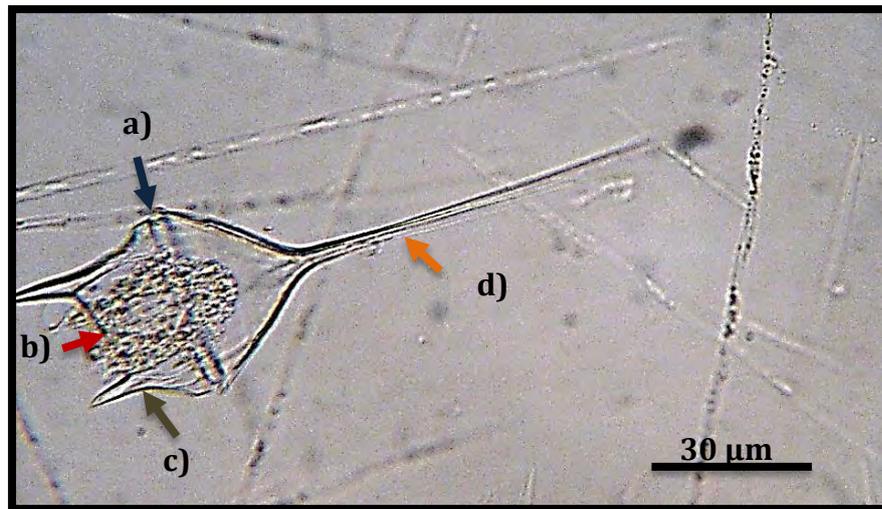


Figura 4. 65 Vista ventral a) cíngulum excavado, b) sulcus ancho, c) cuernos antapicales desiguales y d) cuerno apical. Longitud 118 µm.



Descripción general: Células solitarias de talla mediana con longitud 117-120 µm). Cuerpo alargado con la epiteca en forma de un triángulo más o menos con una brusca transición a un cuerno apical que es bastante largo y recto. Hipoteca con antapicales de desigual tamaño y un poco divergentes, terminan de manera puntiaguda, el izquierdo aproximadamente el doble en longitud comparado con el derecho. Ornamentación de crestas y poros. El cíngulum excavado (DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), (Parra-Toriz *et al.*, 2010), (Okolodkov, 2010).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas tropicales y templadas. Nerítico y oceánico. Registros en Europa en el Mar Adriático, Mar Báltico, Mar Negro, Mar Mediterráneo, Francia, Islas Canarias, Bretaña, Rumania, Irlanda, China en Taiwán, Australia, Nueva Zelanda, Antártida, Brasil, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

66. *Neoceratium lunula* (Schimper ex Karste) F. Gómez, D. Moreira y P. López-García 2010

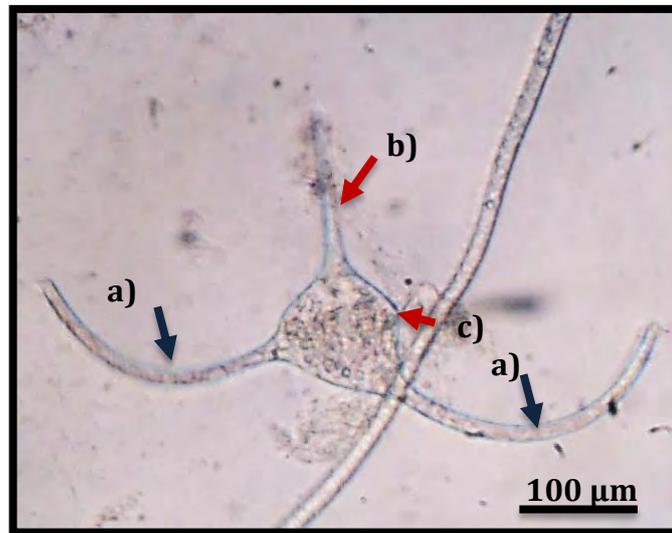
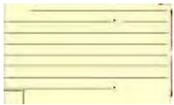


Figura 4.66 Vista dorsal a) cuernos antapicales, b) cuerno apical y c) cíngulum inclinado. Longitud 213 μm y ancho de 100 μm .



Descripción general: Células solitarias o en cadenas hasta de cuatro células. Especie de talla mediana- grande (longitud 170- 420 μm , transdiámetro o ancho de 96-100 μm). Cuerpo grande, ancho y corto. Epiteca casi triangular y casi simétrica, con lados casi rectos y más largos que la hipoteca; cuerno apical generalmente corto, ya que forma cadenas en las cuales a primera célula cuenta con el cuerno apical largo y muy corto en las células subsecuentes. Hipoteca muy baja de borde curvado, continuado en dos robustos cuernos divergentes, regularmente curvados, cuernos antapicales muy largos. Redondeados en la base y divergentes (DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988, (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), (Parra-Toriz *et al.*, 2010), (Okolodkov, 2010).



Distribución global y hábitat: **Cosmopolita** en aguas tropicales y templadas. Nerítico y oceánico. Especie oligofótica. Registros en Europa en el Mar Adriático, Mar Mediterráneo, Islas Canarias, China en Taiwán, Australia, Nueva Zelanda, Antártida, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

67. *Neoceratium macroceros* (Ehrenberg) F. Gómez, D. Moreira y P. López-García, 2010

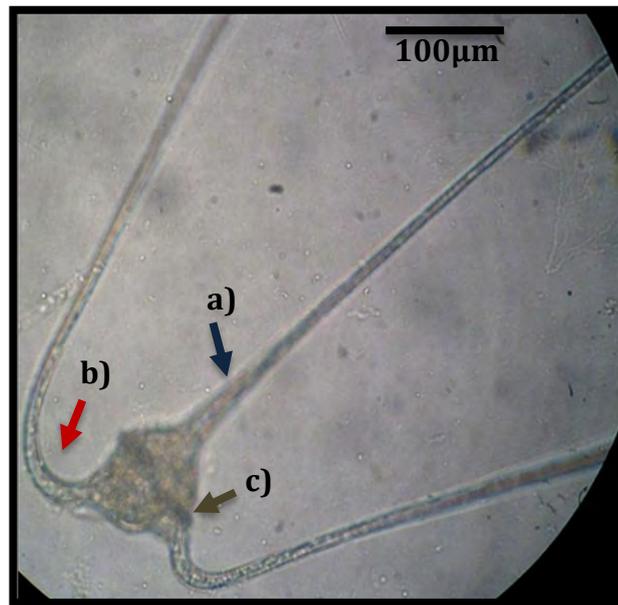


Figura 4.67 Vista ventral a) inclinación del cuerno apical, b) curvatura de los cuernos antapicales y c) cíngulum inclinado. Longitud de 566 µm.



Descripción general: Células solitarias de tamaños medianos a grandes con una longitud máxima de 600 µm, y un transdiámetro 70-100 µm). Epiteca con forma triangular con cuerno apical largo, recto y un poco inclinado a la derecha. Hipoteca con cuernos antapicales delgados y largos, los cuernos antapicales tienen mayor divergencia al dirigirse hacia atrás y luego forman una curvatura regular al volverse hacia adelante; en esa curva presentan con frecuencia puede haber algunas espinas pequeñas. Curvatura más brusca, que forma ángulo en el cuerno izquierdo del cuerpo menos pronunciado que el derecho. Cíngulum inclinado hacia el cuerno antapical derecho (DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010) (Parra-Toriz *et al.*, 2010), (Okolodkov, 2010).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas frías, tropicales y templadas. Nerítico y oceánico. Registros en Europa en el Mar Adriático, Mar Báltico, Mar negro, Mar Mediterráneo, Croacia, Francia, Islas Canarias, Bretaña, Irlanda, China en Taiwán, Suráfrica, Australia, Nueva Zelanda, Norte América, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

68. *Neoceratium massiliense* (Gourret) F. Gómez, D. Moreira y P. López-García, 2010

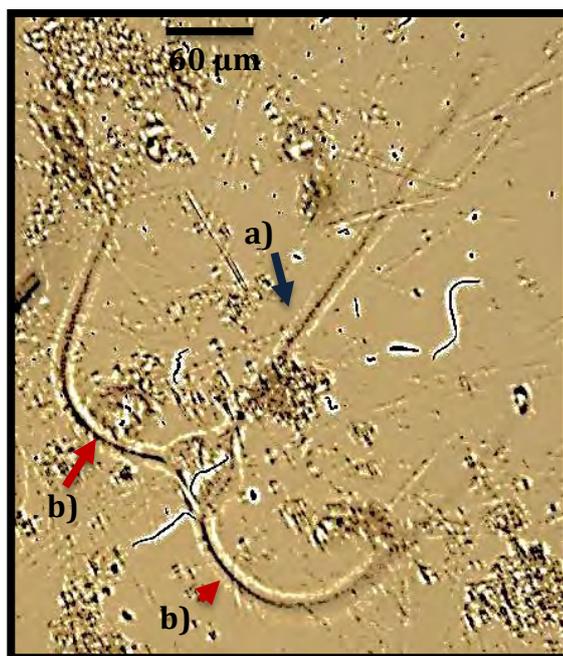


Figura 4.68 Vista dorsal a) cuerno apical y b) curvatura de los cuernos antapicales. Largo de 360 μm.



Descripción general: Células solitarias o en cadenas. Por lo general de tres células. Especie de talla mediana con longitud 280 a 400 μm y ancho o transdiámetro de 60 a 72 μm), Epiteca más corta que la hipoteca con el cuerno apical de mayor longitud que los antapicales, recto y ancho en la base. Cuerpo de configuración triangular. Hipoteca con cuernos antapicales delgados y largos con casi la misma curvatura, que divergen entre sí, el borde posterior presenta una membrana que por lo general se observa en el lado izquierdo (DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), (Parra-Toriz *et al.*, 2010), (Okolodkov, 2010).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas tropicales y templadas. Nerítico y oceánico. Termófila. Registros en Europa en el Mar Adriático, Mar Negro, Mar Mediterráneo, Croacia, Francia, Islas Canarias, Bretaña, Irlanda, China en Taiwán, Australia, Nueva Zelanda, Norte América, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

69. *Neoceratium ranipes* (Cleve) F. Gómez, D. Moreira y P. López-García, 2010

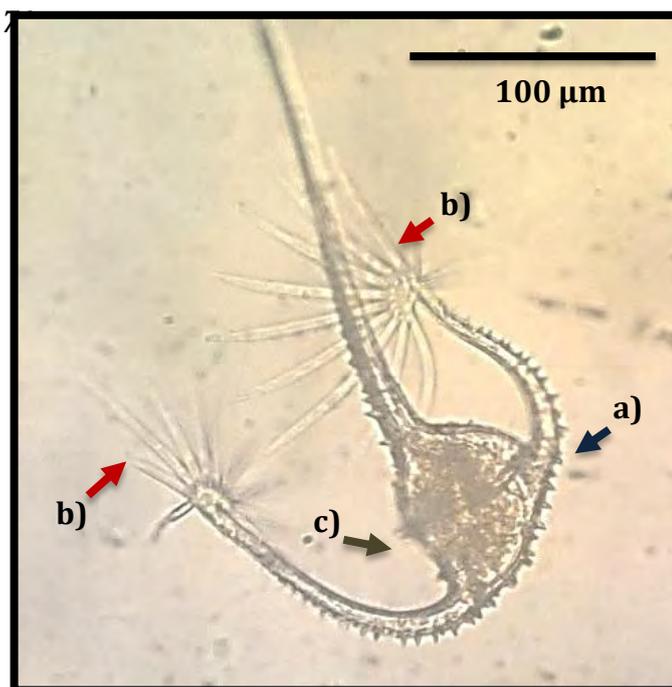


Figura 4.69 Vista dorsal a) hipoteca con espinas, b) proyecciones terminales y c) cíngulum. Longitud 246 μm y ancho 60 μm .



