



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA
(BIOLOGÍA MARINA)

“CARACTERIZACIÓN DE LAS PROLIFERACIONES ALGALES OCURRIDAS EN
EL PACÍFICO CENTRAL MEXICANO DEL 10 AL 22 DE ABRIL DEL 2012”.

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:
GERMÁN VEGA JUÁREZ

TUTOR:
Dr. DAVID URIEL HERNÁNDEZ BECERRIL
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:
Dra. ROSALBA ALONSO RODRÍGUEZ
ICMyL, UNIDAD ACADÉMICA MAZATLÁN
Dra. ELIZABETH ORTEGA MAYAGOITIA
FES- IZTACALA, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Dra. HILDA PATRICIA LEÓN TEJERA
FACULTAD DE CIENCIAS UNAM
Dr. JAVIER CARMONA JIMÉNEZ
FACULTAD DE CIENCIAS UNAM

MÉXICO, D. F. NOVIEMBRE 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología (PCMyL) por admitirme en su programa de maestría para llevar a cabo la realización de este trabajo de investigación, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme una beca de manutención durante el tiempo que duró la realización de este trabajo, también quiero agradecer al proyecto “Fitoplancton tóxico y nocivo del Pacífico tropical mexicano: caracterización de las especies y comunidades, y variables ambientales asociadas a los eventos tóxicos y nocivos” por brindarme la oportunidad de participar en el crucero oceanográfico MareaR-IV para la obtención de las muestras y datos para la realización de este trabajo.

Mi más sincero agradecimiento mi director de tesis el Doctor David Uriel Hernández Becerril por todo su apoyo, por permitirme realizar este trabajo en su laboratorio, el tiempo que ocupo para aclarar mis dudas y su comprensión.

Agradezco amplia y respetuosamente a mi comité tutorial y jurado de tesis, a las Doctoras Rosalba Alonso Rodríguez, Elizabeth Ortega Mayagoitia e Hilda Patricia León Tejera y a los Doctores Alejandro Morales Blake y Javier Carmona Jiménez por sus observaciones, correcciones y apoyo resolviendo las dudas que surgieron durante la realización de este trabajo.

Al laboratorio de Biogeoquímica Acuática del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología especialmente al Hidrobiólogo Sergio Castillo Sandoval por la ayuda brindada en la obtención de resultados en el análisis de nutrientes.

A la Maestra Yolanda Ornelas Orozco por la ayuda brindada en la obtención de micrografías mediante el microscopio electrónico de barrido.

Al Doctor Francisco Varona Cordero del laboratorio de Ecosistemas Costeros de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa (UAM-I) por su vital apoyo en la comprensión y realización de los análisis estadísticos empleados en este trabajo.

A mis compañeras de laboratorio a la Doctora Karina Esqueda, Las maestras Dulce Parra, Zuleima Santana, Cristina Alicia León, y a los biólogos Rocío Torres, Yacciry Ahuja, Iván Ramírez y Carlos Cruz por siempre hacer ameno el trabajo en el laboratorio así como por su apoyo, consejos y sugerencias.

Al biólogo Jesús Ayala Marín de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), por su ayuda en la revisión de muestras y registro de especies de Lázaro Cárdenas.

A mi amigo Erick Ponce, por estar incondicionalmente en todo momento desde la licenciatura y hasta ahora, por aclarar en muchas ocasiones mis dudas, por sus consejos y apoyo.

A mis amigos Fidel, Mario, Fernando, Ivanhoe, Miguel, Gisela, Yolo y Gaby por siempre brindar las palabras adecuadas de aliento para hacer amena la vida, así como por las noches bohemias en que compartimos viejos y nuevos momentos.

A quien más admiro por siempre ser una persona trabajadora, incansable, con un deseo de superación sorprendente e imprescindible a mi mamá Tomy por ser el pilar en mi vida, por tolerarme y soportarme siempre, te amo.

A mi corazón, mi bellísima hermana Brenda por ser incondicional, por escucharme y enriquecerme con sus conversaciones y compañía, por hacer la vida maravillosa con todas sus preguntas y comentarios, por ser el soporte más importante de todas las decisiones en mi existencia, te adoro zanaahodia!

A la otra parte de mi alma, Yocelyn, por estar siempre conmigo, cuidarme, comprenderme, aceptarme con todos mis defectos, ayudarme y ser siempre mi paz, te amo con todo mi corazón.

A mis abuelos Antonio y Lucila por criarme, cuidarme como su hijo, por formar parte de lo más hermoso de mi vida y enseñarme a siempre tratar de ser una mejor persona.

*“Cuando hayas visto más allá de ti mismo
encontrarás entonces que la paz te espera
y llegará el tiempo cuando te des cuenta
que **todos somos uno** y que la vida
fluye en ti y sin ti.”*

George Harrison

Contenido	
RESUMEN.....	i
ABSTRACT	ii
INTRODUCCIÓN	3
ANTECEDENTES.....	6
JUSTIFICACIÓN	9
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	10
OBJETIVO GENERAL	10
Objetivos específicos	11
ÁREA DE ESTUDIO.....	11
MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
Actividades de Campo	12
Actividades de Laboratorio.....	16
Actividades de Gabinete.....	18
Composición Específica.....	18
Diversidad Alfa	18
Abundancia Relativa.....	18
Dominancia de Simpson	18
Índice de Diversidad de Shannon.....	19
Índice de Riqueza	19
Equidad de Shannon	20
Masas de Agua y Perfiles Verticales.....	20
Perfiles Horizontales	22
Clorofila-a y temperatura superficial satelital	22
Patrón de Corrientes.....	23
Índice de Surgencia	24
Relaciones Entre las Variables Físicoquímicas y las Especies de Fitoplancton Dominantes.....	25
RESULTADOS.....	27
Plancton	27

Composición específica	27
Abundancia absoluta y relativa	33
Diversidad Alfa	36
Variables Fisicoquímicas	39
Temperatura.....	39
Salinidad	40
Oxígeno disuelto.....	41
Clorofila-a.....	43
Nutrientes.....	51
Masas de Agua	57
Perfiles Horizontales de Clorofila-a y Temperatura	59
Clorofila-a y Temperatura Superficial Satelital	62
Clorofila-a	62
Temperatura Superficial del Mar	64
Patrón de Corrientes.....	66
Índice de Surgencia	69
Relación Entre las Variables Fisicoquímicas y las Especies de Fitoplancton Dominantes	71
Categorización de especies	71
Análisis de clasificación de ascendencia jerárquica	74
Análisis de Componentes Principales.....	77
Análisis de Correspondencia Canónico	78
DISCUSIÓN	83
Estructura de la comunidad y biodiversidad.....	83
Procesos oceanográficos y parámetros fisicoquímicos	89
Relación entre condiciones oceanográficas y mareas rojas	99
CONCLUSIONES.....	104
REFERENCIAS	107
ANEXOS.....	132

RESUMEN

Las proliferaciones algales ocurren cuando existen las condiciones óptimas para el desarrollo de algunos organismos planctónicos, que presentan la capacidad de incrementar su abundancia, volviéndose dominantes. Estas proliferaciones pueden durar por varios días o semanas.

El objetivo de la realización de este trabajo fue el describir la composición de especies fitoplanctónicas que conformaron las proliferaciones algales registradas en las zonas de Cabo Corrientes, Lázaro Cárdenas y Guerrero durante el crucero oceanográfico MareaR-IV, llevado a cabo en el Pacífico tropical mexicano, así como describir las condiciones oceanográficas que pudieron tener influencia sobre la ocurrencia de las proliferaciones algales, y encontrar la relación de las variables fisicoquímicas con la abundancia de los organismos dominantes.

Se registraron un total de 189 especies distribuidas en 74 géneros, de estas especies 42 fueron dominantes, dentro de estas especies las que mostraron la más elevada abundancia fueron *Mesodinium rubrum* con 1.55×10^6 cél L⁻¹, *Gymnodinium catenatum* 1.46×10^6 cél L⁻¹, *Gonyaulax* sp. 1.44×10^6 cél L⁻¹ y *Prasinoderma* sp. 5.26×10^6 cél L⁻¹. El patrón de corrientes geostróficas mostró un desplazamiento general con dirección sureste. Las zonas de Cabo Corrientes y Lázaro Cárdenas mostraron influencia de surgencia costera con valores máximos de 243 y 191 m³ s⁻¹ 100m⁻¹ respectivamente. Las imágenes de satélite y los perfiles horizontales mostraron que la concentración de clorofila-a fue más elevada en la región próxima a la costa disminuyendo perpendicularmente a la línea de costa, la temperatura mostró un patrón inverso a la clorofila-a. Las variables temperatura y salinidad presentaron una alta homogeneidad y las variables, clorofila-a, oxígeno, así como los nutrientes mostraron una alta heterogeneidad. Los nutrientes que presentaron las mayores concentraciones fueron los silicatos y nitratos. La máxima riqueza se registró en la zona de Guerrero, las tres zonas mostraron una alta diversidad correlacionada inversamente con la dominancia y la equidad.

La relación entre las especies dominantes y las variables oceanográficas mostraron una relación significativa en las tres zonas, las especies que mostraron la máxima abundancia dentro de las proliferaciones algales estuvieron fuertemente relacionadas a los gradientes de fosfatos, silicatos, nitritos y nitratos, así como con profundidades someras y baja temperatura.

ABSTRACT

The algal blooms occurs when the optimal conditions exist for the development to some planktonic organisms, which present the capacity to increment their abundance, turning dominants. These blooms may last for several days or weeks.

The objective of realization of this work was to describe the composition of phytoplankton species that formed the algal blooms registered in the zones of Cabo Corrientes, Lázaro Cárdenas and Guerrero during the oceanographic cruise MareaR-IV that was carried out in the Mexican tropical Pacific during the days 10-22 of April to 2012, as well as to describe the oceanographic conditions that might influence about the occurrence to the algal blooms and find the relationship to the physicochemical variables with the abundance of the dominant organisms.

Were recorded a total of 189 species distributed in 74 genres, of these species 42 were dominants, within of these species that showed the greatest abundance were *Mesodinium rubrum* with 1.55×10^6 cél L⁻¹, *Gymnodinium catenatum* 1.46×10^6 cél L⁻¹, *Gonyaulax* sp. 1.44×10^6 cél L⁻¹ y *Prasinoderma* sp. 5.26×10^6 cél L⁻¹. The geostrophic currents pattern showed a general displacement to southeast direction. The zones of Cabo Corrientes and Lázaro Cárdenas presented the influence of coastal upwelling with maximum values of 243 and 191 m³ s⁻¹ 100m⁻¹ respectively. The satellite images and the horizontal profiles showed that the concentrations of chlorophyll was greatest in the region near to the coast decreasing perpendicularly to the coastline, the temperature presented an inverse pattern that the chlorophyll. The variables, temperature and salinity showed the greatest homogeneity, and the variables, chlorophyll, oxygen as well as the nutrients presented a high heterogeneity. The nutrients that exhibit the greatest concentrations were the silicates and nitrates. The greatest richness was registered in the Guerrero zone; the three zones showed a high diversity inversely correlated with dominance and equity.

The relationship between dominant species and the oceanographic variables exhibit a significant relation in the three zones, species that showed the highest abundance within of algal blooms were strongly related to the gradients of phosphate, silicate, nitrite and nitrate as well as with shallow depths and low temperature.

INTRODUCCIÓN

El término plancton es definido por Hensen (1887), proviene del griego *planktós* “errante” y éste se describe como el grupo de organismos tanto animales como vegetales cuyo desplazamiento puede ser nulo o reducido respecto al de otros organismos que desarrollan su ciclo de vida dentro de la columna de agua como el necton; encontrándose así condicionado por los movimientos de las masas de agua, olas, corrientes marinas y mareas. Estos organismos habitan el ambiente pelágico, generalmente en la zona eufótica, y se pueden dividir principalmente en dos grupos: fitoplancton y zooplancton. Según su tamaño, el plancton puede dividirse en picoplancton (0.2 – 2 μm , bacterias), nanoplancton (2 – 20 μm , fitoflagelados), microplancton (20 – 200 μm , diatomeas, dinoflagelados, ciliados), mesoplancton (200 μm - 2 cm, copépodos), macroplancton (2 - 20 cm, medusas, ictioplancton), megaloplancton (20 – 200 cm, medusas, tunicados) (Dussart, 1965; Sieburth et al., 1978; Steidinger et al., 1984; Cifuentes, 1986).

El fitoplancton marino es la fracción de organismos de entre 2 μm y 2 cm de una comunidad heterogénea, en su mayoría fototróficos, (Hernández-Becerril, 2003), adaptados a vivir parcial o continuamente en la columna de agua (Reynolds, 2006). Dentro de los papeles ecológicos del fitoplancton marino, se puede mencionar que al ser productores primarios son base de las tramas tróficas marinas, son capaces de asimilar una gran cantidad de CO_2 , que se incorpora al ciclo de carbono, intervienen de manera considerable en los ciclos biogeoquímicos del oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, fósforo y silicio (Hernández-Becerril, 2003) y son responsables de la producción de toxinas que afectan a la biota marina, así como el potencial efecto adverso que estas toxinas tienen sobre la salud humana (Hallegraeff, 1993).

Dentro de las clases taxonómicas que componen la comunidad fitoplanctónica marina se encuentran: Cyanobacteria, Cryptophyta, Dinophyta, Heterokontophyta (Bacillariophyceae, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Eustigmatophyceae,

Raphidophyceae), Haptophyta, Euglenophyta y Chlorophyta, que integran aproximadamente 5000 especies vivientes (Sournia et al., 1991).

Las poblaciones y la composición de especies fitoplanctónicas varían en función de factores abióticos, como la disponibilidad de luz, temperatura, la capacidad de mezcla, disponibilidad de nutrientes y factores bióticos como el pastoreo, interacciones como parasitismo, competencia intra e interespecífica, la presencia de agentes patógenos e interacciones alelopáticas (Granéli y Turner, 2006). Estos factores suelen mantener en concentraciones bajas las poblaciones fitoplanctónicas, manteniendo las tasas de división celular promedio, por lo tanto el crecimiento de las poblaciones (Ochoa et al., 2003).

Cuando las condiciones para el crecimiento del fitoplancton suelen ser favorables, puede ocurrir que una o pocas especies superen las tasas de pérdida, generando que estas especies sean dominantes, teniendo como resultado proliferaciones algales que ocurren por varios días o semanas (Ochoa et al., 2003).

Los ciliados son protozoarios unicelulares ubicuos, generalmente planctónicos que presentan como característica principal la presencia de cilios alineados regularmente que pueden rodear por completo al organismo los cuales cumplen funciones de desplazamiento y alimentación. Presentan formas esféricas y elipsoidales con tallas que van de 5 a 200 μm (Vaquer y Sala, 2000). Los ciliados planctónicos son un grupo morfológicamente diverso dividido en ciliados con lorica y desnudos o sin lorica (Montagnes y Lynn, 1987).

En su mayoría los ciliados son considerados organismos herbívoros pero estos pueden ser estrictamente heterotróficos alimentándose de pico y nanoplancton (Dolan, 1991a) o mixótrofos debido a que estos secuestran y hacen funcionales los cloroplastos ingeridos por fagotrofía de algas como las criptófitas (Dolan, 1992).

Los ciliados son organismos relevantes en las redes tróficas marinas (James y Hall, 1995) como productores secundarios (Brown et al., 2002); son considerados mediadores valiosos en la transferencia energética de la producción nano y

picoplanctónica a niveles tróficos superiores (Dolan, 1991b) y como recurso alimenticio para organismos como los copépodos sus principales depredadores (Sanders y Wickham, 1993).

El término “marea roja” es utilizado para describir el fenómeno oceánico de cambio en la tonalidad superficial del mar en áreas delimitadas tanto en extensión como en profundidad, generado por una proliferación excesiva de organismos planctónicos, llegando a presentarse millones de células en un volumen definido (10^6 cél L^{-1}) (Reguera, 2002), los organismos que generalmente producen estos incrementos o “proliferaciones algales” (PA), destacando por su abundancia son los dinoflagelados, las diatomeas y algunos grupos de ciliados como *Mesodinium rubrum*, que contienen pigmentos, los cuales generan un cambio de color visible en el agua, sin embargo el término marea roja resulta inadecuado ya que la coloración adquirida por el agua depende en gran medida del organismo dominante, la cantidad en que se presentan y de los pigmentos con los que cuentan (Riobó Agulla, 2008).

Se puede clasificar a las proliferaciones algales en:

Tóxicas: Originadas por organismos capaces de producir toxinas que generan trastornos a la salud humana, al ser consumidas en su forma bioacumulada por moluscos bivalvos filtradores, que actúan como vector para la transferencia de las toxinas.

Dentro de los principales tipos de intoxicación por organismos fitoplanctónicos encontramos: la intoxicación paralizante por consumo de mariscos (PSP), ocasionada por las toxinas del grupo de las saxitoxinas (STX), la intoxicación neurotóxica por consumo de mariscos (NSP), ocasionada por brevetoxinas (BTX), La intoxicación diarreica por consumo de mariscos (DSP), debida al ácido okadaico (AO) y dinofisistoxina (DTX), la intoxicación amnésica por consumo de mariscos (ASP), ocasionada por el ácido domoico (AD) y la ciguatera por las ciguatoxinas (CTX).