Descripción general: Células solitarias o en cadenas, por lo general de dos y tres células. Especie de talla mediana de longitud 210- 250 μm , transdiámetro 66- 70 μm). Cuando tiene los cuernos perfectamente desarrollados es inconfundible. Hipoteca con bordes antapical muy oblicuo y dotado de fuertes espinas y con una protuberancia bastante marcada más cerca del borde izquierdo, con cuernos bien desarrollados que varía su longitud y forma (el derecho siempre se dobla hacia adentro), además de las proyecciones terminales con apariencia de dedos los cuales también varían en desarrollo y número. Epiteca con cuerno apical curvado y ornamentado con espinas en su base. Cíngulum muy marcado y amplio (DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), (Parra-Toriz *et al.*, 2010), (Okolodkov, 2010).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas tropicales y subtropicales. Oceánico. Registros en Europa en el Mar Adriático, Mar Negro, Mar Mediterráneo, Francia, Islas Canarias, Bretaña, Irlanda, China en Taiwán, Australia, Nueva Zelanda, Norte América, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

70. *Neoceratium tripos* (O. F. Müller) F. Gómez, D. Moreira y P. López-García 2010

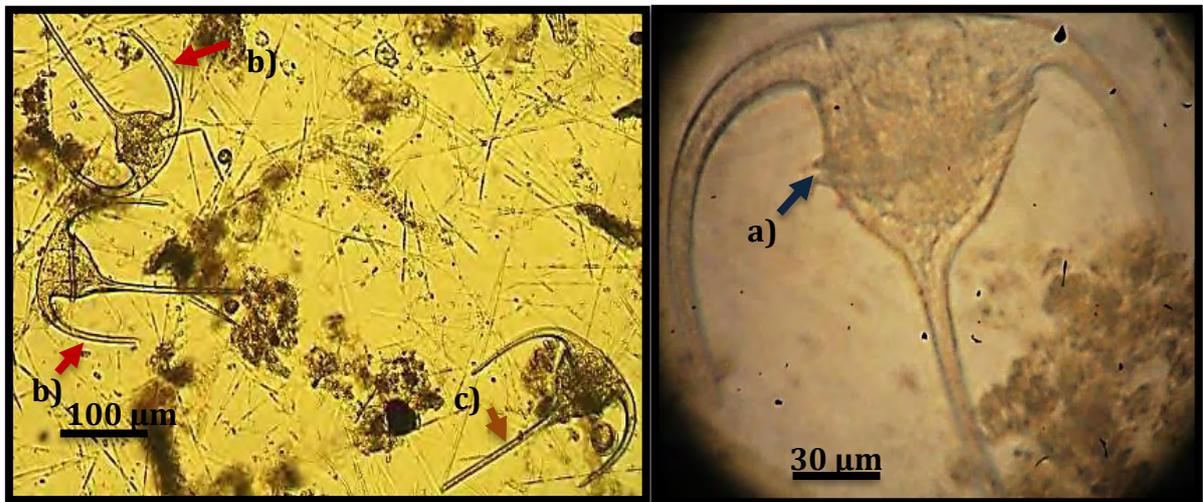


Figura 4.70 Vista dorsal a) cíngulum excavado, b) cuernos antapicales y c) cuerno apical. Longitud 180 - 250 μm y ancho 70-75 μm respectivamente.

Descripción general: Células solitarias de talla grande con longitud máxima de 420 μm y ancho 67-85 μm). Cuerpo casi tan ancho como largo incluyendo los cuernos. Epiteca triangular con cuerno apical largo y delgado, curvado desde la base. Hipoteca con borde posterior inclinado, cuernos antapicales de longitud similar, el antapical derecho paralelo al apical y el izquierdo levemente divergente, ambos fuertemente curvados hacia delante en su base, cíngulum bien marcado con una inclinación importante (DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), (Parra-Toriz *et al.*, 2010), (Okolodkov, 2010).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas frías, tropicales y templadas. Nerítico y oceánico. Registros en Europa en el Mar Adriático, Mar Báltico, Mar Negro, Mar Mediterráneo, Croacia, Francia, Islas Canarias, Bretaña, Rumania, Irlanda, China en Taiwán, España, Australia, Nueva Zelanda, Antártida, Norte América, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

71. *Ornithocercus magnificus* Stein 1883

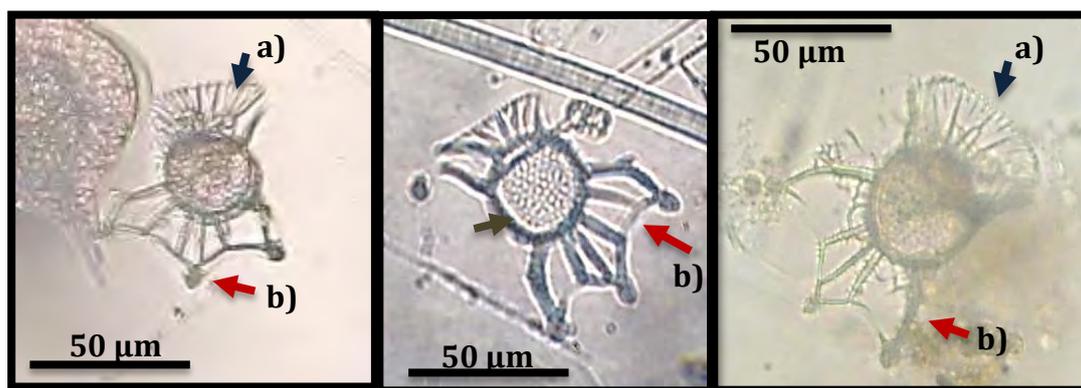


Figura 4.71 Vista lateral a) aletas cingulares con radios, b) aleta sulcal, radios y lóbulo y c) teca con poroides. Anchos de 60,76 y 85 μm y largo de 83, 93 y 105 μm .



Descripción general: Células solitarias de talla pequeñas con 66- 104 μm de largo total y 59-85 μm de ancho incluyendo las aletas. Cuerpo celular de 40-45 μm de largo y 43-47 μm de ancho, redondeado en vista lateral, con dorso variable, ligeramente convexo a algo cóncavo. Epiteca con borde apical recto, algo inclinado y reducida. Cíngulum ligeramente excavado, sus aletas cingulares con radios completos y ornamentados por estructuras semejantes a radios que se encuentran solo en su borde. Generalmente se presenta una costilla submarginal. Aleta sulcal trilobulada debido a que se extienden hasta el margen, de sus tres radios. Presenta tres lóbulos marcados. Entre el radio izquierdo y el radio al extremo derecho pueden existir de 3-4 radios adicionales. Teca ornamentada por poroides perforados o alveolos muy pequeños (DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), (Parra-Toriz *et al.*, 2010), (Okolodkov 2014).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas tropicales y subtropicales. Oceánica. Esta especie se encuentra en altos rangos de salinidad y temperatura por lo que se considera una especie indicadora de aguas cálidas pudiendo ser de origen ecuatorial o subtropical. Común en aguas del Pacífico mexicano, Golfo de Tehuantepec y en México. Registros en Europa en el Mar Mediterráneo, Mar Adriático, Islas Canarias, Croacia, China en Taiwán, Australia, Nueva Zelanda, Baja California (Pacífico), Brasil, México en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

72. *Ornithocercus steinii* Schütt 1900

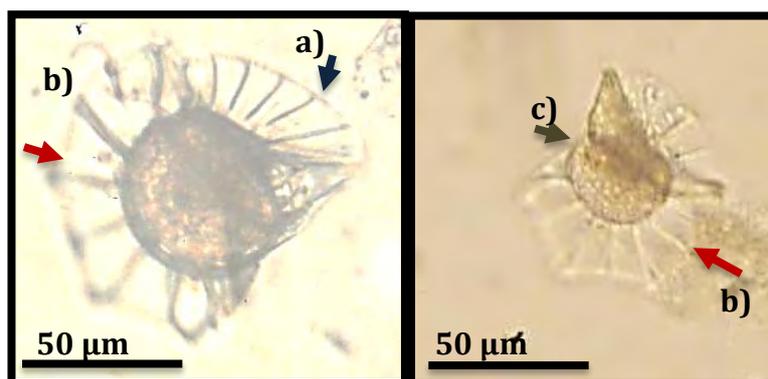


Figura 4. 72 Vista lateral a) aleta cingular con radios, b) aletas sulcales y c) teca con alvéolos. Longitud con aletas 120 y 125 μm y ancho 82 y 95 μm .



Descripción general: Células solitarias de talla más grande que *O. Magnificus* con 120-184 μm de largo total y 69-95 μm de ancho con aletas. Cuerpo sub-circular ligeramente más ancho que largo. Epiteca chata, extensa e inclinada hacia la porción ventral. Cíngulum muy asimétrico y ancho, algo cóncavo. Ambas aletas cingulares son anchas, la aleta anterior presenta costillas fuertes y menos numerosas, la posterior presenta numerosos radios. Aleta sulcal izquierda muy amplia, que en ocasiones sobrepasa la mitad de la hipoteca del lado dorsal, generalmente presenta cuatro lóbulos posteriores poco marcados, cada uno sostenido por un radio pueden o no presentar a lo largo de su longitud ramificaciones, dando una apariencia aserrada. Ornamentación por alvéolos (DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), (Parra-Toriz *et al.*, 2010), (Okolodkov 2014).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas tropicales y templadas. Nerítica y oceánica. Registros en Europa en el Mar Mediterráneo, Mar Adriático, Islas Canarias, China en Taiwán, Australia, Nueva Zelanda, Brasil, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

73. *Ornithocercus thumii* (Schmidt) Kofoid y Skogsberg 1883



Figura 4.73 Vista lateral a) aleta cingular, b) radio y c) aleta sulcal. Longitud 145, 100 y 145 μm y ancho 105, 75 y 120 μm .

Descripción general: Células solitarias de talla grande 100-184 μm de largo máximo y 56-139 μm de ancho máximo) Con epiteca más grande y chata, cuerpo celular de 48-90 μm de largo y 53-97 μm de ancho, sub-circular. Cíngulum muy asimétrico y algo cóncavo. Ambas aletas cingulares son anchas, la aleta anterior presenta costillas fuertes pero menos numerosas, la posterior presenta más radios que en *O. magnificus*. La aleta sulcal izquierda frecuentemente llega hasta la porción media de la hipoteca en el lado dorsal, con tres lóbulos; uno posteroventral, otro antapical y otro posterodorsal. La especie es semejante a *O. magnificus* por tener la aleta lobulada, pero de manera más sutil. Ornamentación por poroides (DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), (Parra-Toriz *et al.*, 2010), (Okolodkov 2014).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas tropicales y templadas. Nerítica y oceánica. Registros en Europa en el Mar Mediterráneo, Islas Canarias, China en Taiwán, Australia, Nueva Zelanda, Brasil, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

74. *Phalacroma cuneus* Schütt 1895

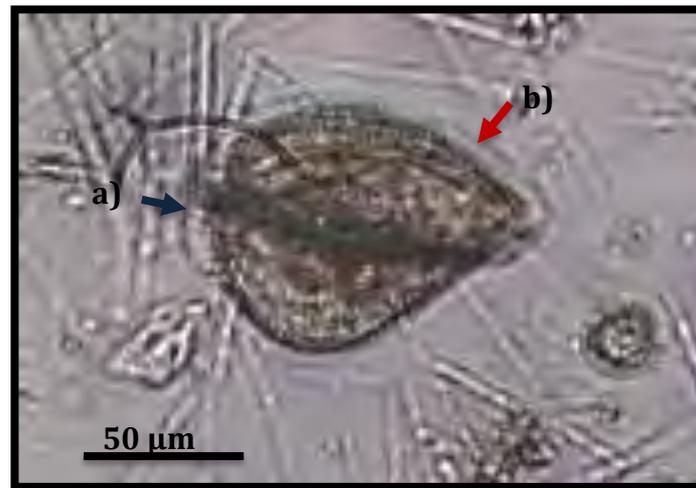


Figura 4.74 Vista lateral a) aleta sulcal y b) aleta cingular. Parte más ancha de 92 μm.



Descripción general: Células solitarias de talla mediana con longitud 85-98 μm, y ancho 80-100 μm. Forma cuneiforme tanto en vista lateral como frontal, con su mayor diámetro a nivel del cingulum. Eje más o menos inclinado ventralmente. Epiteca un poco cónica y baja. Hipoteca con extremo posterior angosto y redondeado, algo cóncavo. Aleta sulcal izquierda estrecha y aleta sulcal derecha pequeña. Ornamentación reticulada (DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), (Parra-Toriz *et al.*, 2010), (Okolodkov 2014).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas tropicales y templadas. Nerítico y oceánico. Registros en Europa en el Mar Mediterráneo, Mar Negro, Islas Canarias, China en Taiwán, Australia, Nueva Zelanda, Brasil, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

75. *Podolampas bipes* Stein 1883

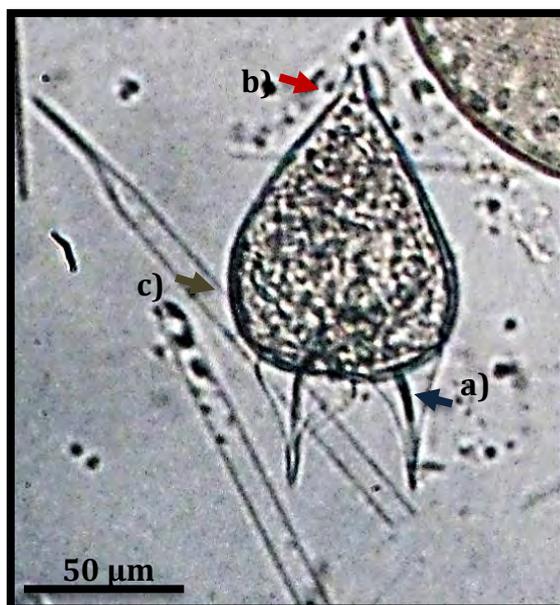


Figura 4.75 Vista dorsal a) espinas, b) cuello y c) ensanchamiento en la hipovalva. Longitud 125 μm y ancho 65 μm .

Descripción general: Células solitarias de talla mediana (longitud 117-130 μm , transdiámetro 60-80 μm), contorno marcadamente piriforme ancho; bastante aplastada en dirección dorso-ventral. En la epiteca se presenta un cuello corto y en la hipoteca que es siempre más corta que la epiteca dos espinas antapicales de longitud mediana, parecida y también se encuentran muy separadas, estas espinas cuentan con una membrana muy estrechas en la parte terminal y abajo pero se ensanchan hacia arriba, la cual es más ancha en la espina antapical izquierda. Cíngulum algo descendente. Ornamentación por poros y poroides (DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988) (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), (Okolodkov, 2014).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas tropicales y subtropicales. Nerítico y oceánico. Registros en Europa en el Mar Adriático, Mar Negro, Mar Mediterráneo, Francia, Islas Canarias, China en Taiwán, Australia, Nueva Zelanda, en el Golfo de México (Atlántico) y Brasil (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

76. *Prorocentrum gracile* Schütt 1895

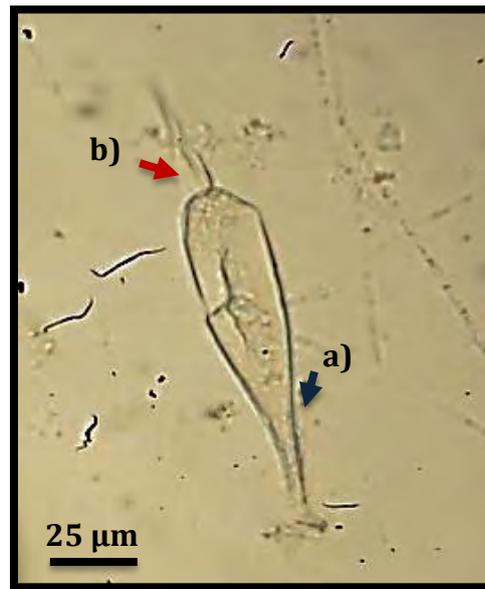


Figura 4.76 Vista valvar a) polo en punta y b) espina. Longitud 97 μm y ancho 22 μm .



Descripción general: Especie de células solitarias de talla mediana (longitud de 70-98 μm , ancho 21-23 μm), presenta una teca muy sencilla, bivalvar, y con aplastamiento bilateral más o menos notable. Cada valva está formada por una sola placa. En vista valvar se observa su forma lanceolada más o menos redondeada adelante y con su polo posterior agudo. La extremidad posterior es casi siempre puntiaguda pero se encuentran individuos en los que es algo truncada, redondeada; a veces es algo doblada hacia el dorso. Presenta una espina apical bien desarrollada que en ocasiones por el tratamiento la pierde. Paredes de espesor delgado. Ornamentación por poros en la parte basal de la espina (DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), (Okolodkov, 2008), (Parra-Toriz *et al*, 2010).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas tropicales, templadas y frías. Nerítica y oceánica. Presente en el Atlántico norte, en el Pacífico, Mediterráneo. Afecta a los peces, camarones e invertebrados. Tóxico. Registros en Europa en el Mar Negro, Mar Mediterráneo, Bretaña, Francia, Islas Canarias, China en Taiwán, Australia, Nueva Zelanda, Baja California, Cuba, Brasil, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

77. *Protoperidinium claudicans* (Paulsen) Balech 1974

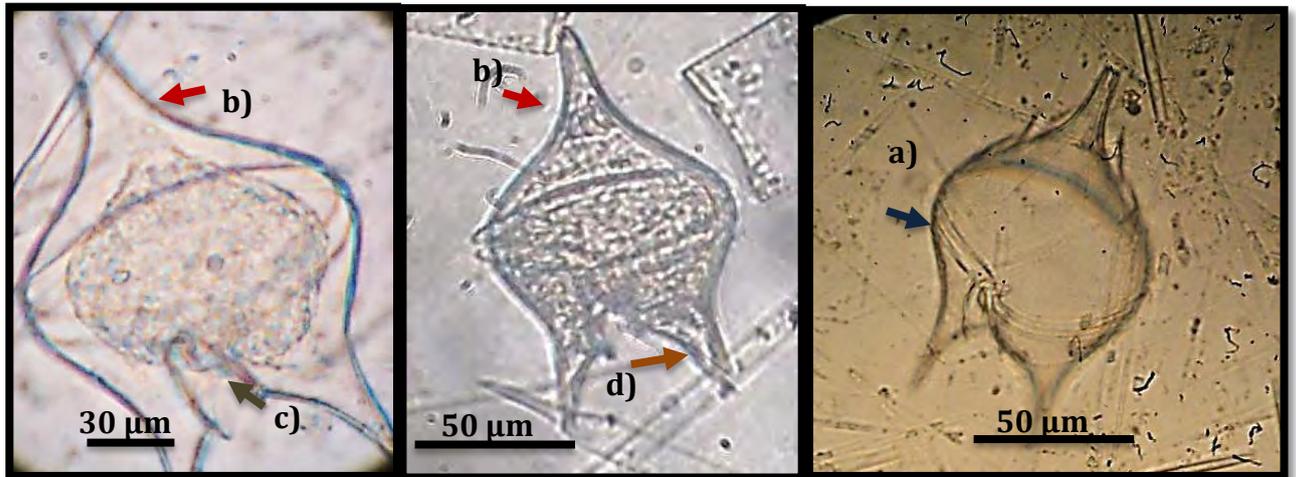


Figura 4.77 Vista ventral a) cíngulum, b) cuello, c) sulcus y d) cuernos antapicales. Anchos entre 60-75 μm y longitudes de 100-115 μm .

Descripción general: Células solitarias de talla mediana con longitud 87-115 μm , transdiámetro 60-72 μm , de forma rómbica curvilínea y aplastamiento dorso-ventral. Tiene sulcus y cíngulum bien definido. Epiteca e hipoteca de dimensiones iguales. Epiteca con cuello moderado e hipoteca con dos cuernos antapicales cónicos iguales o casi iguales y que forman una curvatura antapical bastante regular, poco alterada por la terminación del sulcus. El sulcus nunca ocupa la mayor parte de la cara ventral hipoteca pero puede penetrar un poco en la epiteca. Cíngulum excavado (cavozona) y descendente. Ornamentación ligeramente reticulada. Protoplasma claro (DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), (Okolodkov, 2008).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita. Nerítico y oceánico. Registros en Europa en el Mar Báltico, Mar Negro, Mar Mediterráneo, Islas Canarias, Golfo de California, Australia, Nueva Zelanda, en el Golfo de México (Atlántico) Brasil y Chile (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

78. *Protoperidinium conicum* (Gran) Balech 1974

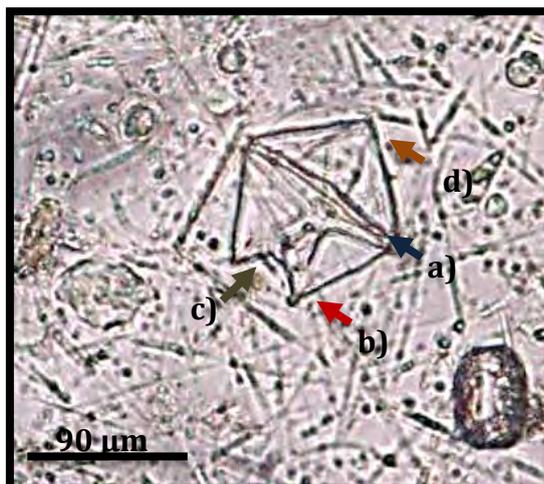


Figura 4.78 Vista ventral a) cíngulum excavado, b) cuernos antapicales, c) sulcus y d) sin cuello. Ancho o transdiámetro 90 μm .

Descripción general: Células solitarias de talla de mediana a grande (longitud 75-110 μm , transdiámetro 87-100 μm). Forma pentagonal con aplastamiento dorso-ventral. Su forma pentagonal está alterada por la muesca posterior formada por los dos cuernos antapicales. Epiteca cónica casi rectilínea, sin cuello. Epiteca ligeramente menor que la hipoteca. Hipoteca con presencia de cuernos antiapicales de base ancha y terminación puntiaguda. Cíngulum angosto. Ornamentación reticulada débil. Cíngulum excavado (cavozona) circular a ligeramente ascendente (DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), (Okolodkov, 2008).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas y tropicales. Nerítico y Océanico. Registros en Asia en Taiwán, China, África en Mauritania Europa en el Mar Adriático, Mar Báltico, Mar Mediterráneo, Francia, Grecia, Islas Canarias, Australia, Nueva Zelanda, Norte América, México en Golfo de México (Atlántico), en Baja California y Chile (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

79. *Protoperidinium depressum* (Bailey) Balech 1974

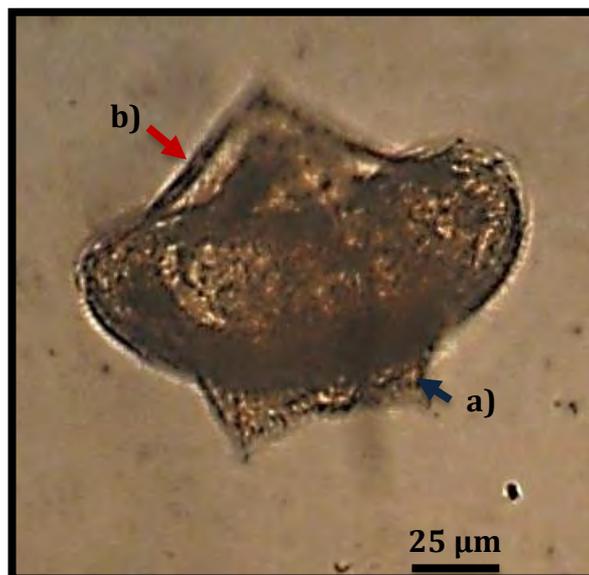


Figura 4.79 Vista ventral a) cuernos antapicales y b) sin cuello. Ancho de 135 µm.