Nocivas: se refiere a microalgas que no generan como productos metabólicos toxinas, pero que sin embargo presentan problemas en la dinámica de las poblaciones o comunidades locales, al variar las condiciones fisicoquímicas del sistema, presentándose periodos de anoxia al decaer la concentración celular, la alteración del pH o dificultades en los sistemas respiratorios en peces.

Inocuas: son aquellas que no producen toxinas, o que no presentan algún efecto nocivo en la dinámica del ecosistema (Riobó Agulla, 2008).

Las “Proliferaciones Algales Nocivas” (PAN) se constituyen de una pequeña fracción; de las 5000 especies conocidas de fitoplancton (Sournia, 1991), aproximadamente 300 especies, pueden ocasionar cambio en la coloración del agua (Hallegraeff, 2003), de las cuales 111 especies se han reportado como productoras de toxinas (Moestrup et al., 2014)

ANTECEDENTES

El primer registro, encontrado en la historia, acerca de fenómenos de discoloración en el agua es encontrado en la biblia, ocurrido en el Nilo (Éxodo 7:20-21). Darwin realizó la descripción de un organismo que ocasionó una discoloración, que fue observada durante su viaje a bordo del bergantín “HMS Beagle” (Galtsoff, 1949, 1954). En el caso de México, Núñez Cabeza de Vaca en el siglo XVI, menciona la denominación ocupada por los españoles de “Mar Bermejo” para el Golfo de California, debido a los eventos de mareas rojas observados en esta región, la descripción del dinoflagelado desnudo *Gymnodinium catenatum*, fue realizada por Graham (1943), mediante una muestra obtenida a partir de una proliferación registrada en el Golfo de California. Actualmente, se ha observado un aumento en el registro de proliferaciones algales tanto en el Pacífico mexicano, Golfo de México y Mar Caribe, en la zona de la península de Yucatán, lo cual puede ser debido al aumento de los investigadores interesados en el tema en las diferentes regiones del país, sin embargo este incremento también puede deberse a la actividad antropogénica, por la adición de nutrientes, propiciando eutrofización,

dando las condiciones óptimas, para la proliferación de estos organismos, (Band-Schmidt et al., 2011). Blasco (1977) reportó mareas rojas ocurridas durante la época de surgencia en el Golfo de California, dominadas por el dinoflagelado tecado *Gonyaulax polyedra*. Mareas rojas ocasionadas por el ciliado *Mesodinium rubrum*, fueron estudiadas por Cortés Altamirano (1984). Dentro de las principales especies formadoras de mareas rojas en México para el Pacífico mexicano en los últimos 20 años se encuentran:

En cuanto a dinoflagelados atecados, *Akashiwo sanguinea* ha ocasionado disminución en concentraciones de oxígeno, afectando a langostas, abulón, caracol, peces y ostión de cultivo en Bahía Tortugas, y Punta Abreojos, Baja California Sur, (Turrubiates-Morales, 1994; Gómez-Tagle, 2007; Gárate-Lizárraga et al., 2007a, 2008; Núñez-Vázquez et al., 2011). *Cochlodinium polykrikoides* ha presentado proliferaciones en Bahía de Banderas, Nayarit y Jalisco, Bahía de La Paz, Baja California Sur, Bahía de Acapulco, Guerrero, provocando mortandad de peces, debido a un exceso en la producción de mucus, taponamiento de branquias, además se considera una especie reactiva al oxígeno que genera radicales que afectan la capacidad de asimilación del oxígeno (Gárate-Lizárraga et al., 2004a, 2011; Cortés-Lara et al., 2004; Núñez-Vázquez et al., 2003). *Gymnodinium catenatum* ha sido el organismo responsable de proliferaciones algales nocivas en Mazatlán, Sinaloa, Bahía de la Paz, Baja California Sur, Bahía de Manzanillo, Colima y Bahía de Acapulco, Guerrero, generando intoxicaciones en humanos, en algunos casos hasta la muerte, así como mortandad de camarones en sistemas de cultivo, esto debido a que producen saxitoxina y neosaxitoxina, que son toxinas responsables de PSP (De la Garza-Aguilar, 1983; Mee et al., 1986; Cortés-Altamirano y Núñez-Pasten, 1992; Figueroa-Torres y Zepeda-Esquivel, 2001; Alonso-Rodríguez y Páez-Osuna, 2003; Cabrera-Mancilla et al., 2000; Gárate-Lizárraga et al., 2004b, 2005, 2006; Band-Schmidt et al., 2005a, 2006, 2010; Rodríguez-Palacio et al., 2006; Hernández-Sandoval et al., 2009). *Noctiluca scintillans*, ha sido asociado a mortandad de nudibranchios, en Bahía de La Paz y Bahía Concepción, Baja California Sur, esto

debido a altas concentraciones de amonio por acumulación en sus vacuolas, sin embargo no presentó toxicidad (Gárate-Lizárraga et al., 2001).

Con respecto a las especies de dinoflagelados tecados, *Ceratium divaricatum*, Orellana-Cepeda et al., (2007) reportó una proliferación superior a 1.5×10^6 cél L⁻¹, en Ensenada, Baja California, la cual ocasionó condiciones de anoxia, afectando poblaciones de langostas, estrellas de mar, cangrejos y peces. *Ceratium furca*, presentó una proliferación reportada con altas concentraciones de amonio, generando la mortandad de 500 toneladas de atún en un sistema de cultivo en Ensenada, Baja California, (Orellana-Cepeda et al., 2004). *Prorocentrum minimum*, ha presentado PAN en estanques de cultivo de camarón, en la costa del estado de Sinaloa, observándose efectos adversos en los cultivos presentándose mortandades en estadios tempranos y deficiencia en el crecimiento de los organismos (Cortés-Altamirano y Agraz, 1994; Cortés-Altamirano et al., 1997; Cortés-Altamirano y Licea-Durán, 1999; Núñez-Vázquez et al., 2003; Sierra-Beltrán et al., 2005a; Martínez-López et al., 2008). *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*, ha sido responsable de intoxicaciones humanas, asociadas a PSP, esto debido a que estos organismos son productores de saxitoxinas, también ha generado mortandades de peces y tortugas marinas en el Golfo de Tehuantepec, entre los estados de Oaxaca y Chiapas; Bahía de Sta. Cruz en Huatulco, Oaxaca; Bahía de Acapulco, Guerrero; y costas de Michoacán; (Saldate-Castañeada et al., 1991; Cortés-Altamirano et al., 1993; Parrilla-Cerillo et al., 1993; Licea-Durán et al. 2006; Meave et al., 2006; Núñez-Vázquez et al., 2007).

En cuanto a los dinoflagelados tecados bentónicos *Prorocentrum lima* ha presentado ácido ocadaico y dinofisistoxinas, toxinas productoras de DSP, ocasionando intoxicaciones en humanos, en Isla el Pardito, Baja California Sur, (Heredia-Tapia et al., 2002; Núñez-Vázquez et al., 2003). Las especies del género *Gambierdiscus* spp, no han sido monitoreadas regularmente sin embargo en Rocas Alijos e Isla el Pardito, Baja California Sur, se han reportado casos de intoxicaciones humanas ocasionadas por ciguatoxinas, asociadas a este género,

asumiendo su proliferación (Parrilla-Cerrillo et al., 1993; Barton et al., 1995; Lechuga-Devéze y Sierra-Beltrán, 1995; Núñez-Vázquez et al., 2000, 2008).

Con respecto a las diatomeas, las especies del género *Chaetoceros* spp, han ocasionado daño mecánico por obstrucción de branquias, provocando mortandad de peces, y crustáceos en bahía de la Paz, Baja California Sur (López-Cortés et al., 2006; Gárate-Lizárraga et al., 2007b; Núñez-Vázquez et al., 2011). Las especies del género *Pseudo-nitzschia* spp, han generado proliferaciones en Cabo San Lucas y Bahía de La Paz, Baja California Sur; Alto Golfo de California; Ensenada, Baja California; se han asociado a mortandad de aves, peces y mamíferos marinos, esto debido a que son capaces de producir ácido domoico, responsable del ASP (Ochoa et al., 1996; Sierra-Beltrán et al., 1997, 2005b; Gárate-Lizárraga et al., 2007b; García-Mendoza et al., 2009).

Las rafidofitas del género *Chattonella* spp. han presentado eventos de proliferación en Bahía KunKaan, Sonora, Laguna Navachiste y Bahía de Mazatlán, Sinaloa, Bahía de La Paz, Baja California Sur, se sabe que esta especie es capaz de producir metabolitos ictiotóxicos, especies reactivas al oxígeno y sustancias hemolíticas y neurotóxicas, ha sido asociada a mortandades de peces, moluscos y crustáceos (Barraza-Guardado et al., 2004; García-Hernández et al., 2005; García-Hernández, 2008; Band-Schmidt et al., 2005b; Cortés-Altamirano et al., 2006a, b; Martínez-López et al., 2006).

JUSTIFICACIÓN

El estudio de las comunidades fitoplanctónicas resulta de gran importancia dentro de los ecosistemas marinos, debido a que la productividad primaria en zonas oceánicas está basada principalmente en microalgas pelágicas unicelulares o coloniales. Las condiciones ambientales pueden generar incremento de la biomasa fitoplanctónica, produciendo proliferaciones que pueden llegar a ser nocivas.

La relevancia del estudio de la ecología de las proliferaciones algales (PA), se basa en los efectos adversos que pueden ocasionar dentro de los ecosistemas, como el decaimiento de la concentración de oxígeno en la columna de agua, efectos sobre las redes tróficas afectando a organismos de importancia económica, intoxicaciones en humanos que pueden llegar a ser letales.

La importancia de la investigación propuesta se centra en conocer la composición de las comunidades fitoplanctónicas que conformaron los eventos de “marea roja”, conocer su diversidad, identificar los factores ambientales que favorecieron la aparición de estos eventos como registro para el Pacífico central mexicano.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la composición, riqueza, abundancia, dominancia y diversidad de las comunidades fitoplanctónicas en las zonas que se registraron proliferaciones algales; durante el crucero oceanográfico MareaR-IV, llevado a cabo del 10 al 22 de abril del año 2012?

¿Cómo varió la clorofila a y la temperatura satelital; previamente, durante y después del crucero oceanográfico MareaR-IV; en las zonas donde se registraron las proliferaciones algales?

¿Cuál es la relación entre las variables fisicoquímicas; temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, clorofila-a y nutrientes (amonio, nitrito, nitrato, fosfatos y silicato) y condiciones oceanográficas; patrón de corrientes e índice de surgencia; con la presencia de proliferaciones algales registradas en el Pacífico tropical mexicano durante el crucero Marea R-IV?

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar las proliferaciones algales mediante el análisis de los atributos de las comunidades fitoplanctónicas, variables fisicoquímicas y condiciones

oceanográficas registradas en el Pacífico tropical mexicano del 10 al 22 de abril de 2012 durante el crucero oceanográfico MareaR-IV

Objetivos específicos

Caracterizar las comunidades fitoplanctónicas mediante la determinación de la composición, riqueza, abundancia, dominancia y diversidad.

Analizar la variación vertical de las variables fisicoquímicas: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, clorofila-a y nutrientes (amonio, nitrito, nitrato, fosfatos y silicato), y buscar su relación con las proliferaciones algales registradas.

Comparar las condiciones previas, durante y posteriores de clorofila-a y temperatura satelital en las regiones en que fueron registradas las proliferaciones algales.

Evaluar los patrones de corrientes geostróficas e índices de surgencia con relación a la presencia de las proliferaciones algales.

Determinar las relaciones existentes entre la dominancia de las especies fitoplanctónicas y las variables fisicoquímicas descritas, para cada región donde se presentaron las proliferaciones algales.

ÁREA DE ESTUDIO

El Pacífico tropical mexicano presenta una línea de costa de aproximadamente 2,234 km (De la Lanza-Espino, 2004), abarca desde Cabo Corrientes en el estado de Jalisco hasta el estado de Chiapas, en la frontera con Guatemala (Espinosa-Pérez, 2004; INEGI 2002).

En la zona correspondiente al Pacífico tropical mexicano existe una confluencia de corrientes formando la denominada corriente Norecuatorial, que se forma por la convergencia de la corriente del Pacífico oriental tropical, la corriente de California que presenta una baja temperatura y salinidad (Espinosa-Pérez, 2004) y la

corriente costera de Costa Rica que presenta aguas cálidas, llegando durante los meses de junio-julio hasta Cabo Corrientes y en agosto hasta el Golfo de Tehuantepec (De la Lanza-Espino, 2004). La corriente Norecuatorial se encuentra totalmente desarrollada de agosto a diciembre, durante este periodo gran parte de la contracorriente fluye dentro de la Corriente Costera de Costa Rica, entrando en la corriente Norecuatorial a los 10° y 20° norte, que corresponden a las latitudes entre las cuales se sitúan los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. (Wirtky, 1965) Estas corrientes oceánicas son de carácter estacional y afectan las capas superficiales del océano (De la lanza-Espino, 1991). En cuanto a los procesos oceanográficos, la porción del Pacífico tropical mexicano se caracteriza por la presencia de la surgencia de Cabo Corrientes, la alberca caliente del Pacífico tropical y los giros y surgencia de Tehuantepec. La zona de alberca caliente se caracteriza por una circulación anticiclónica débil, esto debido a poca influencia de corrientes a gran escala (Niiler, 2001), la dirección del flujo en la región costera se da en dirección norte la mayor parte del año, la dirección sur se presenta solo en invierno (Strub y James, 2002), esta zona presenta una termoclina somera que oscila alrededor de los 10 m de profundidad en la región próxima a la costa, una temperatura alta igual o superior a 28°C (Trasviña et al., 1999), una baja concentración de nutrientes que se extiende en los estados de Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca (Márquez-García et al., 2003).

MATERIALES Y MÉTODOS

Actividades de Campo

El material obtenido para llevar a cabo el presente trabajo fue colectado durante el crucero oceanográfico “MareaR-IV”, realizado del 10 al 22 de abril de 2012, a bordo del Buque Oceanográfico “El Puma”.

La zona de muestreo estuvo integrada por 13 estaciones oceanográficas del Pacífico central mexicano, distribuidas entre Cabo Corrientes, Jalisco, Lázaro Cárdenas, Michoacán y Acapulco, Guerrero, (Fig. 1).

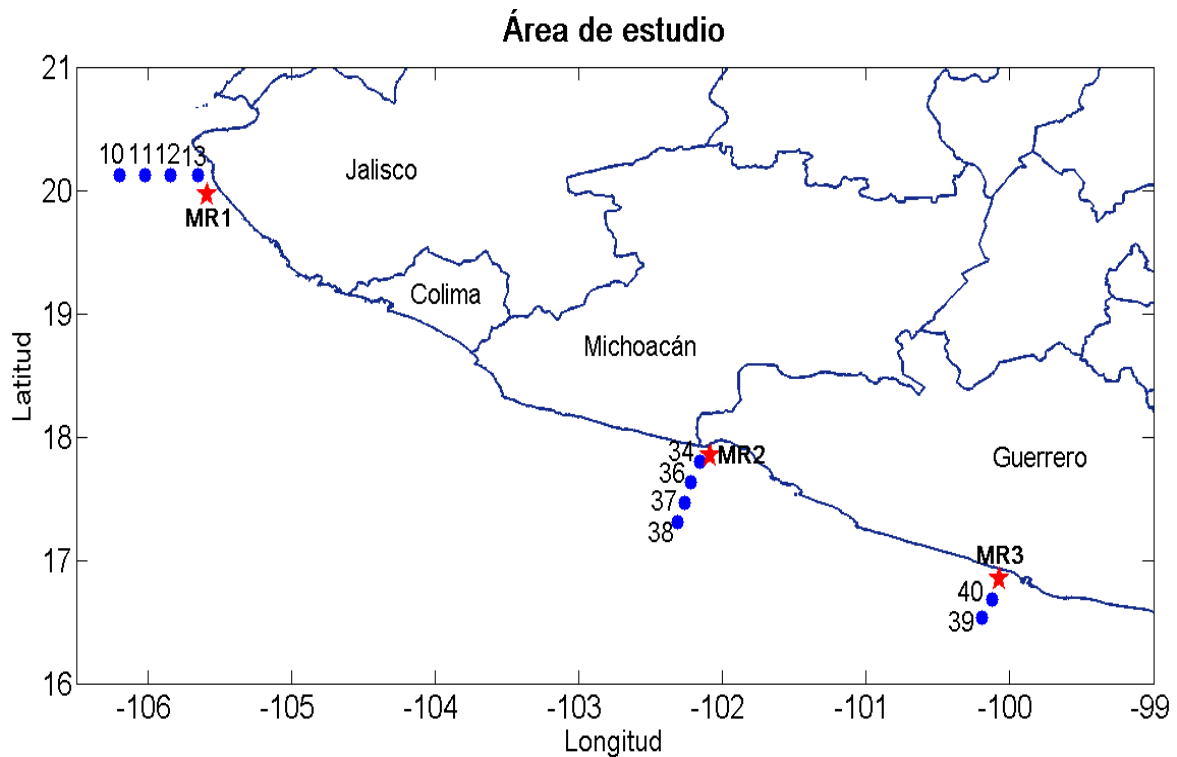


Figura 1. Ubicación de la red de estaciones en el Pacífico central mexicano.

Durante el crucero MareaR-IV se presentaron tres eventos de marea roja, frente a las costas de Jalisco, Michoacán y Guerrero (tabla 1).