Descripción general: Células solitarias de talla grande (110- 145 µm de longitud y 90-135 µm de transdiámetro) y forma ancha. Aplastamiento dorso-ventral también moderado. Epiteca e hipoteca de dimensiones semejantes. Epiteca cónica sin cuello e hipoteca con cuernos bien desarrollados, algo desiguales siendo el derecho más largo y grueso. Ornamentación reticular y poros. Cíngulum no excavado (planozona) algo descendente. Forma muy ancha a nivel del cíngulum. Protoplasma generalmente oscuro. (DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988) (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), (Okolodkov, 2008).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas subtropicales. Nerítico y Océanico. Eventualmente encontrada en aguas estuarinas en blooms. Registros en Europa en el Mar Negro, Mar Mediterráneo, Islas Canarias, Australia, en el Golfo de México (Atlántico) Brasil y Chile (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

80. *Protoperidinium divergens* (Ehrenberg) Balech 1974

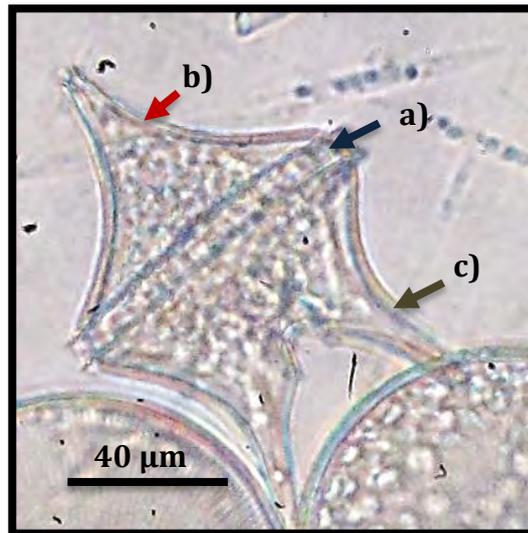
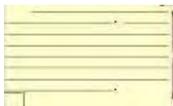


Figura 4.80. Vista dorsal a) cíngulum excavado, b) cuello y c) cuernos antapicales. Ancho de 80 µm.



Descripción general: Células solitarias de talla de mediana a grande (longitud 80-117 µm, transdiámetro 56-90 µm), poco aplastamiento dorso-ventral y forma pentagonal más alta que ancha, modificada por la profunda muesca antapical delimitada por un par de cuernos bien desarrollados. Epiteca e Hipoteca de dimensiones semejantes. Epiteca cónica con un cuello cónico que emerge de forma gradual. Los flancos de la epiteca pueden ser regulares y suavemente cóncavos pero, con más frecuencia, son casi rectos en la base o ligeramente convexos. Hipoteca con cuernos largo antiapicales con presencia de espinas divergentes. Cíngulum amplio y algo excavado (cavozona). Ornamentación reticular y poros (DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), (Okolodkov, 2008).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas y tropicales. Nerítico y oceánico. Registros en Asia en Taiwán, China, África en Mauritania Europa en el Mar Adriático, Mar Báltico, Mar Mediterráneo, Mar Negro, Francia, Grecia, Islas Canarias, Croacia, Irlanda, Australia, Nueva Zelanda, Norte América, Baja California, En el Golfo de México (Atlántico) Brasil y Chile (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

81. *Protoperidinium ovum* (Schiller) Balech 1974

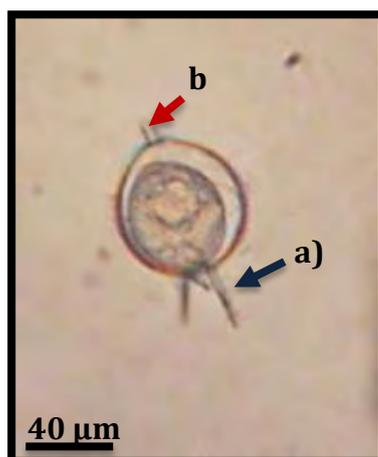


Figura 4.81 Vista dorsal a) espinas y b) cuello cilíndrico. Ancho 60 μm y longitud 64 μm.



Descripción general: Células pequeñas de entre 52-88 μm de longitud y de entre 55-68 μm de transdiámetro solitarias ovoides a elípticas con ligero aplastamiento antapical. Casi sin aplastamiento dorso-ventral. Epiteca con cuello cilíndrico muy corto, delgado y pequeño, que emerge de manera brusca. Sulcus estrecho. En la hipoteca tiene un par de espinas antapicales bastante largas, paralelas, próximas entre sí, ensanchadas en las bases. Cíngulum no excavado (planozona ascendente). Ornamentación con poros pequeños y de distribución irregular (DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), (Okolodkov, 2008).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas en ambos hemisferios. Nerítico y oceánico. Termófila. Registros en Europa en el Mar Negro, Mar Mediterráneo, Islas Canarias, Australia, el Golfo de México (Atlántico) Brasil y Chile (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

82. *Protoperidinium pellucidum* Bergh ex Loeblich Jr. 1881

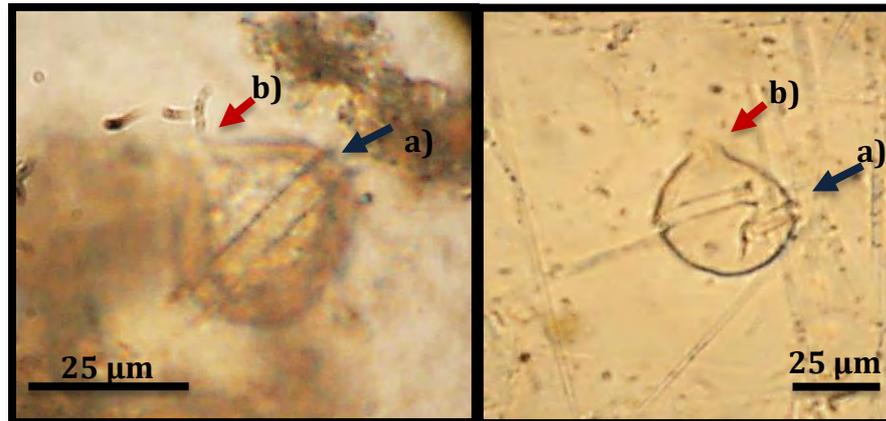


Figura 4.82 Vista dorsal y ventral a) cíngulum ascendente y b) cuello Ancho 35-37 μm y longitud 52- 45 μm .



Descripción general: Células pequeñas solitarias de entre 41-61 μm de largo y de entre 30-42 μm transdiámetro aplanadas ligeramente, con lados redondeados. Epiteca con un cuello apical corto que emerge gradualmente. Hipoteca con dos espinas antiapicales divergentes. Cíngulum ancho no excavado (planozona) ascendente. Sulcus ancho DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), (Okolodkov, 2008).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas templadas y tropicales. Nerítico y oceánico siendo más frecuente en los océanos o cerca del borde de la plataforma continental. Registros en Europa en el Mar Adriático, Mar Báltico, Mar Mediterráneo, Mar Negro, Francia, Grecia, Rumania, Islas Canarias, Croacia, Irlanda, Australia, Nueva Zelanda, en el Golfo de México (Atlántico) Belice y Chile (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

83. *Pyrocystis fusiformis* (Wyville Thomson ex Haeckel) Blackman
1902

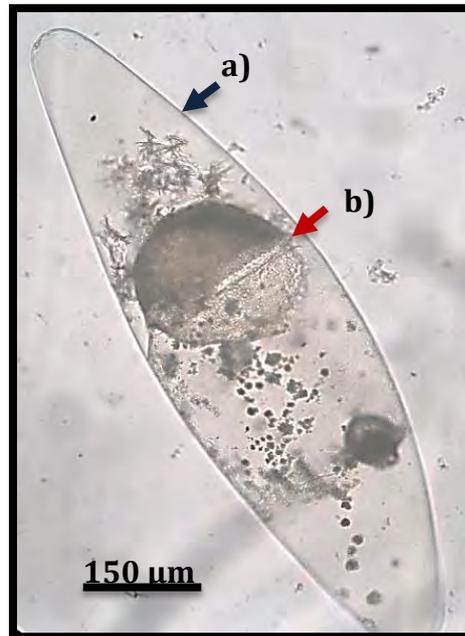
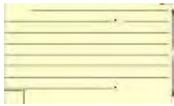


Figura 4.83 Vista dorsal a) membrana y b) *Gymnodinium* sp. Longitud 860 μm y ancho 250 μm .



Descripción general: Células solitarias de talla grande (longitud de 490-980 μm y ancho 110-290 μm). Se caracteriza por tener una fase dominante, cística, inmóvil, sin flagelos, tentáculos, cíngulum ni sulcus. Generalmente grandes. El protoplasma se puede dividir dentro del fuerte periplasto o membrana del quiste en pequeñas células del tipo *Gymnodinium* uniflageladas, a veces se forma una sola de esas células o bien se generan dinoflagelados tecados. La membrana o periplasto es de forma alargada, de apariencia fuerte y fusiforme, con extremos agudos o ligeramente redondeados. Por debajo del periplasto se extiende una capa periférica de protoplasma que generalmente se concentra en una región central de la que parten prolongaciones o "brazos" claros DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), (Parra-Toriz *et al*, 2010), (Okolodkov, 2014).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas tropicales, templadas. Nerítica y oceánica. Registros en Europa en el Mar Adriático, Mar Negro, Mar Mediterráneo, Islas Canarias, China en Taiwán, India, Australia, Nueva Zelanda, Baja California, Brasil, en el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

84. *Pyrophacus steinii* (Schiller) Wall y Dale 1971

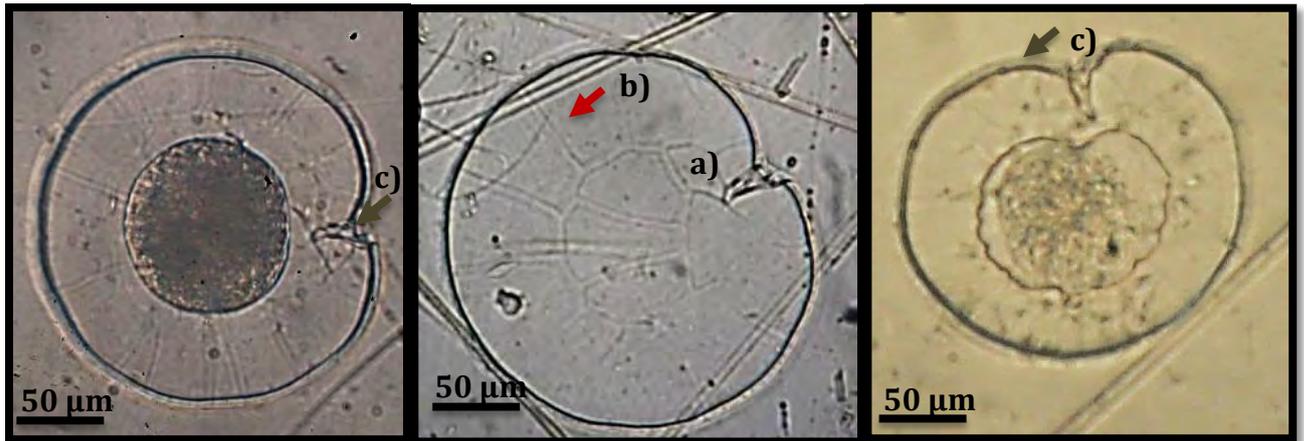
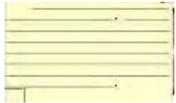


Figura 4.84 Vista antapical a) placas antapicales y b) placas cingulares y c) zona de inserción del flagelo. Ancho de 195 µm, 215 µm y 200 µm



Descripción general: Células solitarias de talla grande con un transdiámetro de entre 165- 213 µm, de apariencia lenticular con aplastamiento dorso-ventral. Se diferencia claramente de *P. horologium* por tener no menos de 7 apicales y no menos de 12 placas precingulares. De forma bicónica a lenticular sin cuernos. Cíngulo estrecho ecuatorial y ligeramente descendente, sulcus corto. Teca granulada con estrías de crecimiento. Cloroplastos presentes, se conocen representantes fósiles y quistes (DeBoyd Smith, 1977), (Balech, 1988), (Tomas, 1997), (Horner, 2002), (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), (Okolodkov, 2014).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas tropicales y templadas. Nerítico y oceánico. Registros en Europa en el Mar Adriático, Mar Mediterráneo, Islas Canarias, China en Taiwán, Australia, Nueva Zelanda, Belice, Brasil, En el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

Euglenozoa

85. *Euglena gracilis* Klebs 1883

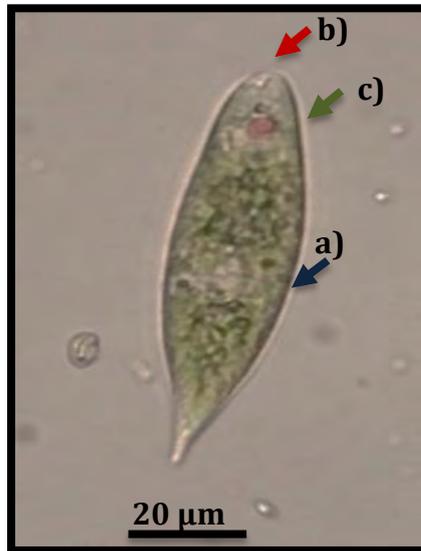


Figura 4.85 Vista célula completa a) forma lanceolada, b) inserción del flagelo y c) stigma. Longitud 64 µm.



Descripción general: Protozoo unicelular flagelado de forma libre y solitaria de longitud entre 55-70 µm y un ancho máximo de 20 µm, microorganismos que presentan ambas características de las plantas y animales. Presenta una cubierta celular o película. Con movimiento euglenoide. Protistas fotosintéticos por una célula alargada con un solo núcleo, numerosos cloroplastos que contienen clorofila a y b, con un stigma y un núcleo transparente (Hernández-Becerril *et al.*, 2008), (de la lanza *et al.*, 2011), (Van Den Hoek, 1995).



Distribución global y hábitat: Cosmopolita en aguas dulce y salobre ricos en materia orgánica y también se puede encontrar en suelos húmedo. Nerítica y oceánica. Registros en Europa en el Mar Adriático, Mar Negro, Mar España, Mediterráneo, Islas Canarias, Alemania, Rumania, China en Taiwán, India, Australia, Nueva Zelanda, Baja California, Brasil, En el Golfo de México (Atlántico) (www.eos.ubc.ca, <http://www.algaebase.org/search/species/>).

DISCUSIÓN

De las 85 especies encontradas y determinadas en este estudio las diatomeas predominaron ampliamente con el 62% (centrales con el 58% y pennadas con el 42), seguidas de los dinoflagelados con 30% y en un 8% se encontraron los demás grupos: cianofitas, euglénidos, clorofitas y silicoflagelados. Se encontró a *Pseudo-nitzschia multiseriata* en ambas zonas y es uno de los géneros que puede formar florecimientos algales nocivos en eventos de proliferación. Además las descargas de los ríos y erosión costera en la zona de playa atraen consigo especies de géneros dulceacuícolas como *Pediastrum*, *Scenedesmus* y *Chlorella*. Los géneros más representativos por su número de especies y frecuencia fueron *Rhizosolenia*, *Neoceratium*, *Thalasiothrix*, *Chaetoceros*, *Asterionellopsis*, *Hemiaulus*, *Protoperidinium*, *Thalassionema*, *Coscinodiscus*, *Navicula* y *Pseudo-nitzschia*. Los géneros *Ornithocercus*, *Dinophysis* y *Dictyocha* se pueden considerar poco frecuentes y con pocas especies dentro del listado.

El SAV se ha desarrollado como un ecosistema influenciado por la desembocadura de los ríos cercanos, además de que las corrientes influenciadas por el giro de Campeche en las estaciones de verano y otoño interactúan con estas descargas ofreciendo un mecanismo eficiente para el intercambio de propiedades físicas y biogeoquímicas en la zona costera (Aldeco *et al.*, 2009; Salas-Pérez *et al.*, 2012). Propiedades que favorecen a las altas densidades de organismos que aprovechan los nutrientes que entran y los que son suspendidos del fondo en esta zona. El Río Jamapa tiene influencia sobre el SAV durante todo el año y desemboca justo en medio del complejo arrecifal dividiendo en dos grupos de arrecifes con descargas de hasta 180 m³/s durante la época de lluvias (verano) (Krutak, 1997; Okolodkov *et al.*, 2011). Durante la época de nortes (invierno) cuando las corrientes marinas van hacia el sur, el río puede incidir sobre las costas y arrecifes de Antón Lizardo mientras que durante la época de lluvias (verano) cuando las corrientes marinas van hacia el norte su influencia se observa frente a Boca del Río. El Río La Antigua limita el sistema hacia la parte norte, las descargas de este río influyen al sistema frente al puerto de Veracruz durante el otoño e invierno (Tamayo, 1999). Y el último río de las cercanías, el Río Papaloapan que limita al sistema al sur, con sus descargas que inciden frente a Antón Lizardo durante la época de lluvias (verano)

cuando las corrientes van hacia el norte (Krutak, 1997; Salas-Pérez y Granados-Barba, 2008).

En la zona de playa las densidades siempre fueron mayores con respecto al arrecife, así las diferencias estadísticamente significativas que mostró la prueba de Mann-Whitney de las densidades entre la zona de arrecife y la zona de playa están explicadas por las características particulares de cada zona, como por ejemplo a la circulación marina que interactúa con las descargas de los ríos más cercanos atrayendo materia orgánica y nutrientes a zona de playa, el movimiento del agua mediante el rompimiento de las olas que remueve nutrientes del fondo poniéndolos a disponibilidad de los organismos y resultando en un mecanismo eficiente para el intercambio de propiedades físicas y biogeoquímicas en la zona costera que favorece a las densidades (Aldeco *et al.*, 2009; Salas-Pérez y Granados-Barba, 2008). A los 18 km de separación que existen entre la costa y el arrecife Santiaguillo, brindando condiciones diferentes a esta zona, como poseer aguas transparentes con visibilidad al disco de Secchi de hasta 15 metros, aparentemente poca influencia de la desembocadura de los ríos al poseer pocos SDT, una alta salinidad más que en la zona de playa debido a que no hay efectos de dilución por entrada de agua dulce y al alto índice de evaporación en el arrecife, así como una dinámica constante de las mareas que favorece una alta concentración de oxígeno (Salas-Monreal *et al.*, 2009; Chávez *et al.*, 1970). A pesar de que estadísticamente no hay diferencias en la densidad entre los meses cabe destacar que los meses con mayores valores de densidad fueron los meses correspondientes a la época de lluvias, julio 30, 623, 000 org/m³ para playa y 2, 977, 000 org/m³ para arrecife; y en el mes de septiembre con 51, 039, 000 org/m³ para playa y 1, 241, 000 org/m³ para arrecife (Figura 3.11). Para el SAV (Okolodkov *et al.*, 2011; Salas-Pérez *et al.*, 2012) han descrito que los valores mínimos en los volúmenes planctónicos ocurre en los meses de secas (primavera), incrementando durante las lluvias (verano) debido al aporte de materia, aunque mencionan que las concentraciones más elevadas se presentan durante los nortes (invierno) debido a la mezcla en la columna del agua y suspensión de nutrientes que generan los vientos.

Las densidades totales más altas en la zona de playa corresponden a los meses de junio, julio, agosto y septiembre, meses que quedaron marcados en el dendrograma como un grupo, debido a sus valores de densidades y a las condiciones

ambientales correspondientes a la época de lluvias, aunque la máxima similitud la obtuvieron los meses de julio y agosto, la época de lluvias se caracteriza por altas precipitaciones en el estado (Salas-Monreal *et al.*, 2009). Además de ser época en que también existe una mayor frecuencia e intensidad de huracanes, en el mes de septiembre antes del muestreo se registró el Huracán "Ingrid" de categoría 1 (smn.conagua.gob.mx). Un grupo más con los meses de enero, marzo, abril, meses de transición entre finales de nortes y principio de secas, del que los meses con máxima similitud fueron marzo y abril, debido a compartir más similitud en las condiciones (época de secas). Separado del resto de los meses en el dendrograma quedó el mes de noviembre, al ser el mes con más influencia de los nortes, con condiciones ambientales de valores bajos y por tanto diferentes (Figura 3.19). Las densidades totales más altas para la zona de arrecife fueron en los mismos meses que en la zona de playa y corresponden a los meses de la época de lluvias, aunque en este dendrograma los meses julio y agosto quedan separados del grupo de meses de junio y septiembre además de que estos meses guardan la mayor similitud entre ellos, además de que enero, marzo y abril en un solo grupo, donde enero y marzo ahora son los que poseen la mayor similitud entre sí, porque son meses de transición entre los nortes-secas (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003)(Figura 3.20).

De acuerdo a las gráficas de abundancia de géneros a través del tiempo se pueden observar cuatro particularidades; 1) la composición y abundancia de los géneros fue diferente cada mes y por zona; 2) en el mes donde la abundancia de un género predominó en la zona de playa, no lo hacía en la zona de arrecife y viceversa; 3) las mayores abundancias de algunos géneros durante un mes no eran las mismas al mes siguiente; 4) se encontró un número más alto de géneros en la zona de arrecife aunque con pocas abundancias, mientras que en la zona de playa el número de géneros encontrados fue menor, pero tenían grandes abundancias sobre todo en los meses correspondientes a verano. Cabe mencionar los siguientes meses debido a su composición, el mes de abril en la zona de arrecife el género predominante fue *Trichodesmium* encontrado en la zona debido a que el acarreo de masas de agua de las descargas del río Papaloapan durante los nortes brindan condiciones como nutrientes a la zona, a pesar de que hay registros de que *T. erythraeum* tiene sus más altas densidades al principio de la época de nortes en diciembre (Aké-Castillo, 2011) (Figura 3.8). En el mes de junio en la zona de arrecife, el género predominante fue *Chlorella* indicando aguas con grandes cantidades de materia orgánica disuelta que

probablemente se encuentran en la zona debido a una masa de agua proveniente de aguas continentales por el río Jamapa al ser época de lluvias (Okolodkov *et al.*, 2011) (Figura 3.9).

Para observar la composición de especies en base a su ocurrencia temporal, el diagrama de Olmstead-Tukey en la zona de playa mostró congruencia con las gráficas de abundancias de los géneros a través del tiempo, siendo los géneros y especies dominantes más representativas *Thalassionema nitzschioides*, *Asterionellopsis glacilis*, *Coscinodiscus sp*, *Biddulphia sp*, *Pseudo-nitzschia sp*, *Navicula sp*; entre las especies constantes ubicamos a *Hemiaulus hauckii*, *Chaetoceros affinis*, *Chaetoceros diversus*, *Melosira sp*, entre las especies raras están *Protoperidinium pellucidum*, *Neoceratium tripos*, *Dinophysis caudata*, *Trigonium formosum*, *Euglena gracilis*, *Scenedesmus quadricauda* (Figura 3.14). Las altas abundancias en estas especies se explican, ya que las aguas litorales son ricas en nutrientes debido al aporte de aguas continentales, materiales de la erosión costera y la dinámica de la zona a causa de las mareas, el oleaje que hacen sus aguas ricas en oxígeno y resuspensión de materia orgánica, un mayor porcentaje de sólidos disueltos totales, una menor salinidad debido a efectos de dilución, condiciones que son propicias para el desarrollo de muchas de estas especies, entre las que están los géneros como *Oscillatoria*, *Trichodesmium*, *Scenedesmus*, *Coscinodiscus*, *Euglena*, *Asterionellopsis*, *Pseudo-nitzschia*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Diploneis* que también son asociadas a diferentes tipos de contaminación y de afinidad dulceacuícola (Palmer, 1969). Además las condiciones favorables que posee la playa pueden generar las llamadas floraciones algales nocivas (FANs) eventos de multiplicación y algunas veces con acumulación de toxinas (citólíticas, hepatotóxicas o neurotoxinas), de uno o varios géneros de microalgas que presentan un incremento significativo de su biomasa, géneros como *Trichodesmium*, *Gonyaulax*, *Navicula*, *Pseudo-nitzschia*, y la especie *Peridinium quinquecorne* son formadores de FANs con registros en el estado de Veracruz (Hallegraeff, 2010).