Tabla 1. Coordenadas de las mareas rojas encontradas durante el crucero oceanográfico MareaR-IV

Marea Roja ID	Latitud N.	Longitud O.
MR1	19°57'57.48"	105°35'29.88"
MR1A	19°58'04.92"	105°35'17.88"
MR1B	19°57'45.90"	105°35'16.38"
MR2	17°50'18.90"	102°04'22.56"
MR3	16°50'46.56"	100°04'16.86"
MR3A	16°50'45.12"	100°03'44.76"
MR3B	16°50'34.26"	100°03'13.50"
MR3C	16°50'26.16"	100° 2'55.26"

El listado de las muestras analizadas se presenta a continuación:

Tabla 2. Listado de muestras obtenidas con botella Niskin de 10 L y sus respectivas profundidades.

Muestras Botella Niskin			
Marea Roja (MR)	Profundidad (m)	Transecto	Profundidad (m)
1	Superficie	E10	Superficie
	3		6
	11		11
	21		41
	31		51
1A	Superficie	E11	Superficie
	3		5
	8		10
1B	30	E11	20
	3		30
2	10	E12	Superficie
	Superficie		5
	2		10
	5		20
	10		30
3	50	E13	Superficie
	2		12
	5		21
3A	10	E13	31
	Superficie		75
3B	Superficie	E13	100
	Superficie		Superficie
3C	Superficie	E40	12
	Superficie		30
SUBTOTAL	Superficie	E40	50
	<u>20</u>		<u>75</u>
		SUBTOTAL	<u>26</u>

Tabla 3. Listado de muestras obtenidas por arrastre vertical, con una apertura de malla de 25 μm .

Muestras de Red	
Marea Roja (MR)	Transecto
1	E10
1 ^a	E11
1B	E12
3	E13
3 ^a	E39
3B	E40
3C	
<u>SUBTOTAL 7</u>	<u>SUBTOTAL 6</u>

Los datos para las variables oceanográficas conductividad, temperatura y presión, oxígeno disuelto y fluorimetría fueron obtenidos Utilizando un CTD SEABIRD SBE 9 PLUS, con un fluorímetro Wetlab ECO-AFL/FL integrado. La colecta de muestras para nutrientes se realizó por medio de botellas Niskin de 10 L, y fueron almacenadas en frascos de 50ml y colocándose inmediatamente en congelación a -4°C para su posterior análisis en laboratorio.

El material biológico, colectado para análisis cualitativo de fitoplancton, fue obtenido mediante arrastre vertical, a una profundidad máxima de 150 m utilizando una red cónica, con una apertura de malla de 25 μm y posteriormente fijado con formol al 4% de concentración final.

Para la colecta del material utilizado en el análisis cuantitativo de fitoplancton se emplearon dos métodos, por medio de una cubeta de 12 L desde la cubierta del barco esto a nivel superficial, para colecta vertical de fitoplancton se utilizó una roseta equipada con botellas Niskin en carrusel, con una capacidad de 10 L, la

roseta cuenta con un sistema de cierre automatizado, la profundidad de la toma de muestras estuvo en función de la batimetría obtenida con la ecosonda y los máximos de fluorescencia obtenidos a partir de datos obtenidos por medio del CTD.

Actividades de Laboratorio

Para la identificación de organismos del fitoplancton, fue revisado el material colectado con red, mediante microscopio de luz (Olympus, BX40), utilizando los objetivos de 10x, 40x y 100x, observando la morfología externa, la forma, presencia o ausencia de ornamentaciones, setas, espinas, en el caso de las diatomeas, el cingulum, sulcus, la forma de las placas y la presencia de espinas o aletas, para los dinoflagelados, así como tomando medidas del tamaño de los organismos.

Para el uso de microscopía electrónica de barrido, se prepararon alícuotas, mediante la técnica de secado de punto crítico, previa deshidratación con alcoholes en concentraciones de 10, 20,30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100%, una vez realizado el secado las muestras fueron montadas en un cilindro para su metalización con oro; posteriormente, se tomaron microfotografías con el microscopio JEOL JSM6360 LV, observando el detalle fino de las estructuras superficiales de los organismos.

Para la identificación de organismos fueron consultadas las siguientes referencias; Cupp, 1943; Balech, 1988; Moreno-Ruiz et al., 1996; Tomas, 1996; Hernández-Becerril, 1998; Horner, 2002; Sar, 2007; Sunesen, 2007a, 2007b, 2008; Okolodkov, 2008; Kraberg, 2010; Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010.

Para el conteo de organismos se usó el método de Utermöhl, el cual asume que la distribución de los organismos en la cámara de sedimentación es homogénea, al depositarse en el fondo por el efecto de la gravedad (Edler y Elbrächter, 2010), la homogeneización de las muestras en botella, se realizó mediante movimientos regulares durante 50 veces, evitando movimientos bruscos, para reducir la

formación de burbujas de aire, las cámaras de sedimentación utilizadas para el caso de las mareas rojas tuvieron un volumen de 5 ml, para las muestras de los transectos de Cabo Corrientes, Jalisco y Guerrero, se utilizaron cámaras de sedimentación de 25 ml, que fueron llenadas en su totalidad y tapadas con un cristal circular, evitando la formación de burbujas y la pérdida por evaporación. El tiempo de sedimentación, de acuerdo con de Edler, (1979), dependió de la altura de la cámara y el fijador utilizado, siendo de 3 horas por cm de altura de la cámara de sedimentación, posteriormente el conteo se realizó en el microscopio invertido (Carl Zeiss, Axiovert 25), con el objetivo de 20x, contando 2 transectos diametrales, uno horizontal y otro vertical, realizando conteos por triplicado, esto en el caso de las cámaras de 5 ml para las estaciones de marea roja, para el caso de las estaciones donde no se presentó marea roja se contó el material encontrado en un transecto, durante los conteos se tomaron fotografías de los organismos presentes para facilitar la identificación, para estimar la concentración de organismos se utilizó la siguiente ecuación, de acuerdo a Edler y Elbrächter (2010).

$$Cells\ mL^{-1} = N * \left(\frac{A_t}{A_c}\right) * \frac{1}{V}$$

Dónde:

V: volumen de la cámara de conteo

A_t =área total de la cámara de conteo (mm^2)

A_c = área contada de la cámara de conteo (mm^2)

N=número de unidades (células) de especies específicas contadas

El análisis de ortofosfatos (P- PO_4), amonio (N- NH_4), nitrito (NO_2), nitrato (NO_3) y silicatos (SiO_2), se llevó a cabo por el personal del laboratorio de Biogeoquímica acuática del instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM utilizando un autoanalizador de flujo segmentado SKALAR modelo San Plus System de cinco canales.

Actividades de Gabinete

Dentro de las actividades de gabinete se evaluaron los atributos de la comunidad fitoplanctónica y las condiciones oceanográficas.

Composición Específica

Para determinar la composición específica se realizó un listado de las especies que componían las poblaciones que integran a las comunidades, considerando como comunidad al grupo de organismos fitoplanctónicos que se registraron dentro de un volumen definido situado en un tiempo y espacio.

Diversidad Alfa

Se entiende como la diversidad intracomunitaria en función de la riqueza específica en una comunidad considerada homogénea (Moreno, 2001), la forma de estimar esta diversidad fue obteniendo los siguientes índices utilizando el software PAST versión 2.17c (Hammer et al., 2001):

Abundancia Relativa

Se refiere a la relación expresada como porcentaje, entre el número de individuos de una determinada especie y el número total de individuos de todas las especies de la comunidad.

$$Ar = \left(\frac{ni}{N} \right) \times 100$$

Dominancia de Simpson

Para determinar la dominancia fue utilizado el índice de Simpson, que se basa en la probabilidad de un encuentro intraespecífico, este índice tiene un rango de 0 a

1, mismo que nos indica que la dominancia va desde una igualdad de todos los taxa presentes hasta el completo dominio de un taxa dentro de la comunidad (Bouza y Covarrubias, 2005).

El cálculo de la dominancia se lleva a cabo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$D = \sum_i \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

Dónde:

D= Dominancia de Simpson

N= Número total de individuos

n_i= Número de individuos pertenecientes al taxón i

Índice de Diversidad de Shannon

Este índice se basa en la abundancia relativa de cada especie, midiendo la heterogeneidad de la comunidad, el valor máximo de este índice indicará una abundancia igualitaria entre el total de especies presentes en la comunidad (Melo y Vargas, 2003).

El índice de Shannon se expresa como:

$$H = - \sum_i \left(\frac{n_i}{n} \right) \ln \left(\frac{n_i}{n} \right)$$

Índice de Riqueza

Los índices empleados para medir la riqueza siendo independientes del tamaño de la muestra se basan en la relación entre el número de especies y el número total de organismos observados considerando a valores por debajo de 2 como una baja

riqueza y 5 como alta riqueza (Bravo-Núñez, 1991). Para estimar la riqueza se utilizó el índice de Margalef expresado como:

$$R_1 = \frac{S - 1}{\ln(n)}$$

Dónde:

S= número total de especies observadas

n= número total de organismos observados

Equidad de Shannon

Este índice nos indica que tan uniforme es la distribución de los individuos dentro de las especies que componen la comunidad (Newman, 2003), la fórmula de equidad de Shannon se presenta a continuación:

$$E = \frac{H}{\ln S}$$

Dónde:

E=equidad

H= diversidad

lnS= logaritmo natural del número total de especies de cada comunidad

Masas de Agua y Perfiles Verticales

Los datos obtenidos de cada lance vertical del CTD fueron guardados en un archivo con extensión .DAT, estos se procesaron con las rutinas del programa SBE Data Processing recomendadas en el manual de usuario obteniendo un

archivo con extensión .CNV. Con este mismo programa se utilizaron los valores de subida del CTD, para reducir los datos erróneos ocurridos durante el periodo de estabilización del CTD en superficie, se elaboraron los diagramas de masas de agua y perfiles verticales de temperatura (°C), salinidad, clorofila-a (mg m⁻³) y oxígeno disuelto (mg L⁻¹).

Los datos obtenidos del CTD SEABIRD SBE 9 PLUS fueron procesados en Excel 2010 obteniendo medidas de tendencia central y dispersión de acuerdo con lo descrito por Pérez (2002); tales como el promedio, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación para las tres zonas donde se observaron cambios en la coloración del mar debido a proliferaciones algales.

La media o promedio \bar{X} es una medida de tendencia central definida como la suma de una serie de datos X_i , dividida entre el número total de datos N_i y es expresada de la siguiente manera:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N}$$

La mediana es una medida de tendencia central que presenta una alta resistencia a datos atípicos, esta corresponde al valor encontrado justo a la mitad de una serie de datos ordenados.

La desviación estándar es una medida de dispersión que permite cuantificar un intervalo de confianza, es la raíz cuadrada de la suma de las desviaciones cuadradas provenientes de la media dividida entre el número de datos menos uno esto se expresa como sigue:

$$D.E. = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (X_i - \bar{X})^2}$$

El coeficiente de variación es una medida de la dispersión y variabilidad de subgrupos de datos que pueden presentar diferentes medias, señalando que tan grande es la magnitud de la desviación estándar respecto a la media de un

conjunto de valores, este coeficiente puede tomar cualquier valor por encima de cero y puede ser expresado de la siguiente manera.

$$C.V. = \frac{D.E.}{\bar{X}} \times 100$$

Perfiles Horizontales

La distribución horizontal de clorofila-a y temperatura se realizaron utilizando el programa Surfer v.10. Este programa utiliza una grilla rectangular con datos equidistantes, con lo que se construyen mapas de contornos bidimensionales que unen puntos del mismo valor de una variable, este programa usa el método de interpolación del vecino más cercano asignando valores en cada nodo de la grilla con el valor medido más cercano al mismo, permitiendo una aproximación de distribución transversal de las variables. (Golden Software, 2011).

Clorofila-a y temperatura superficial satelital

Las imágenes de clorofila-a y temperatura superficial satelital para las zonas de muestreo dentro de las coordenadas comprendidas entre los -107° y -98° de longitud oeste y los 21° y 15° de latitud norte fueron obtenidas través de la página; <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/browse.pl?sen=am>, mediante los satélites Aqua y Terra por el sensor MODIS o Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer por sus siglas en ingles. MODIS Aqua y MODIS Terra.

El procesamiento de imágenes nivel L2, en formato HDF (Hierarchical Data Format), se llevó a cabo mediante el software SEADAS 6.4. El procesamiento dentro del software incluyó la visualización de datos llevado por la ruta SeaDAS menú principal, visualizar, esto desplegó un menú que permitió seleccionar un archivo en formato HDF y lo mostró en pantalla, cuando el archivo se mostró en pantalla a través del menú función fue seleccionada la opción manipulación de datos y posteriormente proyección de datos, para la proyección de datos fueron seleccionados los archivos de clorofila-a y temperatura visualizados y

georeferenciados, una vez re-proyectado fue añadida y editada la línea de costa para reflejar su diferencia con los datos obtenidos. Se reescaló la concentración de clorofila-a 30 mg L^{-1} y se colocó una barra con el código de color para la escala. Por último los datos obtenidos para la zona re proyectada fueron guardados en formato ASCII.

Patrón de Corrientes

Para la generación de los patrones de corrientes geostróficas se obtuvieron datos de los vectores para la componente zonal u y meridional v para cada uno de los 30 días del mes de abril del 2012. Los datos en casi tiempo real de las anomalías en la altura del nivel del mar “SHA” por sus siglas en ingles son derivados de los altímetros JASON-1/-2, TOPEX, ERS-2, ENVISAT y GFO y procesados por el sitio NRL en el Centro Espacial Stennis, y los datos GTS fueron obtenidos de NOAA / NOS a través de la página <http://www.aoml.noaa.gov>. La media de la altura superficial del mar con una resolución espacial de 0.25 grados fue obtenida por el modelo OCCAM, este modelo es una ecuación numérica primitiva del cual existe una derivación de un campo impulsado por un modelo de vientos realistas, los errores en el modelo OCCAM se eliminan por el uso de alturas dinámicas climatológicas.

Los datos generados por este sistema de derivación e interpolación de “SHA” fueron las corrientes geostróficas calculadas a partir de datos de SHA en formato ASCII conformados por latitud, longitud, componente zonal u y la componente meridional v en cm/s, estos datos fueron obtenidos de la página: <http://www.aoml.noaa.gov/phod/dataphod/work/trinanes/INTERFACE/>. Se denominan como componentes a la descomposición del vector viento en, componente zonal u dirección oeste-este y componente meridional v dirección norte-sur.

Una vez obtenido el archivo ASCII los datos fueron exportados a un archivo en formato .XLSX, y se procedió a realizar el cálculo para obtener el valor del vector

resultante de las componentes zonal y meridional según lo descrito por Rio y Hernández (2004).

Las corrientes pueden ser consideradas vectores con dirección y magnitud, por lo tanto debido a que se conocen los valores para las componentes zonal u y meridional v se puede conocer la velocidad con la siguiente fórmula:

$$\bar{V} = \sqrt{u^2 + v^2}$$

Para calcular la dirección de la corriente se utilizó la siguiente fórmula:

$$D = 90^\circ - \frac{360}{2\pi} \tan^{-1} \left[\frac{v}{u} \right] + \alpha_0$$

$$\alpha_0 = \left\{ \begin{array}{l} 0^\circ \text{ para } u < 0 \\ 180^\circ \text{ para } u \geq 0 \end{array} \right\}$$

Dónde:

\bar{V} = velocidad de la corriente geostrófica

u = componente zonal

v = componente meridional

Teniendo los valores de dirección y velocidad del viento se utilizó el software Surfer 10 para la realización de un mapa de vectores de dos mallas el primero con valores “x”, “y” y “z” correspondientes a longitud, latitud y dirección, el segundo con valores “x”, “y” y “z” correspondientes a longitud, latitud y velocidad asignando una escala de color para la velocidad de los vectores.

Índice de Surgencia

Para la realización de los índices de surgencia para las zonas donde fueron registrados los eventos de marea roja se recurrió a los cálculos para la derivación

de los índices de surgencia descritos por Bakun (1973) realizados por la Pacific Fisheries Environmental Laboratory PFEL 2013 en <http://www.pfel.noaa.gov/products/PFEL/PFEL.html> donde las medias de cada 6 horas (0, 6, 12 y 18 horas) y mensuales son preparadas por la “Fleet Numerical Meteorology and Oceanography Center” FNMOC usando la ecuación del transporte de Ekman:

$$M = \frac{1}{f} \vec{\tau} \times \bar{k}$$

Dónde:

f = Parámetro de Coriolis

$\vec{\tau}$ = vector del estrés del viento

\bar{k} = es el vector unitario dirigido verticalmente hacia arriba

El índice de surgencia es expresado en unidades de metros cúbicos por segundo por 100 metros de línea costera, que es equivalente a toneladas métricas por segundo por 100 metros de línea de costa.

Relaciones Entre las Variables Físicoquímicas y las Especies de Fitoplancton Dominantes

Con la finalidad de evaluar a las especies dominantes en las zonas de muestreo, y utilizarlas en un análisis de correspondencia canónico, se empleó el criterio de Gáston (1994), descrito en Magurran (2004), en el cual se graficaron mediante un diagrama de dispersión, la frecuencia relativa de aparición y la mediana del logaritmo de la abundancia, posteriormente se trazaron dos líneas correspondiendo con; el cuartil superior, es decir el 75% de los datos de la frecuencia relativa de aparición en el eje de las abscisas y el cuartil superior o 75% del valor de la mediana del logaritmo de la abundancia para cada especie en el eje de las ordenadas, obteniendo cuatro cuadrantes de los cuales el cuadrante superior izquierdo correspondió a las especies ocasionales, el cuadrante inferior

izquierdo a las especies raras, el cuadrante inferior derecho a las especies ocasionales y el cuadrante superior derecho a las especies dominantes.

Una vez identificadas las especies dominantes, se procedió a formar una tabla de contingencia con los sitios y abundancias por especie, y una tabla con las variables explicativas, a esta base de datos se le aplicó una transformación logarítmica de la forma $\text{Log}(x+1)$ con la finalidad de homogeneizar las varianzas de las variables, normalizar la distribución de los datos y reducir el efecto de las escalas entre las variables generando datos adimensionales (McGarigal et al., 2000). Una vez estandarizados los datos se realizó un análisis de clasificación de ascendencia jerárquica (cluster) para identificar la manera en que las estaciones se agruparon en función de las variables fisicoquímicas, como medida de distancia se usó la distancia euclidiana esto de acuerdo con lo descrito por Núñez-Colín y Escobedo López (2011), la reestructuración de la matriz para la formación del dendograma se llevó a cabo usando el método de aglomeración de varianzas mínimas de Ward (1963). Para establecer la distancia óptima de corte en los dendogramas se consideraron los nodos entre los cuales el nivel de agrupación presentó un fuerte gradiente de cambio, esto de acuerdo con lo descrito por Vilà-Baños et al. (2014).

Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con los datos de las variables transformadas, el objetivo fue reducir el número de variables a las mínimas necesarias para explicar la máxima variación con la menor pérdida de información, las variables seleccionadas fueron aquellas que tras realizar una rotación Varimax (rotación ortogonal de los ejes factoriales) presentaron una carga factorial con valores >0.71 y <-0.71 que de acuerdo con Tabachnik y Fidell (1989) son excelentes para explicar el mayor porcentaje de la variación.

Con las variables seleccionadas en el ACP que no presentaron multicolinealidad en la matriz de correlación de Pearson se realizó un análisis de correspondencia canónico (ACC) propuesto por Ter-Braak (1986), el cual es un método que permite en un espacio restringido o canónico buscar los ejes principales óptimos que permitan correlacionar abundancias de los organismos con un grupo de variables

continuas, sobre un mismo conjunto de individuos en este caso las comunidades. El “biplot” obtenido en el análisis de correspondencia canónico, muestra que los vectores que parten del centro del gráfico corresponden a las variables ambientales y que su dirección indica el gradiente máximo de cambio para cada variable, la longitud de las flechas será proporcional a la tasa de cambio de las variables. Posterior al ACC se realizó una prueba de permutación de Montecarlo con 1000 permutaciones y un $\alpha = 0.05$ para probar la significancia de la relación entre la abundancia de las especies y las variables ambientales. Para la realización de estos análisis se utilizó el Software XLstat versión 2009.

RESULTADOS

Plancton

Composición específica

En cuanto a los organismos planctónicos registrados en las zonas de Cabo Corrientes, Lázaro Cárdenas y Guerrero, se contabilizaron 189 taxones, distribuidos en 74 géneros, de los cuales pertenecieron 37 a diatomeas, 25 a dinoflagelados, 8 a ciliados, 1 a silicoflagelados, 1 a criptófitas, 1 a rafidofitas y 1 a prasinofitas. A continuación se presenta un listado de las especies identificadas y contabilizadas en este trabajo para las tres zonas del Pacífico tropical mexicano donde se registraron proliferaciones algales.

Tabla 4. Listado de especies registradas y contabilizadas en las zonas de Cabo Corrientes, Lázaro Cárdenas y Guerrero.

CILIADOS

<i>Helicostomella subulata</i>	(Ehrenberg) Jörgensen, 1924
<i>H. fusiformis</i>	(Meunier) Jörgensen, 1924
<i>Laboea strobila</i>	Lohmann, 1909
<i>Lohmanniella oviformis</i>	Leegaard, 1915

Tabla 4. Listado de especies registradas y contabilizadas en las zonas de Cabo Corrientes, Lázaro Cárdenas y Guerrero.

<i>Mesodinium rubrum</i>	(Lohmann) Jankowski, 1976
<i>Rhabdonella spiralis</i>	(Fol, 1881)
<i>Strobilidium neptuni</i>	Montagnes & Taylor, 1994
<i>Strobilidium sphaericum</i>	Lynn & Montagnes, 1988
<i>Strobilidium spiralis</i>	(Leegaard) Lynn & Montagnes, 1988
<i>Strobilidium</i> sp.	Schewiakoff, 1892
<i>Strombidium conicum</i>	(Lohmann) Wulff, 1919
<i>Strombidium emergens</i>	(Leegaard) Kahl, 1932
<i>Strombidium</i> sp.	Claparède & Lachmann, 1859
<i>Tiarina fusus</i>	(Claparède & Lachmann) Bergh, 1880
DINOFLAGELADOS	
<i>Akashiwo sanguinea</i>	(Hirasaka) Gert Hansen & Moestrup 2000
<i>Alexandrium</i> aff. <i>minutum</i>	Halim 1960
<i>Alexandrium</i> aff. <i>tamarense</i>	(Lebour) Balech 1995
<i>Alexandrium</i> spp.	Halim, 1960
<i>Amphidinium</i> aff. <i>flagellans</i>	Schiller 1928
<i>Amphidinium</i> sp.	Clap. & J. Lachm. 1859
<i>Ceratium balechii</i>	Maeve del Castillo, Okolodkov & Zamudio 2003
<i>Ceratium breve</i>	(Ostenfeld & Schmidt) Schröder 1906
<i>Ceratium candelabrum</i>	(Ehrenberg) Stein, 1883
<i>Ceratium furca</i>	(Ehrenberg) Claparède & Lachmann, 1859
<i>Ceratium fusus</i>	(Ehrenberg) Dujardin, 1841
<i>Ceratium lineatum</i>	(Ehrenberg) Cleve, 1899
<i>Ceratium trichoceros</i>	(Ehrenberg) Kofoid, 1908
<i>Ceratium tripos</i>	(Müller) Nitzsch, 1817
<i>Corythodinium tessellatum</i>	(Stein) Loeblich Jr. & Loeblich III 1966
<i>Dinophysis caudata</i>	Saville-Kent, 1881
<i>Dinophysis</i> cf. <i>acuminata</i>	Claparède & Lachmann, 1859
<i>Gonyaulax</i> aff. <i>digitale</i>	(Pouchet) Kofoid, 1911
<i>Gonyaulax</i> aff. <i>polygramma</i>	Stein, 1883
<i>Gonyaulax</i> aff. <i>turbynei</i>	Murray & Whitting, 1899
<i>Gonyaulax</i> sp.	Diesing, 1866
<i>Gymnodinium catenatum</i>	Graham, 1943
<i>Gymnodinium</i> spp.	Stein, 1878
<i>Gyrodinium</i> cf. <i>fusiforme</i>	Kofoid y Swezy, 1921
<i>Gyrodinium</i> cf. <i>spirale</i>	(Bergh) Kofoid & Swezy, 1921
<i>Gyrodinium falcatum</i>	Kofoid y Swezy, 1921
<i>Gyrodinium</i> sp.	Kofoid y Swezy, 1921

Tabla 4. Listado de especies registradas y contabilizadas en las zonas de Cabo Corrientes, Lázaro Cárdenas y Guerrero.

<i>Heterocapsa</i> aff. <i>lanceolata</i>	M. Iwataki y Fukuyo 2002
<i>Heterocapsa</i> aff. <i>minima</i>	A.J. Pomroy 1989
<i>Heterocapsa</i> aff. <i>pygmaea</i>	Lobelich III, R.J.Schmidt y Sherley 1981
<i>Heterocapsa</i> aff. <i>rotundata</i>	(Lohmann) G.Hansen 1995
<i>Heterocapsa</i> spp.	Stein, 1883
<i>Heterocapsa</i> aff. <i>triquetra</i>	(Ehrenberg) Stein, 1883
<i>Histioneis</i> aff. <i>cymbalaria</i>	Stein, 1883
<i>Karenia</i> aff. <i>brevis</i>	(Davis) Hansen y Moestrup, 2000
<i>Karenia</i> aff. <i>mikimotoi</i>	(Miyake y Kominami ex H. Oda) Gert Hansen y Moestrup 2000
<i>Karenia</i> aff. <i>selliformis</i>	A.J. Haywood, Steid. y L. MacKenzie 2004
<i>Karlodinium</i> aff. <i>veneficum</i>	(D.Ballantine) J.Larsen 2000
<i>Katodinium</i> aff. <i>glaucum</i>	(Lebour) Loeblich III 1965
<i>Katodinium</i> sp.	Fott, 1957
<i>Mesoporos</i> aff. <i>perforatus</i>	(Gran) Lillick, 1937
<i>Noctiluca</i> <i>scintillans</i>	(Macartney) Kofoid y Swezy, 1921
<i>Oxyphysis</i> <i>oxytoxoides</i>	Kofoid, 1926
<i>Oxytoxum</i> aff. <i>sceptrum</i>	(Stein) Schröder, 1906
<i>Oxytoxum</i> spp.	F. Stein 1883
<i>Polykrikos</i> aff. <i>schwartzii</i>	Bütschli, 1873
<i>Pronoctiluca</i> <i>spinifera</i>	(Lohmann) J. Schiller 1933
<i>Prorocentrum</i> aff. <i>balticum</i>	(Lohmann) Loeblich III, 1970
<i>Prorocentrum</i> aff. <i>sigmoides</i>	Böhm, 1933
<i>Prorocentrum</i> aff. <i>triestinum</i>	Schiller, 1918
<i>Prorocentrum</i> <i>compressum</i>	(Bailey) Abé ex Dodge, 1976
<i>Prorocentrum</i> <i>dentatum</i>	Stein, 1883
<i>Prorocentrum</i> <i>gracile</i>	Schütt, 1895
<i>Prorocentrum</i> <i>micans</i>	Ehrenberg, 1833
<i>Prorocentrum</i> <i>minimum</i>	(Pavillard) Schiller, 1933
<i>Prorocentrum</i> <i>rostratum</i>	Stein, 1883
<i>Protoperidinium</i> aff. <i>pellucidum</i>	Bergh, 1881
<i>Protoperidinium</i> aff. <i>quarnerense</i>	(Schröder) Balech, 1974
<i>Protoperidinium</i> <i>bipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
<i>Protoperidinium</i> <i>brevipes</i>	(Paulsen) Balech, 1974
<i>Protoperidinium</i> cf. <i>steinii</i>	(Jørgensen) Balech, 1974
<i>Protoperidinium</i> <i>claudicans</i>	(Paulsen) Balech, 1974
<i>Protoperidinium</i> <i>conicum</i>	(Gran) Balech, 1974

Tabla 4. Listado de especies registradas y contabilizadas en las zonas de Cabo Corrientes, Lázaro Cárdenas y Guerrero.

<i>Protoperidinium depressum</i>	(Bailey) Balech, 1974
<i>Protoperidinium divergens</i>	(Ehrenberg) Balech, 1974
<i>Protoperidinium oceanicum</i>	(Vanhöffen) Balech, 1974
<i>Protoperidinium</i> sp.	Bergh, 1882
<i>Protoperidinium venustum</i>	(Matzenauer) Balech, 1974
<i>Pyrophacus</i> aff. <i>horologium</i>	Stein, 1883
<i>Pyrophacus</i> aff. <i>steinii</i>	(Schiller) Wall y Dale, 1971
<i>Scrippsiella</i> aff. <i>trochoidea</i>	(Stein) Steidinger y Balech, 1977
<i>Scrippsiella</i> sp.	Balech ex A.R.Loeblich III, 1965
<i>Torodinium</i> aff. <i>robustum</i>	Kofoid y Swezy, 1921
DIATOMEAS	
<i>Amphora lineolata</i>	Ehrenberg, 1838
<i>Bacteriastrum elongatum</i>	Cleve, 1897
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	Lauder, 1864
<i>Cerataulina pelagica</i>	(Cleve) Hendey, 1937
<i>Chaetoceros</i> aff. <i>borealis</i>	Bailey, 1854
<i>Chaetoceros</i> aff. <i>curvisetus</i>	Cleve, 1889
<i>Chaetoceros</i> aff. <i>densus</i>	(Cleve) Cleve, 1901
<i>Chaetoceros</i> aff. <i>lorenzianus</i>	Grunow, 1863
<i>Chaetoceros</i> aff. <i>peruvianus</i>	Brightwell, 1856
<i>Chaetoceros</i> aff. <i>radicans</i>	Schütt, 1895
<i>Chaetoceros</i> aff. <i>similis</i>	Cleve 1896
<i>Chaetoceros affinis</i>	Lauder, 1864
<i>Chaetoceros brevis</i>	Schütt, 1895
<i>Chaetoceros compressus</i>	Lauder 1864
<i>Chaetoceros contortus</i>	Schütt, 1895
<i>Chaetoceros costatus</i>	Pavillard, 1911
<i>Chaetoceros danicus</i>	Cleve, 1889
<i>Chaetoceros debilis</i>	Cleve, 1894
<i>Chaetoceros decipiens</i>	Cleve, 1873
<i>Chaetoceros diadema</i>	(Ehrenberg) Gran, 1897
<i>Chaetoceros didymus</i>	Ehrenberg, 1845
<i>Chaetoceros eibenii</i>	Grunow, 1882
<i>Chaetoceros lacinosus</i>	Schütt, 1895
<i>Chaetoceros lauderi</i>	Ralfs, 1864
<i>Chaetoceros pendulus</i>	Karsten, 1905
<i>Chaetoceros socialis</i>	Lauder, 1864
<i>Chaetoceros</i> sp.	Ehrenberg, 1844

Tabla 4. Listado de especies registradas y contabilizadas en las zonas de Cabo Corrientes, Lázaro Cárdenas y Guerrero.

<i>Climacosphenia moniligera</i>	Ehrenberg, 1843
<i>Corethron hystrix</i>	Hensen 1887
<i>Coscinodiscus granii</i>	Gough, 1905
<i>Coscinodiscus</i> spp.	Ehrenberg, 1839
<i>Coscinodiscus waillessi</i>	Gran & Angst, 1931
<i>Coscinodiscus rothii</i>	(Ehrenberg) Grunow, 1878
<i>Cylindrotheca closterium</i>	(Ehrenberg) Reiman & Lewin, 1964
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	(Bergon) Hasle, 1996
<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	(Sundström) Hasle, 1996
<i>Detonula aff. confervacea</i>	(Cleve) Gran, 1900
<i>Detonula pumila</i>	(Castracane) Gran, 1900
<i>Ditylum brightwellii</i>	(West) Grunow, 1883
<i>Eucampia cornuta</i>	(Cleve) Grunow, 1882
<i>Eucampia zodiacus</i>	Ehrenberg, 1840
<i>Grammatophora marina</i>	(Lyngbye) Kützing, 1844
<i>Grammatophora oceanica</i>	Ehrenberg, 1840
<i>Guinardia delicatula</i>	(Cleve) Hasle, 1996
<i>Guinardia flaccida</i>	(Castracane) H. Peragallo, 1892
<i>Guinardia</i> sp.	H.Peragallo, 1892
<i>Guinardia</i> sp 2.	H.Peragallo, 1892
<i>Guinardia striata</i>	(Stolterfoth) Hasle, 1996
<i>Gyrosigma</i> sp.	Hassall, 1845
<i>Haslea crucigera</i>	(W.Smith) Simonsen 1974
<i>Haslea</i> sp.	Simonsen, 1974
<i>Haslea wawrikan</i>	(Hustedt) Simonsen, 1974
<i>Helicotheca tamesis</i>	(Shrubsole) Ricard, 1987
<i>Hemiaulus hauckii</i>	Grunow y van Heurck, 1882
<i>Hemiaulus sinensis</i>	Greville, 1856
<i>Hemidiscus cuneiformis</i>	Wallich, 1860
<i>Lauderia annulata</i>	Cleve, 1873
<i>Lauderia</i> sp.	Cleve, 1873
<i>Leptocylindrus danicus</i>	Cleve, 1889
<i>Leptocylindrus minimus</i>	Gran, 1915
<i>Lioloma elongatum</i>	(Grunow) Hasle, 1996
<i>Lithodesmium undulatum</i>	Ehrenberg, 1840
<i>Mastogloia</i> sp.	Thwaites ex W.Smith, 1856
<i>Melosira</i> sp.	C.Agardh, 1824
<i>Navicula agnita</i>	Hustedt, 1955

Tabla 4. Listado de especies registradas y contabilizadas en las zonas de Cabo Corrientes, Lázaro Cárdenas y Guerrero.