La ocurrencia temporal de las especies con el diagrama de Olmstead-Tukey para la zona de arrecife también mostró congruencia con las gráficas de abundancias de los géneros a través del tiempo, siendo los géneros y especies dominantes más representativas *Thalassiothrix longissima*, *Rhizosolenia alata*, *Rhizosolenia imbricata*, *Hemiaulus sinensis*, *Guinardia sp*, *Neoceratium sp*; entre las especies constantes se

encuentran *Hemiaulus sinensis*, *Protoperidinium depressum*, *Chaetoceros affinis*, *Chaetoceros diversus*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Navicula distans*, *Guinardia flaccida*, *Neoceratium furca*, *Neoceratium fusus*, como raras están *Prorocentrum gracile*, *Bacteriastrum elongatum*, *Pediastrum duplex*, *Ornithocercus magnificus*, *Ornithocercus steinii*, *Ornithocercus thumii*, *Pyrophacus steinii*, *Licmophora abbreviata*; además se encontró que el género *Chlorella* es ocasional en esta zona, lo que se explica por el acarreo de masas de agua provenientes de la desembocadura del río Jamapa (Figura 3.15). Las abundancias de diatomeas y dinoflagelados de afinidad marina predominan en las condiciones del arrecife, tales como temperaturas entre 22°C- 28°C, aguas transparentes con pocos sólidos disueltos, salinidades de 34-37 ups, así como una dinámica constante del oleaje para favorecer la concentración de oxígeno (Chávez *et al.*, 1970).

Los sistemas coralinos se caracterizan por poseer mayor diversidad de especies por hectárea comparado con cualquier otro ecosistema marino, considerando el número de Phylum presentes (Chiappone, 2001). Estos ecosistemas marinos proveen una gran diversidad de microhábitats y alimento que sustentan comunidades biológicas muy diversas, con valores de diversidad entre 2.7- 4.9 bits debido quizás a su historia geológica y avanzada organización (Enochs y Manzello, 2012). La diversidad alfa para especies fitoplanctónicas de la zona de arrecife obtuvo un valor de 3.04 bits levemente mayor que para la zona de playa, la diversidad beta con 0.73 bits es elevada para las especies fitoplanctónicas debido a su similitud en cuanto a las especies en común.

Gutiérrez-de-Velasco y Winant 1996; Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003 mencionan que la época de lluvias y nortes para el SAV es muy general y se puede dividir en tres épocas más específicas; “secas” en los meses de primavera, “lluvias” en los meses correspondientes al verano y comienzos del otoño donde además ocurren algunas tormentas tropicales y huracanes, y los “nortes” durante los meses de transición entre el otoño e invierno donde inciden vientos predominantemente del norte con ráfagas mayores a 120 km/h. Además se registra durante la época de secas, que el sistema se encuentra con una estratificación (termoclina) en la columna de agua. Okolodkov *et al.*, (2011), mencionan que de abril 2007 a mayo del 2008, el periodo con mayor registro de temperatura fue durante mayo a octubre durante la época de lluvias y el periodo con menor temperatura fue de noviembre a

marzo durante la época de nortes, cuya importancia radica en que generan mezcla en la columna de agua haciendo homogénea la distribución de la temperatura en el sistema.

En la gráfica de los parámetros en playa se puede observar que el pH varió en los meses de noviembre al ser el pH más bajo, Gutierrez *et al.*, (2006) menciona que los descensos en el pH están relacionados con bajas salinidades y por lo tanto con entrada de agua dulce al sistema y al bajo índice de evaporación en la zona, la temperatura tuvo sus descensos en los meses de noviembre-enero-marzo (época de nortes), el oxígeno disuelto en el mes de noviembre también fue el más bajo con 7.5 mg/L y sube abruptamente en enero a 19.9 mg/L concordando con la relación que tiene con la temperatura, la salinidad durante el mes de septiembre (época de lluvias) fue la más baja 23.7 ups, las bajas salinidades de las aguas costeras se asocian a descargas de los ríos como un producto de la dilución entre las aguas marinas y las continentales (De la Lanza-Espino y Gómez-Rojas, 2004; Salas-Pérez *et al.*, 2012) la baja conductividad también se registra baja en este mes concordando con la relación que tiene con la salinidad y el pH (Figura 3.16).

En los parámetros medidos en arrecife se puede observar que el pH no varió, la temperatura tuvo sus descensos en los mismos meses que en la zona de playa, en cuanto al oxígeno disuelto la medida en el mes de julio fue la más baja con 5.9 mg/L y la más alta en el mes de enero con 19.9 mg/L, explicado por el movimiento de las masas de agua debido a los vientos “nortes” que predominan ese mes, la más baja conductividad se registró en el mes de julio concordando con la baja salinidad de este mismo mes, aunque la salinidad más baja se registró en el mes de agosto con 31.9 ups, la salinidad en comparación con la zona de playa fue siempre mayor, debido a que se encuentra lejos de la costa y por lo tanto de efectos de dilución, y al índice de evaporación que en la zona es mayor (Salas-Pérez *et al.*, 2012) (Figura 3.17).

Las diatomeas colonizan todo tipo de ambientes, aguas dulces, salobres y marinas, y gran parte de ellas se encuentran en un tipo de hábitat determinado con propiedades físicas y químicas específicas, salinidad, temperatura, pH, nutrientes, luz, contenido de materia orgánica, etc. Por estas razones pueden usarse como indicadores de cambios en un cuerpo de agua por lo que es importante distinguir cuáles de estos parámetros interpretan su distribución y su tendencia (Durán,

1998). En el análisis de componentes principales para la zona de playa los dos primeros componentes con las variables de temperatura, oxígeno, salinidad y conductividad, explican y favorecen la presencia de los géneros como; *Asterionellopsis*, *Pseudo-nitzschia*, *Thalassionema*, *Coscinodiscus*, *Biddulphia*, *Diploneis*, *Nitzschia*, *Navicula*, *Rhizosolenia*, *Melosira*, *Trichodesmium*, *Euglena* y *Scenedesmus*, de estos algunas de sus especies han sido asociadas a diferentes tipos de contaminación y de afinidades dulceacuícolas como en el caso de *Euglena gracialis*, *Pediastrum duplex*, *Trichodesmium erythraeum*, *Scenedesmus quadricauda*, *Navicula sp*, además de especies que son arrastradas a las playas de Antón Lizardo por descarga de los ríos, erosión costera y por el oleaje que remueve organismos de afinidad bentónica como *Coscinodiscus sp*, *Diploneis sp*, *Synedra sp* y *Coconeis sp*, que se presentan con abundancia en las zonas cercanas a las desembocadura de los ríos (Aldeco *et al.*, 2009; Salas-Pérez *et al.*, 2012), la temperatura y los nutrientes disponibles ayudan a aumentar sus densidades (Figura 3.21). En la zona de arrecife, el análisis de componentes principales con dos componentes y las variables de oxígeno, salinidad, conductividad, pH y sólidos disueltos totales explican la aparición de especies exclusivamente marinas como *Rhizosolenia setigera*, *Neoceratium tripos*, *Neoceratium furca*, *Pyrophacus steinii*, *Trigonium formosum*, *Licmophora gracilis*, *Dictyocha fibula*, *Protoperidinium ovum*, *Dinophysis caudata*, *Ornithocercus magnificus*, *Ornithocercus steinii*, *Ornithocercus thumii*, *Ceratocorys horrida*, al poseer aguas transparentes con pocos sólidos disueltos totales que permiten mayor entrada de luz al sistema, salinidades altas entre de 34 a 37 ups por tanto alta conductividad y pH, y una alta concentración de oxígeno debido al movimiento de las corrientes (Chávez *et al.*, 1970). La presencia de especies como *Dinophysis caudata*, *Ornithocercus magnificus*, *Ornithocercus steinii*, *Ornithocercus thumii* ha sido señalada por Licea *et al.*, (2004), que encuentran a estas especies pocas veces durante muestreos en el Golfo y establecen que son más frecuentes hacia el sureste mexicano, además menciona que es común encontrar a *Dinophysis caudata* cuando se encuentra a *Prorocentrum gracile* y *Prorocentrum micans* (Figura 3.22).

CONCLUSIONES

- Los organismos del fitoplancton encontrados se determinaron taxonómicamente en 6 divisiones, 9 clases, 32 órdenes, 38 familias, 44 géneros y 85 especies. El grupo de las diatomeas predominó con el 62%, seguida del grupo de los dinoflagelados con el 30%, mientras que el 8% restante lo representan los grupos de cianofitas, clorofitas, euglénidos y silicoflagelados.
- Las densidades entre las zonas con la prueba de Mann-Whitney poseen una diferencia significativa con un valor-P menor de 0.05, siendo siempre superiores en la zona de playa. Las densidades totales máximas del fitoplancton registradas fueron en los meses de julio con 30, 623, 000 org/m³ para playa y de 2, 977, 000 org/m³ para arrecife; y durante el mes de septiembre con 51, 039, 000 org/m³ para playa y de 1, 241, 000 org/m³ para arrecife.
- A través del tiempo la abundancia y composición de los géneros varía por mes en ambas zonas de estudio, y está regulada por las variables ambientales que afectan a cada zona. Las descargas de ríos y erosión costera atraen consigo especies de géneros dulceacuícolas como *Pediastrum*, *Scenedesmus* y *Chlorella*. Las especies *Rhizosolenia imbricata*, *Rhizosolenia alata*, *Thalasiothrix longissima*, *Thalassionema nitzschioides*, *Neoceratium candelabrum*, *Neoceratium macroceros*, *Neoceratium tripos*, *Hemiaulus sinensis*, *Chaetoceros danicus*, *Chaetoceros pelagicus* y *Protoperidinium depressum* fueron las más frecuentes mostrando congruencia con el diagrama Olmstead-Tukey para arrecife, mientras que en playa predominaron las especies *Asterionellopsis glacialis*, *Pseudo-nitzschia sp*, *Coscinodiscus sp*, *Thalassionema nitzschioides*, *Chaetoceros lanciniosus*, *Chaetoceros lorenzianus*, *Navicula sp* y *Protoperidinium claudicans* que también muestran congruencia con el diagrama Olmstead-Tukey.

- La diversidad alfa para la zona de arrecife fue de 3.04 bits, mayor que para la zona de playa con 2.91 bits. La diversidad beta obtuvo un valor de 0.73 bits que indica una importante similitud en cuanto a las especies en común. El número de las especies compartidas entre las 2 zonas fue de 47 especies, mientras que 15 especies que solo se encontraron en playa y 23 solo se encontraron en arrecife.
- La variación local de los parámetros está determinada principalmente por las características que poseen las diferentes épocas del año bien marcadas en el SAV (“secas” en los meses de primavera, “lluvias” en los meses correspondientes al verano y comienzos del otoño y los “nortes” durante los meses de transición entre el otoño e invierno). Las variables de temperatura oscilaron entre los (22-30 °C), salinidades (23.7-40 ups), conductividades (41-63 mS/cm²) y el oxígeno disuelto (7.5-12.2 mg/L) en la zona de playa y las variables de oxígeno con (8-19.9 mg/L), salinidades (31-41 ups), conductividades (63-68 mS/cm²), pH (pH 8.0-8.8) y los sólidos disueltos totales que fueron menores en la zona de arrecife.