<i>Navicula abundata</i>	Hustedt, 1955
<i>Navicula aff. pelagica</i>	Cleve, 1896
<i>Navicula directa</i>	Ralfs, 1861
<i>Navicula sp.</i>	Bory de Saint-Vincent, 1822
<i>Neocalyptrella robusta</i>	(Norman) Hernández-Becerril y Meave, 1997
<i>Nitzschia longa</i>	Grunow, 1880
<i>Nitzschia longissima</i>	(Brébisson) Grunow, 1862
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	(Nitzsch) W. Smith, 1853
<i>Planktoniella sol</i>	(Wallich) Schütt, 1893
<i>Pleurosigma elongatum</i>	W. Smith, 1852
<i>Pleurosigma faciola</i>	(Ehrenberg) W. Smith, 1852
<i>Pleurosigma formosum</i>	W. Smith, 1852
<i>Pleurosigma sp.</i>	W. Smith, 1852
<i>Proboscia alata</i>	(Brightwell) Sundström, 1986
<i>Proboscia indica</i>	(H. Peragallo) Hernández-Becerril 1995
<i>Pseudo-nitzschia aff. delicatissima</i>	(Cleve) Heiden, 1928
<i>Pseudo-nitzschia aff. pungens</i>	(Grunow ex Cleve) Hasle, 1993
<i>Pseudo-nitzschia aff. subpacifica</i>	(Hasle) Hasle 1993
<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>	(Takano) Takano 1995
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	(Cleve) H. Peragallo, 1900
<i>Pseudo-nitzschia sp.</i>	Yamaguti, 1968
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	(Schultze) Sundström, 1986
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	Brightwell, 1858
<i>Skeletonema costatum</i>	(Greville) Cleve, 1873
<i>Skeletonema sp.</i>	Greville, 1865
<i>Stephanopyxis turris</i>	(Greville y Arnott) Ralfs, 1861
<i>Thalassionema bacillare</i>	(Heiden) Kolbe, 1955
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	(Grunow) Mereschkowsky, 1902
<i>Thalassiosira spp.</i>	Cleve, 1873
<i>Thalassiosira cf. rotula</i>	Meunier, 1910
<i>Tropidoneis antarctica</i>	(Grunow) Cleve 1894
SILICOFLAGELADOS	SILICOFLAGELADOS
<i>Dictyocha fibula</i>	H. Peragallo, 1900
<i>Dictyocha octonaria</i>	Ehrenberg, 1844
CRIPTÓFITAS	
<i>Teleaulax sp.</i>	Hill, 1991

Tabla 4. Listado de especies registradas y contabilizadas en las zonas de Cabo Corrientes, Lázaro Cárdenas y Guerrero.

RAFIDOFITAS	
<i>Chaettonella</i> sp.	Schmidle, 1901
PRASINOFITAS	
<i>Prasinoderma</i> sp.	T.Hasegawa y M.Chihara, 1996

Abundancia absoluta y relativa

La zona de Cabo Corrientes de manera general mostró un patrón en el cual la abundancia disminuyó al incrementar la profundidad. Las estaciones E10, MR1, MR1A registraron una máxima abundancia superficial, menor a 1 m de profundidad. Las estaciones E11, E12, E13 y MR1B mostraron una máxima abundancia sub superficial a 5, 10, 12 y 10 metros de profundidad respectivamente.

Los organismos que presentaron máxima abundancia fueron; la diatomea *Pseudo-nitzschia* aff. *delicatissima* en las estaciones E10 y E11 con abundancias de 2.86×10^5 y 5.0×10^5 cél L⁻¹ respectivamente, colonias de la diatomea *Chaetoceros* cf. *socialis* en la estación E12 a una profundidad de 10 m con una abundancia de 1.40×10^5 cél L⁻¹, cadenas de la diatomea *Leptocylindrus minimus* en la estación E13 con 6.74×10^5 cél L⁻¹ y el ciliado mixótrofo *Mesodinium rubrum* en las estaciones MR1, MR1A y MR1B con 1.08×10^6 , 1.55×10^6 y 4.27×10^5 cél L⁻¹ respectivamente .

En cuanto a la abundancia relativa; *P. aff. delicatissima* registró valores máximos en las estaciones E10 y E11 de 35.9 y 79.9% respectivamente, *C. cf. socialis* registró una máxima abundancia relativa en la estación E12 de 36.5% a 30 metros de profundidad, *L. minimus* representó 68.8% de la abundancia relativa para la estación E13 en superficie, *M. rubrum* representó máximos valores de abundancia relativa en las estaciones MR1, MR1B y MR1C de 53, 71.9 y 41% respectivamente.

Para la estación MR2, ubicada en la Zona de Lázaro Cárdenas se mostró un patrón de disminución de la abundancia con respecto a la profundidad, la máxima

abundancia fue registrada en superficie en una profundidad menor a 1 metro, con 4.33×10^6 cél L⁻¹. El organismo que presentó una mayor densidad planctónica fue el dinoflagelado desnudo *Gymnodinium catenatum* con 1.46×10^6 cél L⁻¹. Otros organismos que registraron una alta densidad planctónica fueron; la diatomea *Bacteriastrum hyalinum*, *Pseudo-nitzschia seriata*, *Chaetoceros curvisetus*, *Coscinodiscus wailesii*, *Chaetoceros brevis*, *Pseudo-nitzschia delicatissima* y *Chaetoceros costatus*.

La abundancia relativa en la estación MR2, presentó 33.6% para *G. catenatum* como máximo en superficie y *B. hyalinum* con un valor máximo de 35% a 50m de profundidad.

La zona de Guerrero mostró máximas abundancias sub-superficiales para la estación E40 y E41-MR3 a 12 y 5 metros de profundidad con 5.30×10^6 y 3.02×10^6 cél L⁻¹ respectivamente. Las estaciones MR3A, MR3B y MR3C fueron muestreadas en una profundidad menor a 1 metro, de estas tres estaciones la que presentó una máxima abundancia fue MR3B con 4.37×10^6 cél L⁻¹.

El organismo que presentó la máxima densidad celular en la zona de Guerrero fue *Prasinoderma* sp. con 5.26×10^6 cél L⁻¹ para la estación E40 , en las estaciones E41 MR3, MR3A, MR3B y MR3C donde se registró cambio en la coloración del mar debida a proliferaciones algales el promedio en la abundancia de *Prasinoderma* sp. fue de 2.3×10^6 cél L⁻¹. Sin embargo, aunque el organismo más abundante fue *Prasinoderma* sp., los organismos más conspicuos y a lo que se atribuyó la coloración del agua en las estaciones E41 MR3, MR3A, MR3B y MR3C fueron *Gonyaulax* sp. y *Bacteriastrum hyalinum* con una máxima abundancia de 1.44×10^6 y 2.32×10^5 cél L⁻¹ respectivamente.

En cuanto a la abundancia relativa *Prasinoderma* sp. representó más del 50% en las estaciones y profundidades donde fue encontrado con un máximo de 99% de la abundancia relativa en la estación E40 a 0 y 12 m de profundidad, *Gonyaulax* sp. y *B. hyalinum* registraron como máxima abundancia relativa 33 y 5.7% en las estaciones MR3B y MR3A, respectivamente.

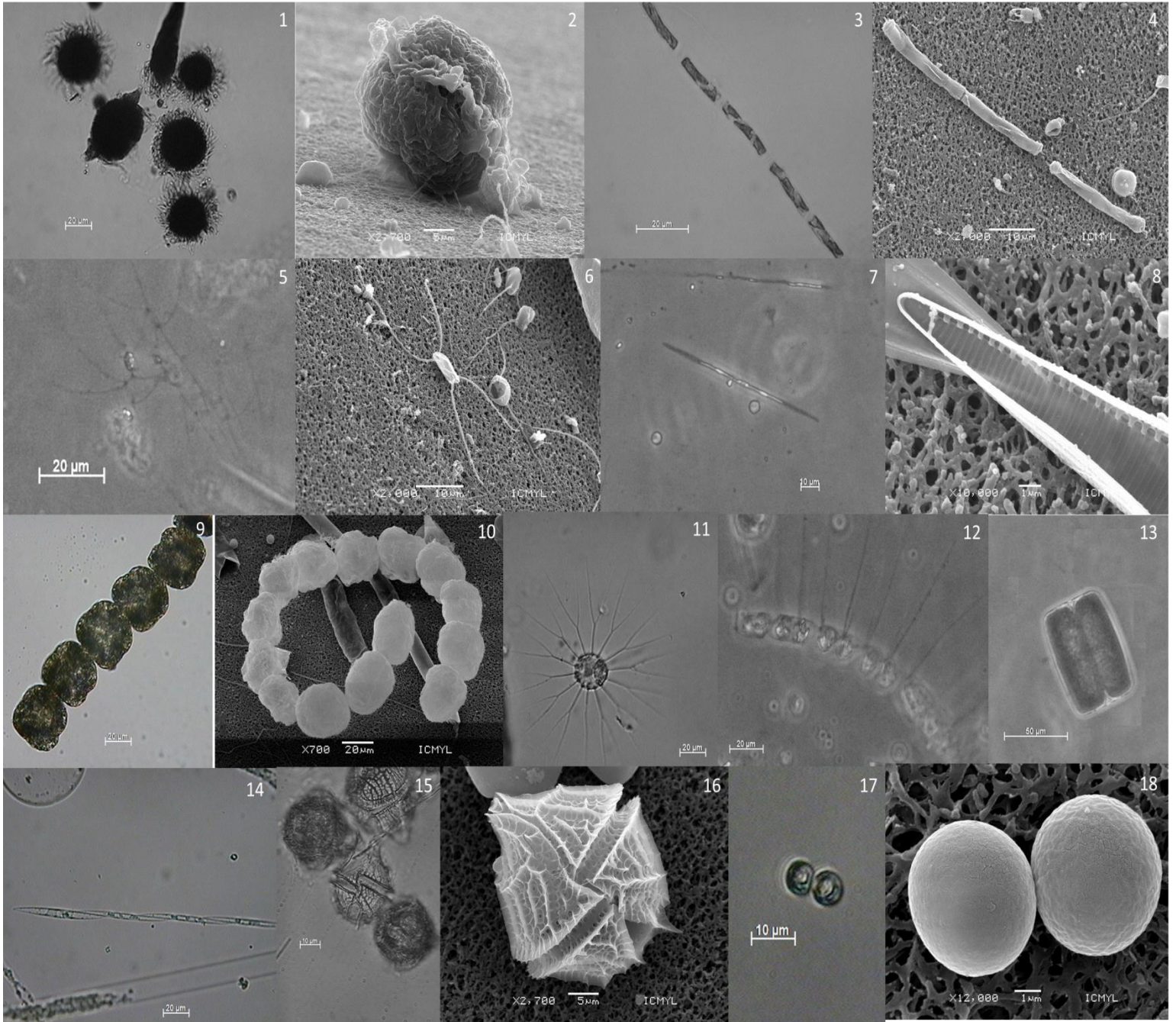


Figura 2. Especies que presentaron la abundancia más elevada para las 3 zonas del Pacífico tropical mexicano donde se registraron proliferaciones algales; 1 y 2) *Mesodinium rubrum*, 3 y 4) *Leptocylindrus minimus*, 5 y 6) *Chaetoceros socialis*, 7 y 8) *Pseudo-nitzschia* aff. *delicatissima*, 9 y 10) *Gymnodinium catenatum*, 11) *Bacteriastrum hyalinum*, 12) *Chaetoceros* aff. *curvisetus*, 13) *Coscinodiscus wailessi*, 14) *Pseudo-nitzschia seriata*, 15 y 16) *Gonyaulax* sp., *Prasinoderma* sp.

Diversidad Alfa

El mayor número de especies se encontró en estratos superficiales o sub superficiales, el mayor número de especies registradas fue de 40 en las estaciones E12 y MR1 a 10 metros de profundidad y en superficie respectivamente, el menor número de especies fue de 4 en la estación E11 a 30 metros de profundidad, el valor promedio de especies registradas fue de 24 por estación con una desviación estándar de 10 especies y mediana de 25.

En cuanto a la dominancia para las estaciones E10, E11 y E12 esta fue mayor en la máxima profundidad de la estación a 51, 30 y 30 metros con valores de 0.32, 0.88 y 0.24 respectivamente. La estación E11 también mostró un valor elevado de la dominancia en superficie con un valor de 0.64, para las estaciones E13, MR1 y MR1B la máxima dominancia se encontró en superficie con valores de 0.49, 0.30 y 0.2, la estación MR1A presentó la máxima dominancia a 8 metros de profundidad con un valor de 0.52, el promedio de la dominancia fue de 0.26 con una desviación estándar de 0.20 y una mediana de 0.19.

La diversidad de Shannon para la zona de Cabo Corrientes, mostró que la mayor diversidad se registró en la estación E10 con un valor de 3.02, el valor mínimo para la diversidad en esta zona se encontró en la estación E11 con 0.33 a 30 metros de profundidad, el promedio de la diversidad para Cabo Corrientes fue de 2.01 con una desviación estándar de 0.59 y mediana de 2.15.

En la zona de Cabo Corrientes la máxima riqueza, utilizando el índice de Margalef se registró en la estación E12 a 10 metros de profundidad con un valor de 2.94, la mínima riqueza se encontró en la estación E11 a 30 metros de profundidad con un valor de 0.25, el promedio de la riqueza para esta zona fue de 1.72 con una desviación estándar de 0.70 y una mediana de 1.81.

La equidad en la zona de Cabo Corrientes presentó el valor más elevado en la estación E10 con un valor de 0.93 a 41 metros de profundidad, la menor equidad se presentó en la estación E11 a 30 metros de profundidad con un valor de 0.21,

el valor promedio de la equidad para esta zona es de 0.66 con desviación estándar de 0.16 y mediana de 0.69.

Tabla 5: Diversidad alfa en la zona de Cabo Corrientes.

	<i>Taxa_S</i>	<i>Individuos (cél L⁻¹)</i>	<i>Dominancia</i>	<i>Diversidad Shannon</i>	<i>Riqueza Margalef</i>	<i>Equidad</i>
Media	24	689788	0.26	2.01	1.72	0.66
Mediana	25	607000	0.19	2.15	1.81	0.69
Desviación estándar	10	610866	0.20	0.59	0.70	0.19
Mínimo	4	18000	0.06	0.30	0.25	0.21
Máximo	40	2318750	0.88	3.02	2.94	0.93

En la estación MR2 perteneciente a la zona de Lázaro Cárdenas, el mayor número de especies registradas fue de 33 en superficie, disminuyendo conforme la profundidad aumento, el valor mínimo se encontró a 50 metros de profundidad con 9 especies.

La mayor dominancia en la estación MR2 se encontró a 50 metros de profundidad con un valor de 0.2, el valor mínimo fue de 0.10 a 5 y 10 metros de profundidad, el valor promedio fue de 0.14 con una desviación estándar de 0.05 y una mediana de 0.12.

La diversidad para MR2 fue mayor a 5 metros de profundidad con un valor de 2.53, el menor valor para este índice se encontró a 50 metros de profundidad con un valor de 1.9, el promedio de la diversidad entre las profundidades fue de 2.37, la desviación estándar fue de 0.26, la mediana tuvo un valor de 2.49.

En la MR2 la riqueza fue máxima en superficie con un valor de 0.33 el mínimo se encontró a 50 metros de profundidad con un valor de 0.65, la riqueza promedio fue de 1.23, la desviación estándar de 0.50 y una mediana de 1.11

En cuanto a la equidad esta fue máxima a 10 metros de profundidad y mínima en superficie con valores de 0.9 y 0.69 respectivamente, la equidad promedio fue de 0.83 con una desviación estándar de 0.09 y una mediana de 0.86.

Tabla 6: Diversidad alfa en la zona de Lázaro Cárdenas.

	<i>Taxa_S</i>	<i>Individuos (cél L⁻¹)</i>	<i>Dominancia</i>	<i>Diversidad Shannon</i>	<i>Riqueza Margalef</i>	<i>Equidad</i>
Media	19.00	2799257	0.14	2.37	1.23	0.83
Mediana	17.00	2321607	0.12	2.49	1.11	0.86
Desviación estándar	8.80	2796004	0.05	0.26	0.50	0.09
Mínimo	9.00	222162	0.10	1.90	0.65	0.69
Máximo	33.00	7264737	0.20	2.53	2.03	0.90

En la zona de Guerrero el máximo número de especies encontradas fue registrado en la estación MR3A en superficie, el mínimo fue de 2 a 75 metros de profundidad.

En cuanto a la dominancia para esta zona el valor máximo fue de 0.99 este se registró en la estación E40 a 12 metros de profundidad, el valor mínimo fue de 0.37 en la estación MR3B en superficie, el valor promedio de la dominancia para esta zona fue de 0.62 con una desviación estándar de 0.24 y una mediana de 0.49.

La diversidad en la zona de Guerrero presentó un máximo valor en la estación E41-MR3 en superficie con un valor de 1.63, el valor mínimo para esta zona se registró en la estación E40 a 12 metros de profundidad con un valor de 0.06, el promedio de la diversidad para Guerrero fue de 0.96, la desviación estándar fue de 0.61, la mediana presentó un valor de 0.98.

La riqueza mostró el valor más elevado en la estación MR3A en superficie con 3.81, el valor mínimo para esta zona fue de 0.1, el promedio de la riqueza para esta zona fue de 2.06 con una desviación estándar de 1.48, y una mediana de 2.09.

En la zona de Guerrero la equidad más elevada estuvo representada por un valor de 0.71 en la estación E40 a 30 metros de profundidad, la mínima equidad fue de 0.02 se presentó en la estación E40 a 12 metros de profundidad, la equidad media fue de 0.35 con una desviación estándar de 0.21 y mediana de 0.38.

Tabla 7: Diversidad alfa en la zona de Guerrero.

	<i>Taxa_S</i>	<i>Individuos</i> (cél L ⁻¹)	<i>Dominancia</i>	<i>Diversidad</i> <i>Shannon</i>	<i>Riqueza</i> <i>Margalef</i>	<i>Equidad</i>
Media	31.73	2648533	0.62	0.96	2.06	0.35
Mediana	32.00	3016229	0.49	0.98	2.09	0.38
Desviación estándar	22.86	1845391	0.24	0.61	1.48	0.21
Mínimo	2.00	12000	0.37	0.06	0.10	0.02
Máximo	59.00	5297000	0.99	1.63	3.81	0.71

Variables Fisicoquímicas

Los perfiles de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y fluorescencia (expresada en mg m⁻³ de clorofila-a), presentaron la variación entre las estaciones E10, 11, 12, 13, MR1, MR1A, MR1B.

Temperatura

Los perfiles de temperatura para la zona de Cabo Corrientes mostraron una termoclina poco definida, somera, con un intervalo de inicio mínimo de entre 5.1 m en la zona costera y un máximo de 45 m de profundidad en la zona oceánica. El valor mínimo de temperatura en las 7 estaciones de la zona de Cabo Corrientes fue de 12.9°C en la estación E12 a 100 metros de profundidad, y un máximo de 21.0°C en la estación E11 a 2 metros de profundidad, con un valor promedio de 15.2°C, desviación estándar de 1.9°C y una mediana de 14.5°C, el coeficiente de variación mostró que la variabilidad fue menor a 7%.

En las estaciones E34, 36, 37 y 38 de Lázaro Cárdenas se presentó una capa de mezcla entre 3 y 30 m. siendo mayor hacia lo zona oceánica, la termoclina más

somera se presentó en la E34 a 4 m. de profundidad, la termoclina más profunda se presentó en la E 37 a 31 m. de profundidad, en la estación MR2A la capa de mezcla fue de 18 m, con un inicio de termoclina a 19 m. de profundidad. El valor mínimo de temperatura se registró a 100 m. de profundidad con 13.0°C en la estación MR2A que fue la estación más cercana a la costa, la estación 38 fue la estación más alejada de la costa esta presentó el valor más elevado de temperatura con un máximo de 26.4°C a 5 m de profundidad, el promedio de temperatura entre las estaciones fue de 17.5°C, el valor de la mediana para la temperatura entre las estaciones fue de 15.9°C, el coeficiente de variación presentó la más elevada heterogeneidad a 29 m. de profundidad con 22.1%, la máxima homogeneidad se presentó a 99 m. de profundidad con 2.0%.

Para la zona de Guerrero el perfil vertical de temperatura para las estaciones E39, 40, 41-MR3, MR3A, MR3B y MR3C, mostró una capa de mezcla somera con una profundidad máxima de 11 m, la termoclina en esta zona fue somera con una profundidad máxima de inicio de 12 m en la estación 39 que fue la más alejada de la costa y una profundidad mínima de inicio de 5 m. en las estaciones de marea roja que se ubicaron próximas a la costa. La temperatura mínima se registró en la estación 40 con un valor de 13°C, el valor de temperatura más elevado fue de 25.79 °C en la estación 39, el promedio de temperatura entre estaciones fue de 16.32 °C, la mediana presentó un valor de 15.17°C, el coeficiente de variación estuvo por debajo de 10% para todas las profundidades entre estaciones.

Salinidad

La salinidad en Cabo Corrientes presentó, valores entre 34.7 y 34.9 ups con un valor mínimo extraordinario de 34.1 ups, el promedio y el valor de la mediana coincidieron con 34.8 ups, la desviación estándar fue de 0.06 ups, el coeficiente variación se encontró por debajo de 0.98%.

En la Zona de Lázaro Cárdenas para las estaciones E34, 36, 37 y 38, la salinidad no presentó una variación elevada con respecto a la profundidad encontrándose entre 34.5 y 35 ups, la estación 37 y 38 presentaron una pequeña haloclina a 32 y

26 m de profundidad respectivamente, la estación MR2A presentó una haloclina muy marcada aumentando la salinidad rápidamente entre 4 y 22 m de profundidad. Para esta zona el valor mínimo de salinidad fue de 33.64 ups para la estación MR2A, el máximo valor de salinidad fue de 35.26 ups en la estación 34, el promedio de salinidad entre estaciones fue de 34.74 ups; desviación estándar de 0.19 ups; la mediana presentó un valor entre estaciones de 34.78 ups, el coeficiente de variación se encontró por debajo de 1.56%.

Los perfiles verticales de salinidad para la zona de Guerrero presentó poca variación con respecto a la profundidad ubicándose entre 34.5 y 35 ups. El valor mínimo de salinidad se presentó en la estación 39 con un valor de 34.59 ups. El máximo de salinidad fue de 34.89 en la estación MR3A. En promedio entre estaciones la salinidad fue de 34.78 ups; desviación estándar de 0.10 ups; la mediana presentó un valor de 34.89 ups, el coeficiente de variación estuvo por debajo de 0.11%.

Oxígeno disuelto

Los perfiles verticales para la concentración de oxígeno en las estaciones pertenecientes a la zona de Cabo Corrientes E 10, 11 12 y 13 presentaron valores por debajo de los 6 mg L⁻¹ con un rápido decaimiento hasta aproximadamente 20 m de profundidad en el caso de E10, 11 y 12, E13 presentó un rápido decaimiento por debajo de 35 m de profundidad, en las estaciones que se registraron marea roja MR1, MR1A y MR1B se observaron valores por encima de 6 mg L⁻¹ y rápido decaimiento de la concentración de oxígeno a partir de ≈ 5 m hasta ≈40 m y . La máxima concentración de oxígeno fue de 10.15 mg L⁻¹ esta se registró en la estación MR1A, el promedio en la concentración de oxígeno para esta zona fue de 0.96 mg L⁻¹ con una desviación estándar de 2.0 mg L⁻¹, la mediana presento un valor de 0.15 mg L⁻¹ el coeficiente de variación mostró que la máxima heterogeneidad se registró a 20 m de profundidad con 115.5%, la máxima homogeneidad a 89 m de profundidad con 5.4%.

En la zona de Lázaro Cárdenas la concentración de oxígeno en los perfiles verticales mostraron que en la estación 34 se presentó la mayor concentración en superficie con una oxiclina somera a partir de los 9 metros de profundidad. Las estaciones 36, 37 y 38 presentaron poca variación en la concentración de oxígeno en la capa de mezcla, la oxiclina para estas tres estaciones coincidió con la profundidad de inicio de la termoclina, esta oxiclina presentó una rápida disminución de la concentración de oxígeno entre 40 y 60 metros de profundidad cuando la variación volvió a ser mínima. En la estación coincidente con el evento de marea roja en la zona de Lázaro Cárdenas MR2A se presentó una oxiclina somera muy marcada iniciando a 8 metros de profundidad mostrando un rápido descenso en la concentración de oxígeno hasta 35 m de profundidad. El mínimo valor de la concentración de oxígeno en la zona de Lázaro Cárdenas fue de 0.1 mg L^{-1} en la estación 34, el máximo valor en la concentración de oxígeno fue de 9.3 mg L^{-1} en la estación MR2A. El promedio de la concentración de oxígeno entre las estaciones de la zona Lázaro Cárdenas fue de 1.6 mg L^{-1} , con una desviación estándar de 2.3 mg L^{-1} el valor para la mediana fue de 0.2, el coeficiente de variación mostró que la máxima heterogeneidad fue de 140.8% a 42m de profundidad, la máxima homogeneidad se registró a 95 m de profundidad con 5.7%.

Para la zona de Guerrero los perfiles de oxígeno mostraron concentraciones elevadas en superficie, oxiclinas definidas, someras con un rango de inicio de la oxiclina entre 4 y 15 metros presentando una pendiente que terminaba entre 16 y 32 metros. La concentración mínima de oxígeno fue de 0.1 mg L^{-1} en la estación MR3C, la concentración máxima de oxígeno se encontró en superficie en la estación MR3B con un valor de 10.7 mg L^{-1} , el promedio de la concentración de oxígeno distribuido verticalmente entre las estaciones fue de 1.0 mg L^{-1} , con una desviación estándar de 2.0 mg L^{-1} , el valor para la mediana fue de 0.1 mg L^{-1} , la máxima heterogeneidad se registró a 20 metros de profundidad con 115.5%, La máxima homogeneidad fue de 5.7% a 95 m de profundidad.

Clorofila-a

Las concentraciones de clorofila-a en la zona de Cabo Corrientes para las estaciones E10, 11,12 y 13 presentaron un primer pico de clorofila-a por debajo de 8 mg m^{-3} en la región superficial o sub superficial, disminuyendo de manera gradual conforme la profundidad aumentó, estabilizándose una baja concentración a partir de los 50 m de profundidad aproximadamente, las estaciones E 10 y 13 presentaron un segundo pico de clorofila-a a los 52 y 75 m de profundidad respectivamente, en las estaciones MR1, MR1A, MR1B el primer pico de clorofila-a superficial o sub superficial fue mayor a 10 mg m^{-3} este valor disminuyó rápidamente hasta aproximadamente 50 m de profundidad. El valor mínimo para la concentración de clorofila-a fue de 0.2 mg m^{-3} en la estación E12 a 98 m de profundidad, el valor máximo se registró en la estación MR1A con una concentración de 21.9 mg m^{-3} , el promedio de la concentración de clorofila-a fue de 1.8 mg m^{-3} , con una desviación estándar de 2.8 mg m^{-3} , la mediana presentó un valor de 0.6 mg m^{-3} , de acuerdo con el coeficiente de variación la mayor heterogeneidad fue de 87.9% a 35 m de profundidad, a 48 m de profundidad se registró la máxima homogeneidad con 14.8%.

La concentración de clorofila-a en la zona de Lázaro Cárdenas para la estación 34, presentó un decaimiento gradual de superficie hasta 25 metros de profundidad, las estaciones 36, 37 y 38 presentaron dos picos de clorofila-a; el primer pico aumentó su profundidad conforme existió una mayor distancia del punto de muestreo con respecto a la línea de costa, en la estación 36 se presentó a 13 m y en la estación 38 a 42 m de profundidad, el segundo pico se encontró por debajo de 50 metros de profundidad, este fue de menor concentración a excepción de la estación 38 donde el segundo pico ubicado a 78 m fue de mayor concentración que el primer pico ubicado a 42 m de profundidad. La estación en la que se registró el evento de marea roja MR2A presentó solo un pico de clorofila-a a 13 metros de profundidad. La menor concentración de clorofila-a fue registrada en la estación 36 con un valor de 0.1 mg m^{-3} , el valor más elevado se registró en la estación MR2A con un valor de 10.5 mg m^{-3} , el promedio entre las estaciones

fue de 1.6 mg m^{-3} , con una desviación estándar de 1.9 mg m^{-3} , el valor de la mediana fue de 0.9 mg m^{-3} , el coeficiente de variación mostró una máxima heterogeneidad de 108.3% a 2 m de profundidad, la mayor homogeneidad se registró a 100 metros de profundidad con 7.7%.

La concentración de clorofila-a en la zona de Guerrero presentó dos picos, la profundidad de estos picos fue mayor en cuanto la estación de colecta estuvo más alejada de la línea de costa. En las estaciones 39 y 40 el primer pico fue sub superficial a 20 y a 12 m respectivamente el segundo pico en estas dos estaciones se encontró a 63 y 64 m de profundidad, en las estaciones MR3-41, MRA, MR3B y MR3C el segundo pico de clorofila-a fue pequeño y estuvo entre 32 y 41m de profundidad. El valor mínimo en la concentración de clorofila-a se encontró en la estación 40 con un valor de 0.07 mg m^{-3} . La máxima concentración se encontró en superficie en la estación MR3B con una concentración de 14.7 mg m^{-3} , el valor mínimo fue de 0.07 mg m^{-3} en la estación 40 a 48 m de profundidad, el promedio entre estaciones fue de 1.4 mg m^{-3} , con una desviación estándar de 2.8 mg m^{-3} , el valor de la mediana se encontró en 0.3 mg m^{-3} , la variación de la concentración fue muy elevada según el coeficiente de variación con una máxima heterogeneidad de 147.6% a 62 m de profundidad, la mayor homogeneidad fue de 7.5% a 95 m de profundidad.

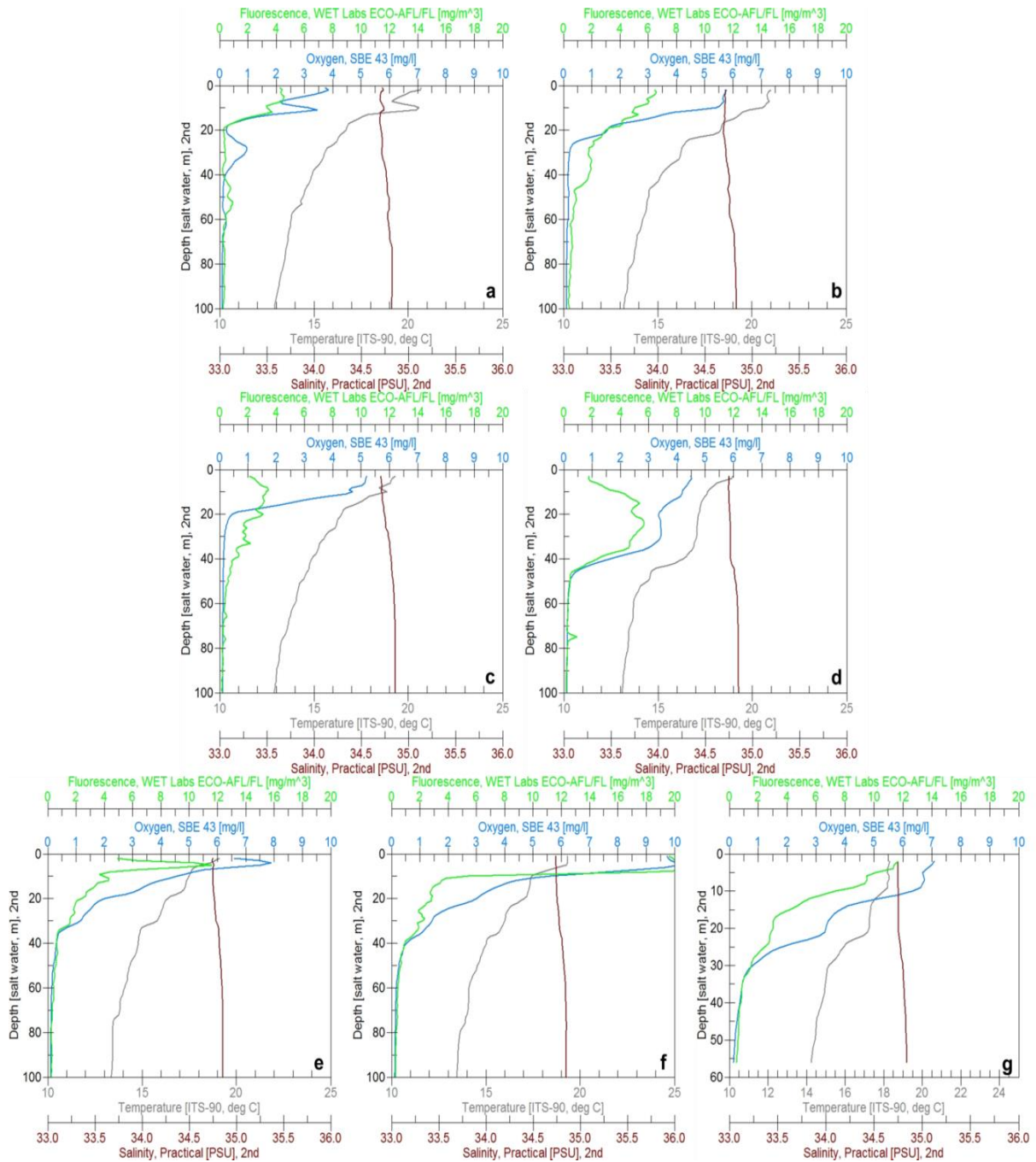


Figura 3. Perfiles verticales de temperatura, salinidad, oxígeno y clorofila-a para las estaciones 10(a), 11(b), 12(c), 13(d), MR1 (e), MR1A (f) y MR1B (g).