Sugerencia

Para profundizar más en posteriores investigaciones sobre el fitoplancton en las zonas de estudio, se sugiere tomar en cuenta más variables físicas y químicas además de las medidas, por ejemplo concentración de nutrientes, para poder relacionarlas ampliamente con la composición, abundancia y densidad de las especies del fitoplancton encontradas cada mes. Concentrarse en más estaciones de muestreo, sobre los arrecifes más cercanos a las costas de Antón Lizardo. Además se recomienda el uso de una red de fitoplancton con una luz de malla menor a la utilizada (30µm) para géneros más pequeños como *Dictyocha* y algunos dinoflagelados como el género *Ornithocercus*.

REFERENCIAS

- Aké-Castillo J. A, Meave Del Castillo M. E. y Hernández-Becerril, D. U. 1995. Morphology and Distribution of species of the diatom genus *Skeletonema* in a Tropical Lagoon Coastal Lagoon, European. *Journal of Phycology*, 30:2. 107-115.
- Aké-Castillo, J. A. 2011. Dinámica temporal de *Trichodesmium erythraeum* (Cyanophyta) en el Parque Nacional "Sistema Arrecifal Veracruzano" en el Golfo de México. *Revista de Biología Ambiental*, 32: 395-399.
- Aké-Castillo, J. A. y Vázquez G., 2011 *Peridinium quinquecorne* Var. *Trispiniferum* Var. Nov. (Dinophyceae). Universidad Veracruzana, Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías. *Acta Botánica Mexicana*, 94: 125-140.
- Aldeco, J., Monreal-Gómez M. A, Signoret M., Salas de León D. A. y Hernández-Becerril D. U. 2009. Occurrence of a subsurface anticyclonic Eddy, fronts, and *Thricodesmium sp.*, over the Campeche Canyon region, Gulf of México. *Ciencias marinas*, 35: 333-334.
- Almazán-Becerril, A. y Hernández-Becerril D. U., 2002. A new species of the Dinoflagellate (Dinophyceae) genus *Dinophysis* from the Mexican Caribbean Sea, *Dinophysis siankanensis sp. Nov. Phycologia*, 41:374-381.
- Arriaga Cabrera, L., Vázquez Domínguez E., González Cano J., Jiménez Rosenberg R., Muñoz López E., y Aguilar Sierra V. (coordinadores). 1998. Regiones marinas prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Balech, E. 1988. Dinoflagelados del Atlántico sudoccidental. Publicaciones especiales, Instituto Español de Oceanografía, Número 1, Madrid. p 310.
- Bravo-Sierra, E. y Hernández-Becerril D. U. 2003. *Parmales* (Chrysophyceae) from the Gulf of Tehuantepec, México, including the description of a new species, *Tetraparma insecta sp. Nov.*, and a proposal to the taxonomy of the group. *Journal of Phycology* 39: 577-583.
- Bold, H. C. y Wynne M. J. 1985. Introduction to the Algae. Structure and Reproduction. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs. p 720.
- Cavalier-Smith T (1989) the kingdom Chromista. In: Green JC, Leadbeater BSC and Diver WL (Eds) the Chromophyte Algae: Problems and Perspectives, pp. 381-407. Oxford: Clarendon Press.
- Chávez, E. A., Hidalgo E. y 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.
- Chávez, E. A., Tunnell Jr. J.W., y Withers K. 2007. Reef zonation and ecology: Veracruz shelf and Campeche Bank. Cap. 5. pp 41-67. In: Tunnell Jr. J.W., E.A. Chávez y K. Withers (Ed.). Coral reef of the souther Gulf of México. Texas A. y M. University Press College Station. p 194.
- Chiappone, M. 2001. Conservación de arrecifes coralinos en áreas marinas protegidas: estudio del parque nacional del Este, República Dominicana. Publications for Capacity Building, the Nature Conservancy Headquarters, Virginia, USA. p 237.
- Coastal Research Group, 1969. Coastal Environments, N. E. Massachusetts and New Hampshire. Cont. N. L. Dept of Geology, Univ. Massachusetts, Amherst, p 462.

- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2011. Estudio previo justificativo para la modificación de la declaratoria del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, Veracruz, México, p 87.
- Contreras, E. F. 1985. *Las Lagunas Costeras Mexicanas*. CECODES/Pesca, México, p 253.
- Cupp, E. E. 1943. *Marine Plankton Diatoms of the West Coast of North America*. University of California Press. Berkeley, California. p 238.
- De la Lanza Espino G., 1991. Oceanografía de mares mexicanos. Ed. A. G. T. México, D.F. p 569.
- De la Lanza Espino G. y Gómez-Rojas J. C. 2004. Características Físicas y Químicas del Golfo de México. In. Caso M, I Pasante y E Ezcurra (Eds.). Diagnóstico ambiental del Golfo de México vol. 2. INE-SEMARNAT. Distrito Federal. México. pp 103-132.
- De la Lanza-Espino, G., Hernández-Pulido S. y Carbajal-Pérez J. L. (compiladores). 2011. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores). Plaza y Valdés Editores, México, D. F. p 643.
- Deboyd Smith, 1977, a Guide to Marine Coastal Plankton and Marine Invertebrate Larvae. Departament of Biology West Valley Community College, Saratoga, California. p 161.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). Decreto por el que se declara Área Natural Protegida con el carácter de Parque Marino Nacional, la zona conocida como Sistema Arrecifal Veracruzano. 24 de Agosto de 1992.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). Decreto por el que se reforma el Artículo Sexto que declara Área Natural Protegida con el carácter de Parque Marino Nacional, la zona conocida como el Sistema Arrecifal Veracruzano, ubicada en el Estado De Veracruz-Llave. 25 de Noviembre de 1994.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). Decreto que modifica al diverso por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de Parque Marino Nacional, la zona conocida como Sistema Arrecifal Veracruzano, ubicada frente a las costas de los Municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado del Estado de Veracruz Llave, con una superficie de 52,238-91-50 Hectáreas, publicado los días 24 y 25 de Agosto de 1992. Tercera Sección. 29 de Noviembre de 2012.
- Durán S. L., (1998). Proyecto H315 Diatomeas (Bacillariophyceae) más abundantes y frecuentes de la plataforma y talud continental del sur de México. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Emery, K. O. 1963. Coral Reefs of Veracruz, México. *Geoffs. Int.* 3: 11-17.
- Enochs, I. C. y Manzello, D. P. 2012. Responses of cryptofaunal species richness and trophic potential to coral reef hábitat degradation. *Diversity*, 4: 94-104.
- Esqueda-Lara K. y Hernández-Becerril D. U., 2010. Dinoflagelados microplañtónicos marinos del Pacífico central (Isla Isabel, Nayarit, costas de Jalisco y Colima) Instituto de ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. p 206.
- Fensome, R. A., Taylor F. J. R., Norris G., Sarjeant W.A.S., Wharton D.I. y Williams G.L. 1993. A classification of living and fossil Dinoflagellates. *Micropaleontology*, Special publishers. No 7. Sheridan Press, Hanover: 1-351.
- Ferrario M. E., Sar E. A y Sala S. E., (2010) Metodología Básica para el estudio del fitoplancton con especial referencia a las Diatomeas. Universidad de Concepción, Chile, p. 23.

- Figueroa-Torres, M. G. 1990. Sistemática y Distribución del género *Ceratium* Schrank 1793, en el Sur del Golfo de México (Feb.-Dic. 1987). Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. p 51, 6 Tablas, 7 Lám.
- Fioroni, S., Middelburgy J. J., y Gattuso J. P., 2011. Testing the effects of elevated PCO₂ on Coccolithophores (Prymnesiophyceae): Comparison between haploid and diploid life stages. *Journal of Phycology*, 47:1281-1291.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen (Adaptada para la República Mexicana). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. p 246.
- Garson, G. D. 2008. Factor análisis. p 30. Disponible en: <http://www2.chass.ncsu.edu/garson/pa765/factor.htm>.
- Gómez-Aguirre, S. 1974. Reconocimientos estacionales de Hidrología y Plancton en la laguna de Términos, Campeche México (1964-1965). *Anales Centro Ciencias del Mar y Limnología*, Universidad Nacional Autónoma de México 1: 61-82.
- Gómez F., Moreira D. y López -García P., 2010. *Neoceratium* gen. Nov., a new genus for all marine species currently assigned to *Ceratium* (Dinophyceae). *Protist* 161 (1): 35-54.
- Góngora S. I., Visión del plancton en el arrecife Santiaguillo, Veracruz. Dirigida por Biól. Angélica Elaine González Schaff. Tesis licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, FES Zaragoza Biología. 2015.
- González- González J. A. 1989. Ecología de Ficoflora estacional de los Arrecifes coralinos de las Islas la Blanquilla (Peyote), Verde y Sacrificios, Veracruz. Tes. Prof.Fac. De Biología.Uv. p 63.
- Graham, L.E., y L.W. Wilcox. (2000). *Algae. Introduction to the algae*. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, p 640.
- Graham, L. E., Graham J. M. y Wilcox L. W., 2009. *Algae*. [Benjamin Cummings (Pearson), San Francisco, CA] p 617.
- Guerra-Dávila Teresa, Marques Dos Santos María José, y Jorge Manuel López Reynoso 2009. Cuaderno de problemas resueltos y propuestos de probabilidad y estadística. Universidad Nacional Autónoma de México, Fes Zaragoza 2 Edición, México.
- Guiry, M. D. y Guiry G. M. 2008. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algabase.org>
- Gutiérrez-de-Velasco G. y Winant C. D., 1996. Seasonal patterns of wind stress and wind G. 1992. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia*, 32(2): 79-99.
- Gutiérrez, D., García Saez C., Lara M. y Padilla C., 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 y Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO), México, 1993, 787- 806.
- Gutiérrez, M. F. J.; Varona F. y Contreras F. 2006. Caracterización estacional de las condiciones físico-químicas y de productividad primaria fitoplanctónica de dos lagunas costeras tropicales del Estado de Chiapas. *Hidrobiológica* 16(2): 137-146.
- Hallegraeff, G. 2010. Ocean climate change, phytoplankton community responses, and harmful algal blooms: a formidable predictive challenge. *Journal of Phycology*, 46:220-235.

- Hasle, G.R y Syvertsen, E. E (1996). Marine Diatoms. In: Tomas, C.R. (ed.) Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press. Inc., San Diego, pp 5-385.
- Hawser, S.P., O' Neil J.M, Roman M.R. y Codd G. A. 1992. Toxicity of blooms of the cyanobacterium *Tricodesmium* to zooplankton. *Journal of Applied Phycology* 4:79-86.
- Heilprin, A., 1891. The Corals and Coral Reefs of the western waters of the Gulf of México. Proceedings of the Academic of Natural Science of Philadelphia. Pp 303-318.
- Henkel, D. H. 1982. Echinoderms of Enmedio Reef, Southwestern Gulf Of México. Tesis. Corpus Christi State Univ. Corpus Christi, Texas. p 78.
- Hernández- Becerril, D.U., Alonso-Rodríguez R., Álvarez-Góngora C., Barón-Campis S.A, Ceballos- Corona G., Herrera-Silveira, Meave del Castillo M.E., Juárez- Ruiz N., Merino-Virgilio F., A. Morales- Blake, J.L. Ochoa, E. Orellana-Cepeda, C. Ramírez-Camarena y Rodríguez-Salvador. 2008. Toxic and Harmful marine phytoplankton and microalgae (HABs) in Mexican Coasts. *Journal of environmental Science and health, Part A*, 42:1349-1363.
- Horner, R. A. 2002. A Taxonomic Guide to Some Common Phytoplankton. Biopress Limited, Dorset Press, Dorchester, UK. 2002. p 195.
- Huerta-Múzquiz, L., Sánchez-Rodríguez M. E y Chávez-Barrera M. L., 1977. Algas marinas de Isla de Enmedio, Veracruz. In: Mem. V. Congr. Nac. Oceanogr. México, D.F. 314-325.
- Katz, M.E., Finkel Z. V., Grzebyk D., Knoll A. H. y Falkowski P. G. 2004. Evolutionary trajectories and biochemical impacts of marine eukaryotic phytoplankton. *Annual Review of Ecology and Systematics* 35: 523-560.
- Kilham, P. y Hecky R. E., 1988. Comparative ecology of marine and freshwater phytoplankton. *Limnology and Oceanography*, 33:776-795 pp.
- Kooistra, W.H. C. F., Gersonde R., Mendlin L. K. y Mann D. G., 2007. The origin and evolution of the diatoms: their adaptation to a planktonic existence. In Evolution of primary producers in the sea/ed. by Paul G. Falkowski, Andrews H. Knoll Amsterdam; Heidelberg: Elsevier, Academic Press, ISBN: 978-0-12-370518
- Krutak, P.R., 1997. Petrography and Provenance of Siliclastic Sediments, Veracruz Antón Lizardo Reefs, México. In: J. San-Joon Jan and Hi-Il, y (Eds.) Pale oceanography and Paleoclimatology in the Northwest Pacific Region. Special Issue 3, *Ocean research*, 19 (3): 231-243.
- Licea-Durán, S., 1974. Sistemática y Distribución de Diatomeas de la Laguna de Agiabampo, Son. /Sin. An. Centro Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 1 (1) 99-156.
- Licea-Durán S. y Luna R., 1999. Spatio-Temporal variations of Phytoplankton on the continental margin in the SW Gulf of México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 49: 83-99.
- Licea D. S., 2002. Dinoflageladas Planctónicas (Dinophyceae) más frecuentes en la región Sur del Golfo de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Informe Final SNIB-CONABIO Proyecto No. S088 México D.F.
- Licea D. S, Zamudio M., Luna R., y Soto J. 2004. Free-Living Dinoflagellates in the Southern Gulf of México: Report of Data (1979-2002). *Phycol. Res.* 52: 419-428.
- Lot-Helgueras, A. 1971. Estudios sobre fanerógamas marinas en las cercanías de Veracruz. Veracruz. An. Inst. Biol. Universidad Nacional Autónoma de México. Ser. Bot. 1: 1-48.

- Margalef, R. 1967. Some Concepts Relative to the Organization of Plankton. *Oceanography and Marine Biology*, 5: 257-289.
- Marshall, H .G. y Cohn M.S. 1987. Phytoplankton distribution along the eastern coast of the U.S.A. Part V I. Shelfwaters between Cape Charles and Cape May. *J. Plankton Research*. 9:139-149.
- Medlin, L.K y Kaczmarska, I. (2004). Evolution of the diatoms. V. Morphological and cytological support or the major clades and a taxonomic revision. *Phycologia* 43, 245-70.
- Mendoza-González., A. C. y Mateo-Cid L. E., 1985. Contribución al conocimiento de la flora marina bentónica de las Islas Sacrificios y Santiaguillo, Veracruz. México. *Phytology* 59(1): 9-16.
- Monreal-Gómez M. A., y Salas de León D. A., 1985. Barotropic and baroclinic modes in the Gulf of México. In Grieken, V. and Wollast, R. (Eds). Proceedings of the Progress in Belgian Oceanogr. Res., Antwerpen University Press, Brussels, 81-91.
- Odum E. P., y Warrett G. W., Fundamentos de Ecología. 5ª edición. Ed. Thompson, 2006. p. 614.
- Okolodkov, Y. B. 2008. *Protoperidinium* Bergh (Dinophyceae) of the Nacional Park Sistema Arrecifal Veracruzano, Gulf of México, With a Key for identification. *Acta Bot. Mex.* 84: 93-149.
- Okolodkov, Y. B., 2010. *Ceratium* Schrank (Dinophyceae) of the national park Sistema Arrecifal Veracruzano, Gulf of México, with a key for identification. *Acta Bot. Mex.* 84, 95-151.
- 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 México. *Zooplankton*. Cap (3):1-26.
- Okolodkov, Y. B., 2014. Dinophysiales (Dinophyceae) of the national park Sistema Arrecifal Veracruzano, Gulf of México, with a key for identification. *Acta Bot. Mex.* 106, 9-71 pp.
- Ortiz-Lozano L., Granados Barba A., y Espejel Carbajal I., 2007. El contexto regional del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano y las implicaciones para su manejo, pp 275-286.
- Palmer, C. M., (1969) A composite rating of algae tolerating organic pollution. *J. Phykol.* 5: 78-82.
- Parra-Toriz, D., Ramírez-Rodríguez M. L. A. y Hernández-Becerril, D. U. 2010, Dinoflagelados (Dinophyta) de los Órdenes *Prorocentrales* y *Dinophysiales* del Sistema Arrecifal Veracruzano, México. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana e Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). *Rev. Biol. Trop.* (Int. J. Trop. Biol. Issn-0034-7744) Vol. 59 (1): 501-514, March 2011.
- Parsons, M. L., Okolodkov, Y. B. y Aké-Castillo, J. A. 2012. Diversity and Morphology of the species of *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyta) of the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, SW Gulf Of México. *Acta Botanica Mexicana*, 98: 51- 72.
- Ramírez, J. 2000. Fitoplancton de agua dulce: aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios. Universidad de Antioquia. Colombia. Marzo de 2000. p. 207.
- Raven J. A., y Geider R. J., (1988) Temperature and algal growth. *New Phytol* 110: 441-461.

- Reynolds, C. S. 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge. p 384.
- Reynolds, C. S. 1996. Plant life of the pelagic. Proceedings of the International Association for Theoretical and Applied Limnology 26:97-113.
- Reynolds, C. S. 1996. Algae. In: Petts, Calow G., Petts P., Calow G. (Eds.). River biota: Diversity and Dynamics. Blackwell Science, Oxford, pp 6-26.
- Rodríguez-Villanueva, V., Martínez-Lara, R. y Macías Zamora, V. (2003). Polychaete community structure of the northwestern coast of México: patterns of abundance and distribution. *Hydrobiología*, 496(1-3):385-399.
- Round F.E, Crawford R.M. y Mann D.G. 1990. The diatoms. Biology and morphology of the genera. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 747 pp.
- Salas-Monreal D., Monreal-Gómez M. A, y Riverón-Enzástiga M. L. 2009 Current rectification in a tropical coral reef system. *Coral Reefs, Springer*. 28(4) 871-870.
- Salas-Pérez J. J y Granados-Barba A., 2008. Oceanographic characterization of the Veracruz reefs system. *Atmosfera* 21(3): 28-301.
- Salas-Pérez, J. J., Salas Monreal, D., Monreal-Gómez, M., Riverón-Enzástiga, M., y Llasat, C., 2012. Seasonal absolute acoustic intensity, atmospheric forcing and currents in a tropical coral reef system. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 100, 102-112.
- Secretaría de Marina., (2000). Programa de Manejo del Parque Marino Nacional "Sistema Arrecifal Veracruzano". México. p. 126.
- SEMARNAT, 2006. Programa de manejo del Parque Marino Nacional "Sistema Arrecifal Veracruzano". México. p. 126.
- Simon, N. A., Cras L., Foulon E. and Lemée R., 2009. Diversity and evolution of marine phytoplankton. *C.R. Biologies* 332:159-170 pp.
- Simonsen, R. (1979). The diatom system: ideas on phylogeny. *Bacillaria* 2: 9-71.
- Sokal, R. y Rohlf, F. J. (1981). Biometry. Freeman. 2nd Ed. San Francisco, California. p. 259.
- Soto. J. 2001, Composición Sistemática de Dinoflagelados y masas de agua en la región oeste del Golfo de México. Tesis Maestría, UACPYP Del CCH, UNAM.
- Sournia A., Chretiennot-Dinet M. J y Ricard M. (1991). Marine phytoplankton behavior species in the world ocean? *Journal of Plankton Research*, 13: 1093-1099.
- Sournia, A. 1995. Red tide and toxic marine phytoplankton of the world ocean: an inquiry into diversity In Harmful marine algal blooms, P. Lassus, G. Arzul, E. Erand, P. Gentien y C. Marcaillou (eds.). Lavoisier, Intercept Ltd. p. 103-112.
- Steidinger K.A y Williams J. 1972. Memoirs of the Hourglass Cruises: Dinoflagellates. Fla. Dept. Nat. Resour. Mar. Res. Lab. 2 (Pt. Iii), p 251.
- Steidinger, K.A. y Tangen K. 1997. Dinoflagellates. In: Tomas, C.R. (Ed.). Identifying marine phytoplankton. Academic Press, Inc. San Diego, California, USA. pp. 387-589.
- Steidinger, K. A., Faust A. M., y Hernandez-Becerril D.U., 2009. Dinoflagellates (Dinoflagellata) of the Gulf of México origin, waters, and biota. Vol. 1. Biodiversity. Harte Research Institute for Gulf of México Studies Series, Texas A Y M University Press. Corpus Christi, USA. pp 131-154.

- Tamayo J. L., 1999. Geografía Moderna de México. 11ª Ed. Trillas. D.F. México. p. 512.
- Throndsen, J. 1997. The planktonic marine flagellates. In Identifying Marine Phytoplankton, C.R. Tomas (Eds.). Academic Press, San Diego. pp. 591-729.
- Tomas, C. R., 1997. Identifying Marine Phytoplankton. Academic Press. San Diego. USA. p. 858.
- Tunnell, J. W. 1988. Regional Comparison of Southwestern Gulf of México to Caribbean Sea Coral Reef. In: Proceed. 6th Internat. Coral Reef Symp. Sydney. pp. 303-308.
- Tunnell, W.J., Chávez E.A. y K. Withers. 2007. Coral Reefs of the Southern Gulf of México. Harte Research Institute, Gulf Of México Series. Texas A y M University, Corpus Christi, EU. p 216.
- Van Den Hoek C., Mann G. D. Jahns M. H. (1995). Algae. An Introduction to phycology. Cambridge University Press. p. 614.
- Vargas-Hernández, J.M., Hernández Gutiérrez A. y Carrera Parra L. F., 1993. Sistema Arrecifal Veracruzano, pp. 559-575. In S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González (Eds.). Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO y CIQRO, México D.F., México.
- Vollenweider, R.A. (1974). A Manual on methods for measuring primary production in aquatic environment, IBP Handbook No. 12. 2nd Edition. London. Blackwell Scientific Publ. p. 225.
- Walsh J. J, Jolliff J. K, Darrow B. P, Lenos J. M, Milroy S. P, Remsen A, Dieterle D. A, Carder K. L, Chen F. R, Vargo G. A, Weisberg R. H, Fanning K. A, Müller-Karger F. E, Shinn E., Steidinger K. A, Heil C. A, Tomas C. R, Prospero J. S, Lee T. N, Kirkpatrick G. J, Whitley T. E, Stockwell D. A, Villareal T. A, Jochens A. E., y Bontempi P. S. 2006. Red tides in the Gulf of México: Where, when, and why? *Journal of Geophysical Research Oceans*. 111, C11003:10. 1029/2004JC002813.
- Young, J. R., Geisen M., Cros L., Kleijne A., Probert I., y Ostergaard J. B., 2003. A guide to extant coccolithophore taxonomy. *Journal of Nannoplankton Research*, Special Issue 1:1-132.
- Zavala-Hidalgo J., Morey S. L y O'Brien J. J, 2003. Seasonal circulation on the western shelf of the Gulf of México using a high-resolution numerical model. *Journal of Geophysical Research*, 108 (19): 1-19.

Fuentes electrónicas

www.semar.gob.mx Bases de datos consultadas en Enero 2015.

smn.conagua.gob.mx Bases de datos consultadas en Enero 2015.

The University of British Columbia, departamento de tierra, océano y atmósfera Phyto'pedia: www.eos.ubc.ca Consultado en Enero 2015.

Página oficial de Medio Ambiente <http://www.medioambiente.org/>. Consultado en Enero 2015.