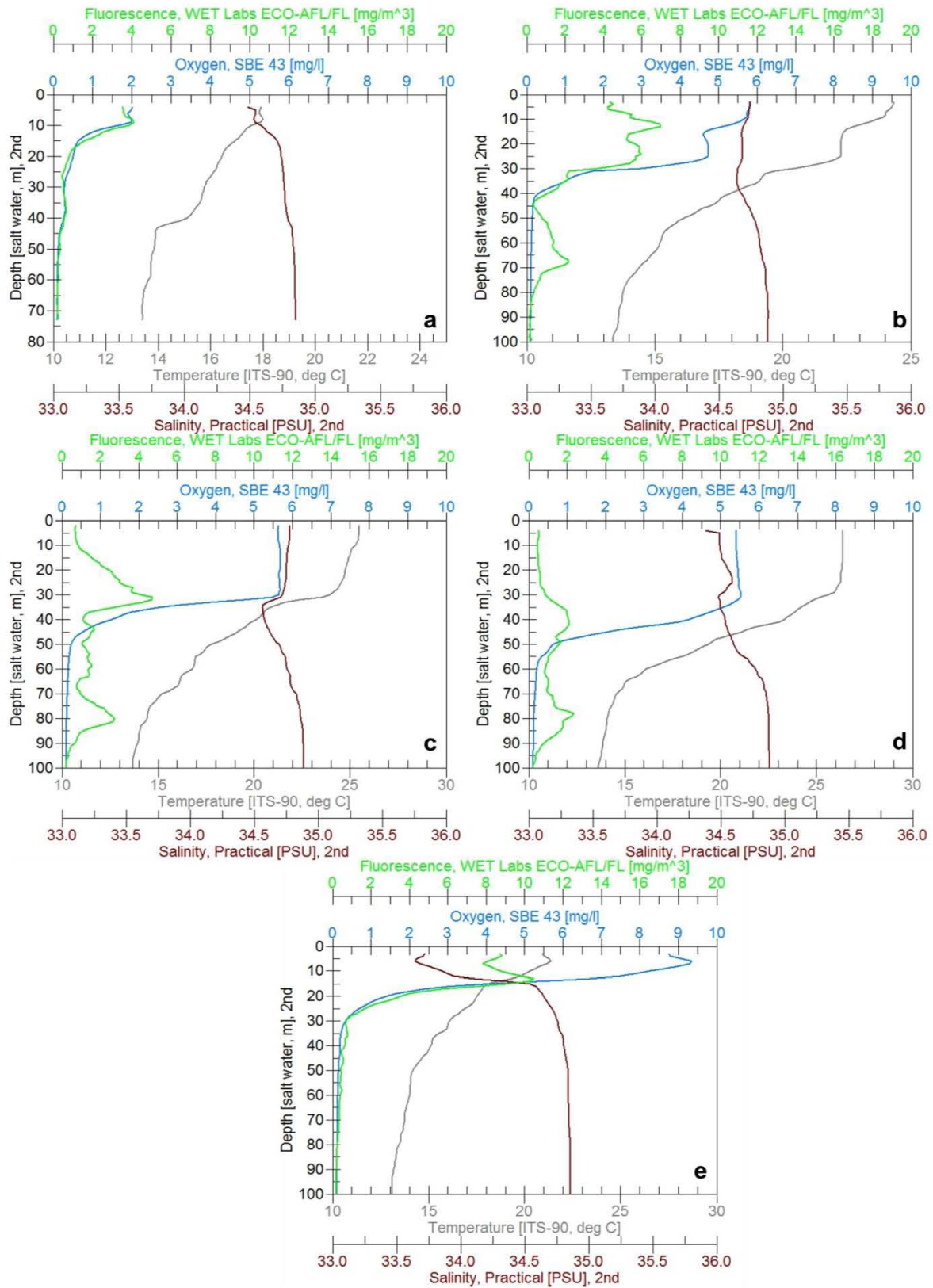


Figura 4. Perfiles verticales de temperatura, salinidad, oxígeno y clorofila-a para las estaciones 34(a), 36(b), 37(c), 38(d) y MR2A (e).

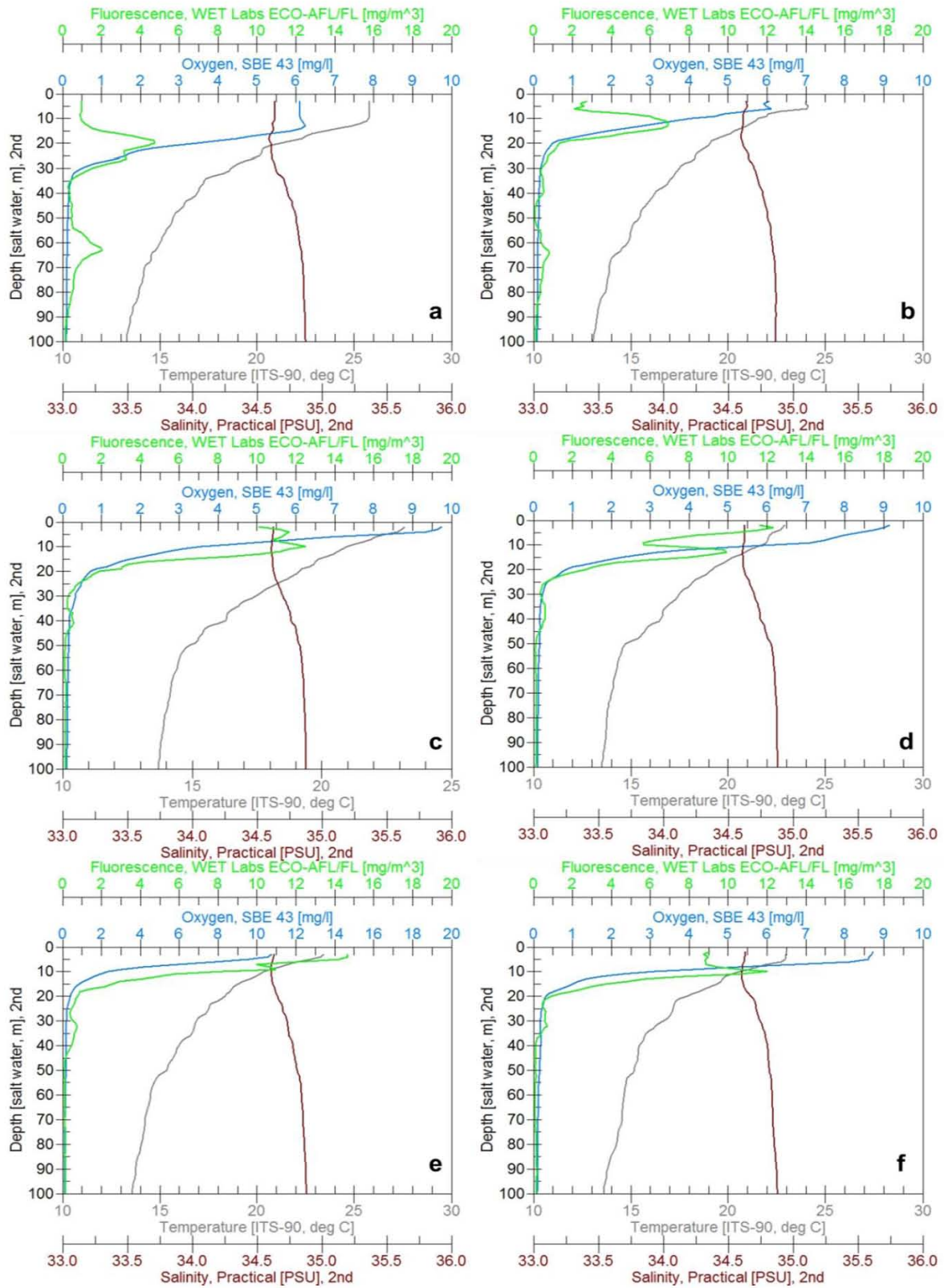


Figura 5. Perfiles verticales de temperatura, salinidad, oxígeno y clorofila-a para las estaciones 39(a), 40(b), 41-MR3(c), MR3A (d), MR3B (e) y MR3C (f).

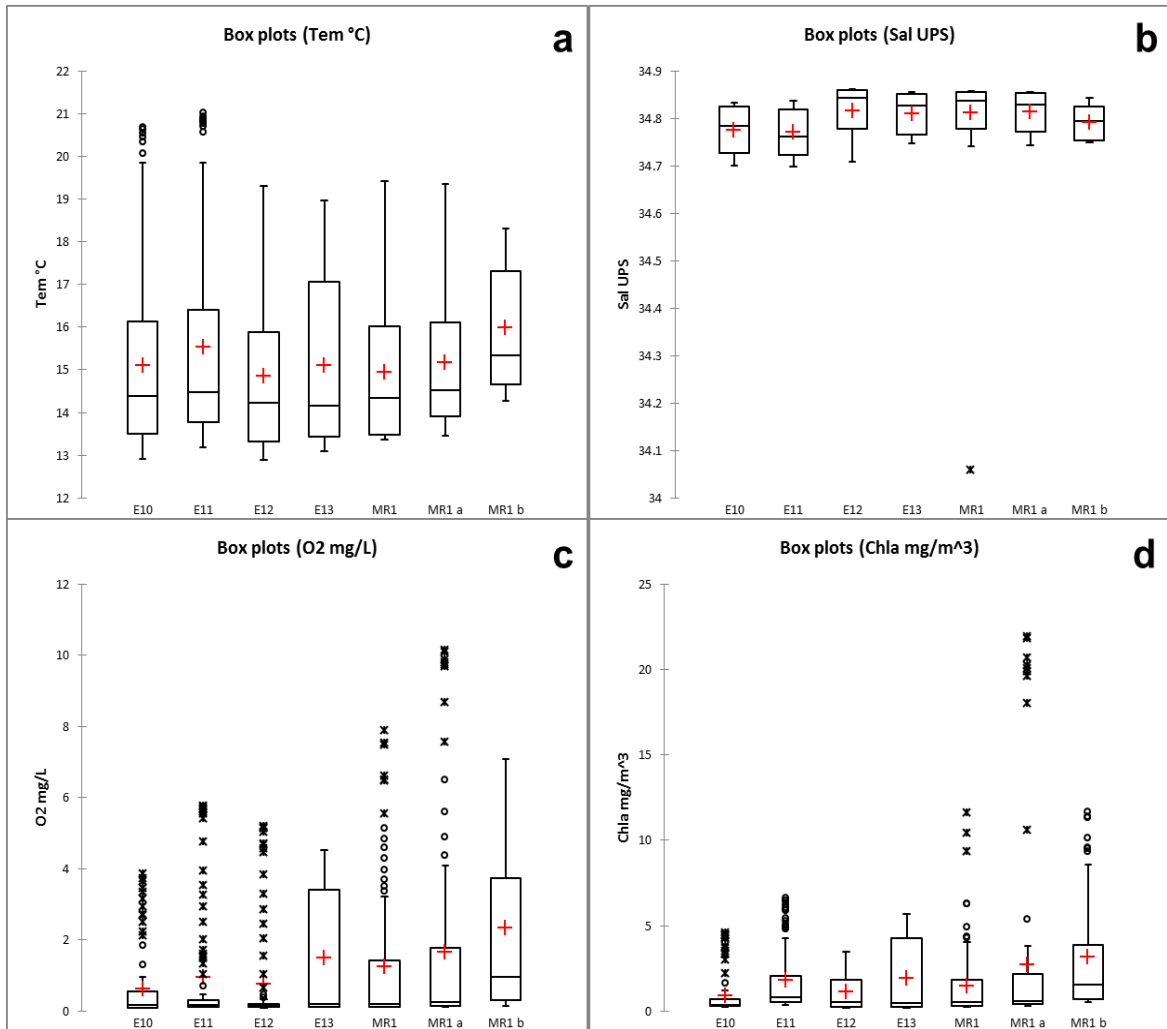


Figura 6. Variación espacial de a) temperatura, b) salinidad, c) oxígeno y d) clorofila-a, para la zona de Cabo Corrientes.

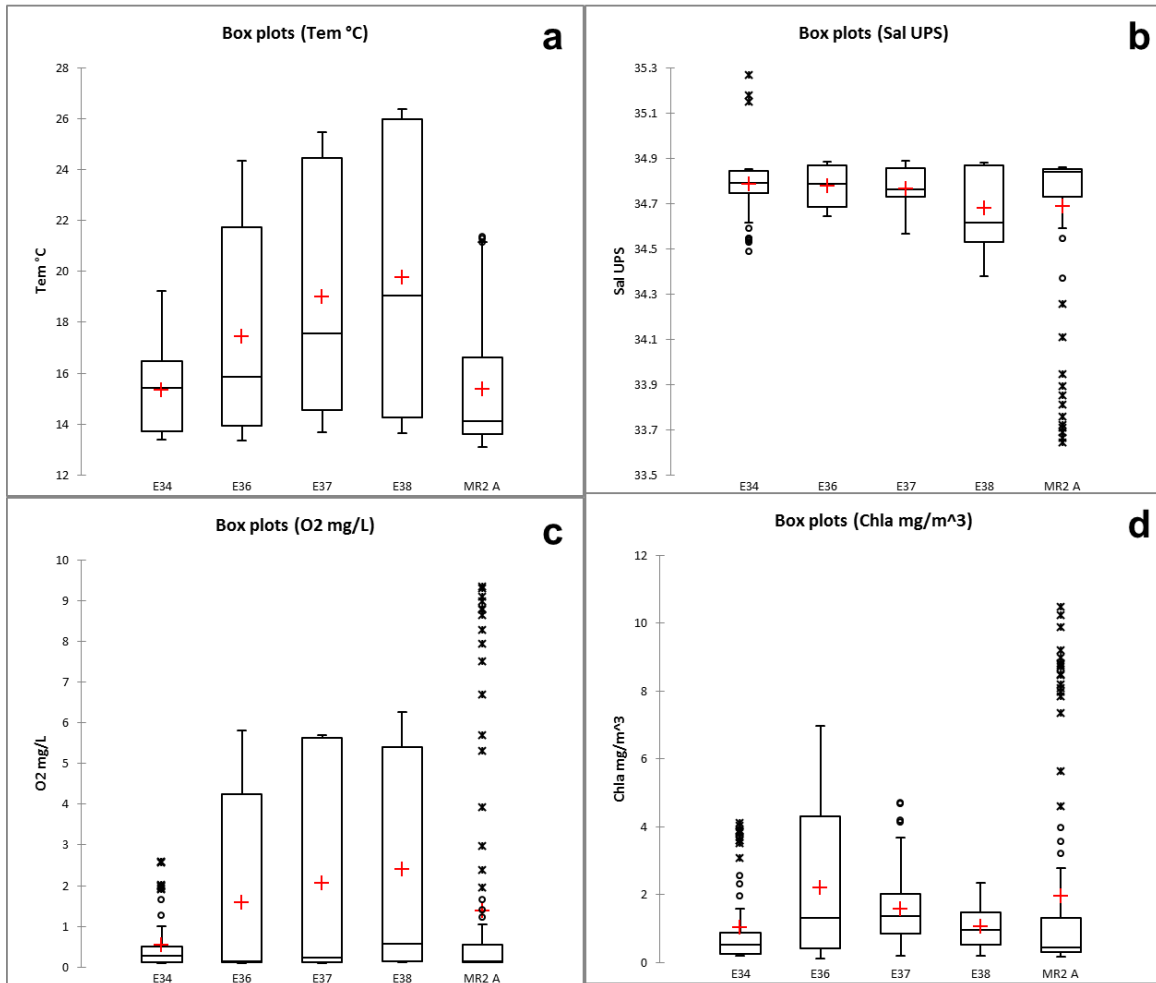


Figura 7. Variación espacial de a) temperatura, b) salinidad, c) oxígeno y d) clorofila-a, para la zona de Lázaro Cárdenas.

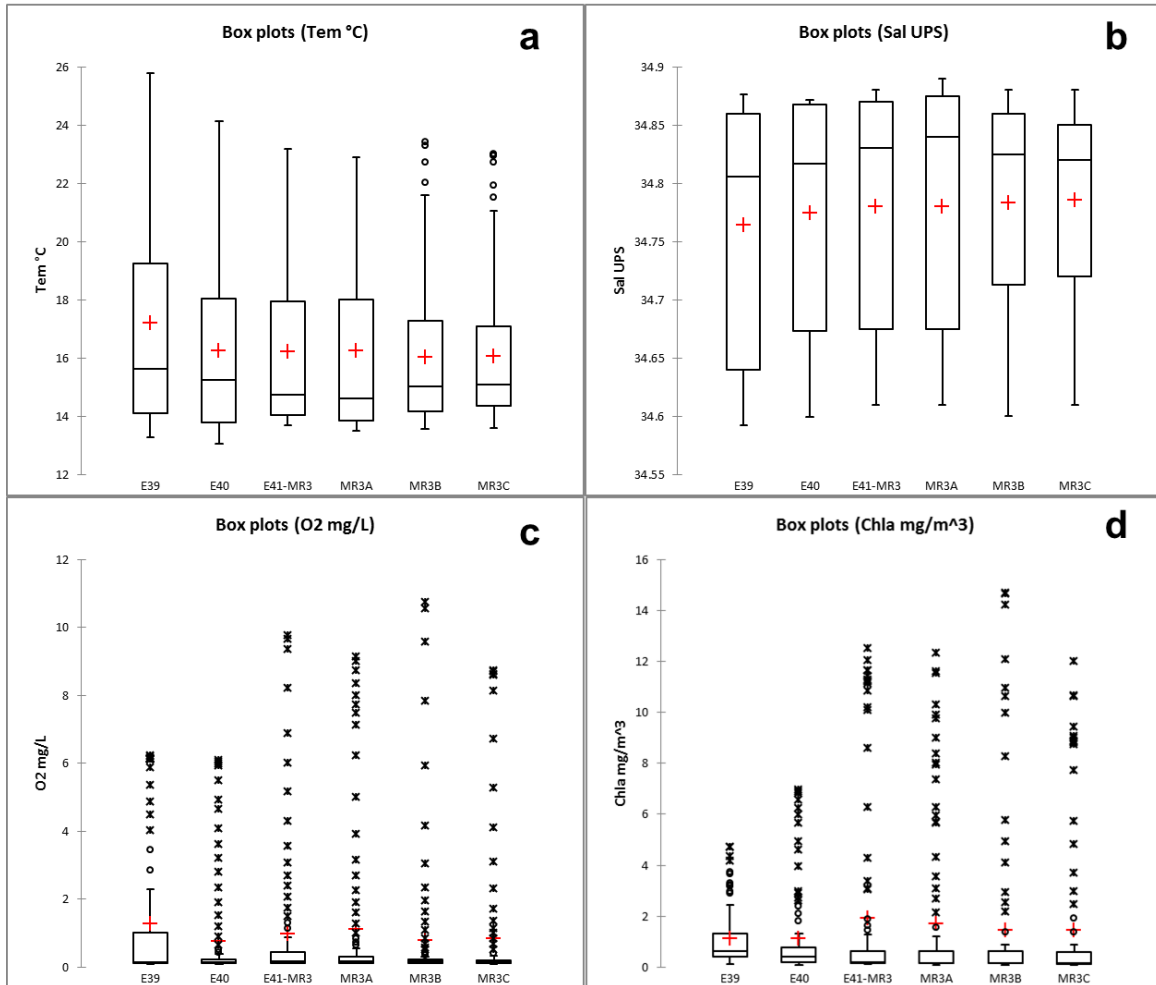


Figura 8. Variación espacial de a) temperatura, b) salinidad, c) oxígeno y d) clorofila-a, para la zona de Guerrero.

Nutrientes

De manera general en la zona de Cabo Corrientes, el amonio (N-NH_4), fosfato (P-PO_4), silicato (SiO_2) y nitrato (N-NO_3) mostraron un patrón en su distribución espacial, disminuyendo de la estación MR1A ubicada a 10 km de la línea de costa hacia la estación E12 ubicada a 30 km de la línea de costa, encontrando aquí sus mínimas concentraciones, en cuanto a las estaciones E11 y E10 ubicadas a 50 y 68 km de la línea de costa respectivamente, las concentraciones tienden a aumentar siendo mucho más elevadas en la estación E10.

Los nutrientes que presentaron las máximas concentraciones para esta zona fueron los silicatos y nitratos con rangos de 1.3 a 32.1 μM y 0.5 a 35.7 μM , con promedios de 13.1 y 15.4 μM respectivamente, los coeficientes de variación para los nutrientes en esta zona se encontró en un rango de 58.5 % para los silicatos a 72.8% para los nitritos (N-NO_2).

Tabla 8. Estadística descriptiva de los nutrientes en las estaciones correspondientes a la zona de Cabo Corrientes.

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Varianza	Des. Est	Coef.Var.
N-NH₄	9.0	8.3	2.3	29.0	33.5	5.8	64.1
P-PO₄	2.5	2.3	0.2	7.0	2.6	1.6	63.0
SiO₂	13.1	10.8	1.3	32.1	58.8	7.7	58.5
N-NO₂	3.0	2.2	0.2	8.3	4.8	2.2	72.8
N-NO₃	15.4	12.8	0.5	35.7	113.2	10.6	69.2

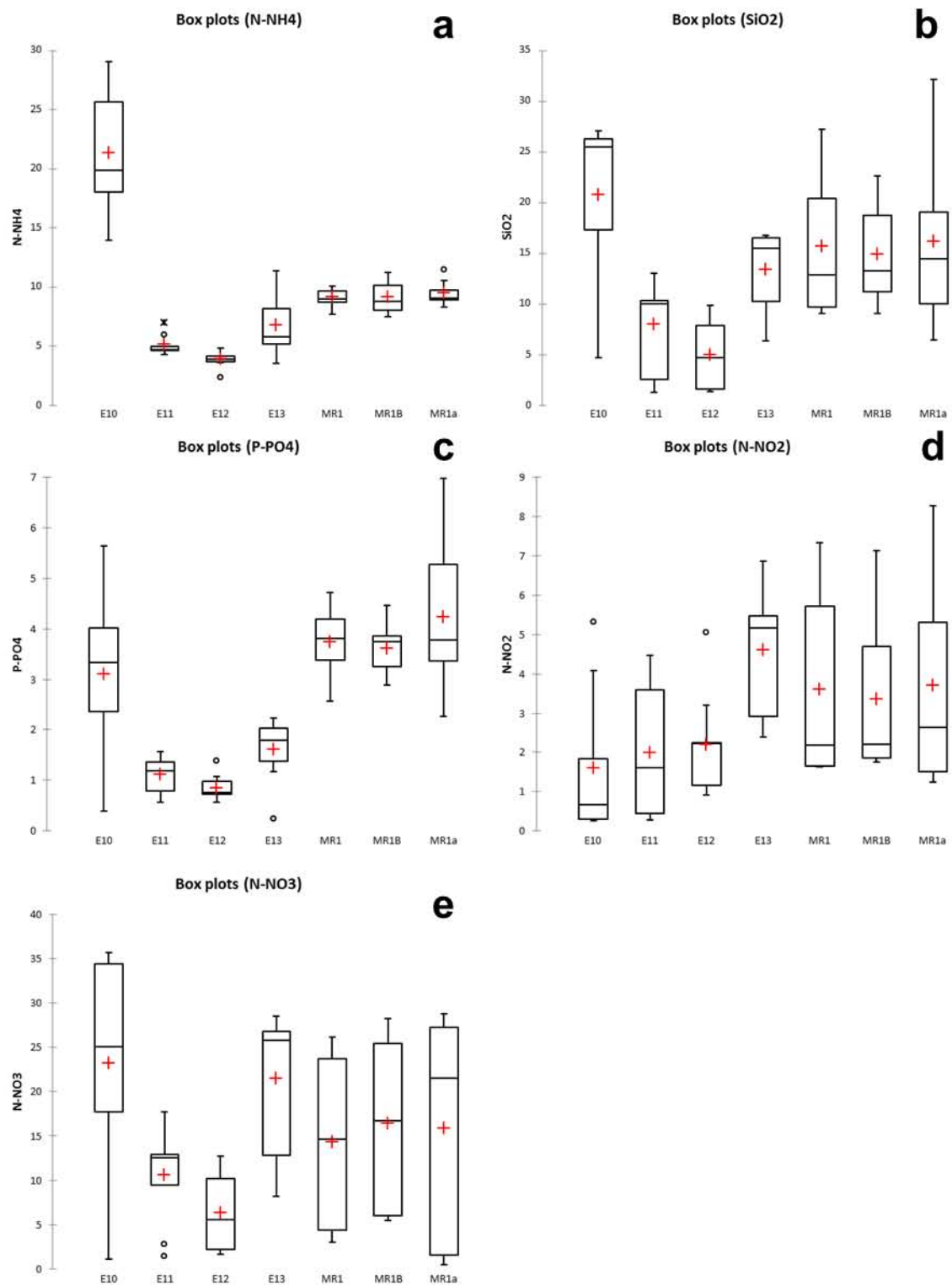


Figura 9. Variación de los nutrientes entre estaciones en la zona de Cabo Corrientes: a) Amonio, b) silicatos, c) fosfatos, d) nitritos y e) nitratos.

Los nutrientes en la zona de Lázaro Cárdenas no mostraron un patrón definido en su distribución espacial, los silicatos y nitratos, fueron los nutrientes que mostraron las concentraciones más elevadas, con rangos de 1.9 a 26.0 μM y promedio de 14.9 para el silicato y 0.3 a 41.0 μM con promedio de 21.6 para el nitrato, la menor concentración correspondió a los nitritos con un rango de 0.05 a 4.9 y promedio de 1.3 μM , el coeficiente de variación estuvo en un rango de 38.7% para los fosfatos hasta 112.1% para los nitritos.

Tabla 9. Estadística descriptiva de los nutrientes en las estaciones correspondientes a la zona de Lázaro Cárdenas.

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Varianza	Des. Est.	Coef.Var.
N-NH₄	7.8	6.6	3.9	33.3	28.3	5.3	68.4
P-PO₄	2.9	3.2	0.7	5.0	1.2	1.1	38.7
SiO₂	14.9	17.5	1.9	26.0	57.1	7.6	50.6
N-NO₂	1.3	0.5	0.05	4.9	2.2	1.5	112.1
N-NO₃	21.6	26.5	0.3	41.0	190.9	13.8	64.0

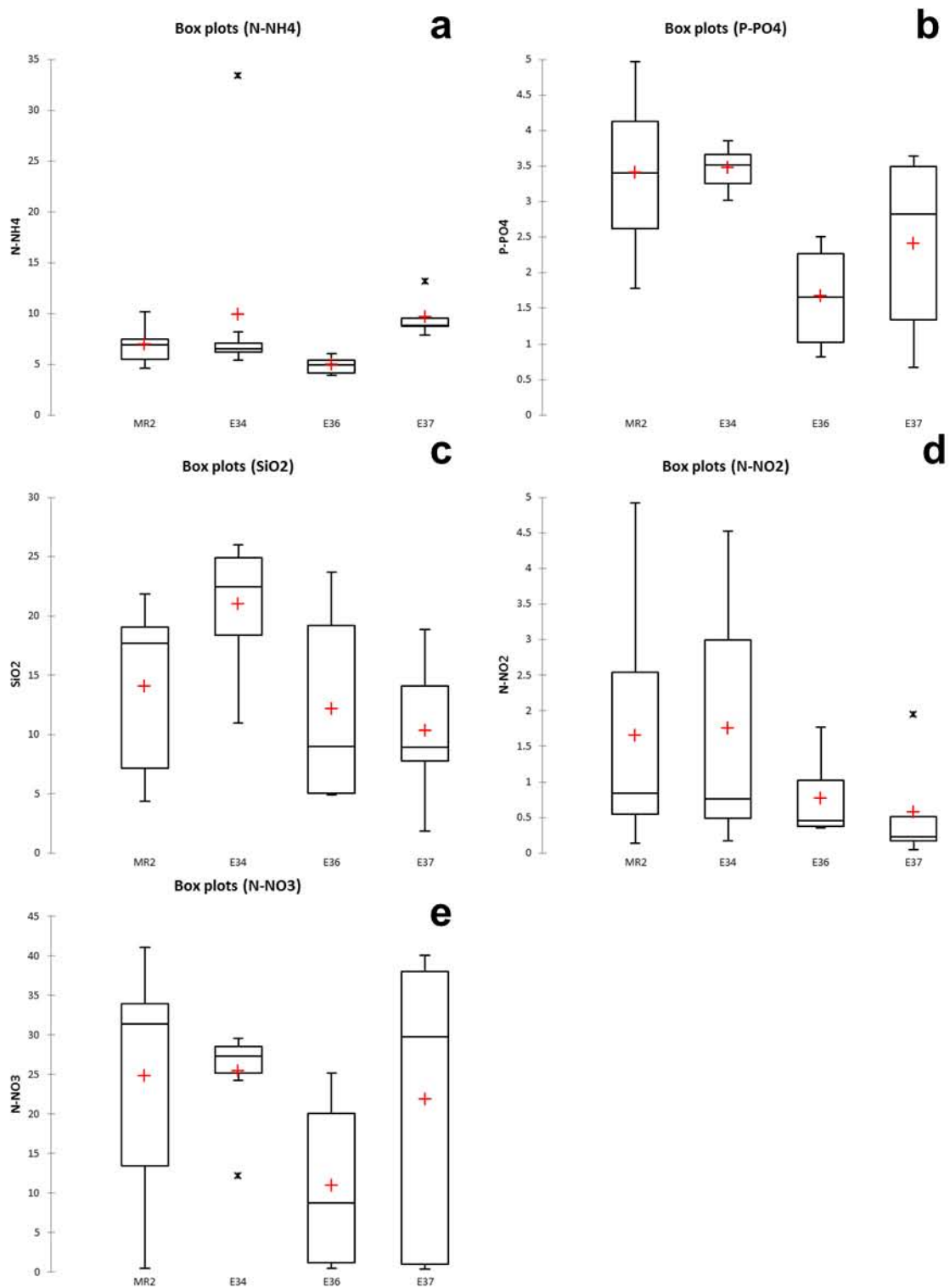


Figura 10. Variación de los nutrientes entre estaciones en la zona de Lázaro Cárdenas: a) amonio, b) fosfatos, c) silicatos, d) nitritos y e) nitratos.

De manera general, en la zona de Guerrero la estación E40 presentó las concentraciones más elevadas de nutrientes para esta zona, a excepción del amonio, los nutrientes que registraron las máximas concentraciones fueron los silicatos y nitratos, con rangos de 1.2 a 26.0 μM y 0.2 a 28.5 μM y desviación estándar de 8.3 y 7.4 μM respectivamente, el fosfato fue el nutriente que presentó las menores concentraciones con un rango de 0.3 a 3.0 μM y una desviación estándar de 1.4 μM , el coeficiente de variación para la zona de Guerrero para todos los nutrientes estuvo por encima de 40%, con un máximo de 171.1% para los nitritos.

Tabla 10. Estadística descriptiva de los nutrientes en las estaciones correspondientes a la zona de Guerrero

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Varianza	Des. Est	Coef.Var.
N-NH4	8.7	7.7	5.3	21.0	13.6	3.7	42.6
P-PO4	1.4	1.2	0.3	3.0	0.8	0.9	61.5
SiO2	8.3	3.9	1.2	26.0	76.9	8.8	105.9
N-NO2	0.9	0.4	0.1	5.9	2.3	1.5	171.1
N-NO3	7.4	1.1	0.2	28.5	104.0	10.2	137.0

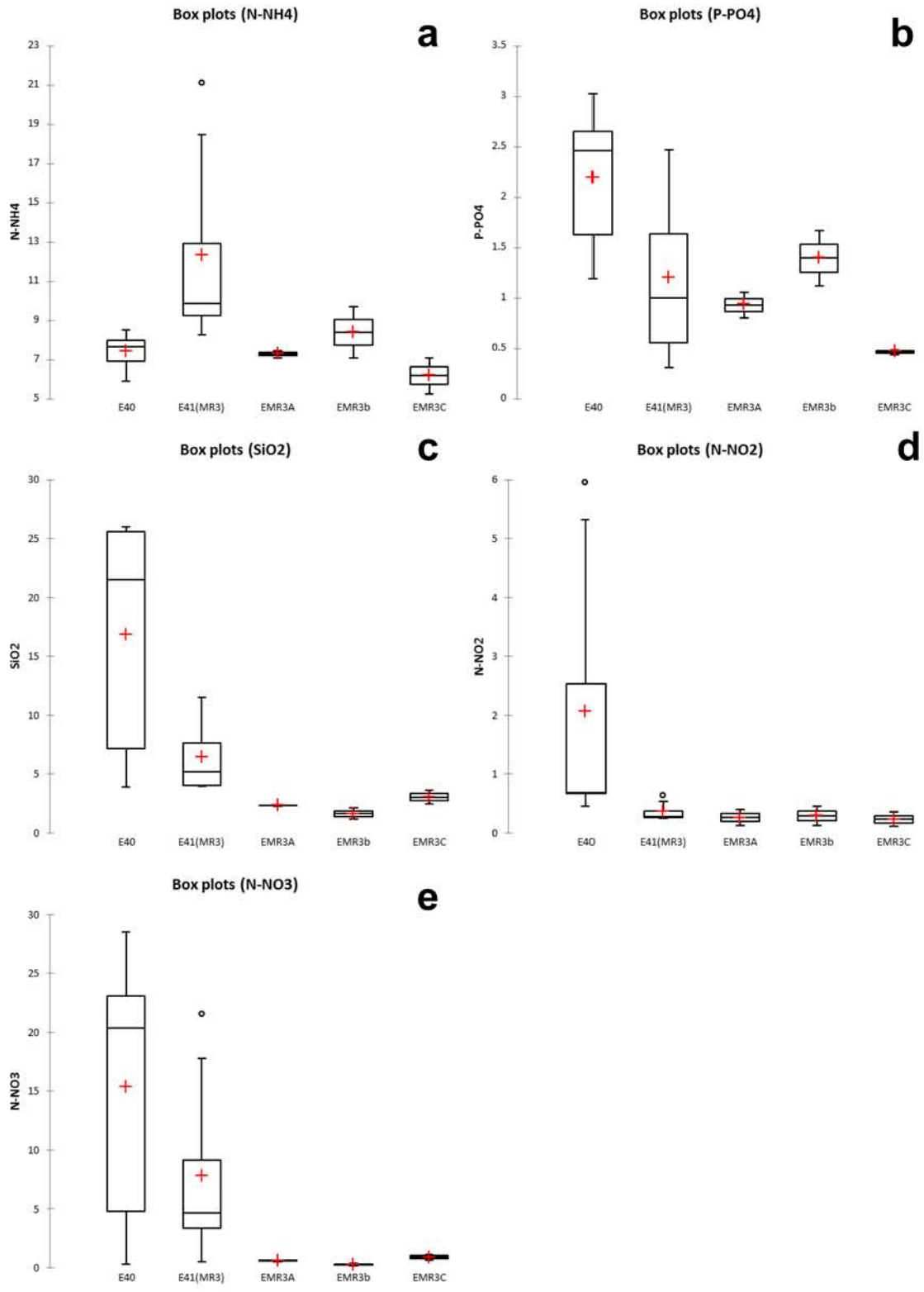


Figura 11. Variación de los nutrientes entre estaciones en la zona de Guerrero: a) amonio, b) fosfatos, c) silicatos, d) nitritos y e) nitratos.

Masas de Agua

A partir de los datos obtenidos de temperatura y salinidad mediante el CTD SEABIRD SBE 9 PLUS se identificó la presencia de 4 masas de agua según clasificación Lavín et al. (2009), las cuales fueron:

Agua Tropical Superficial (ATS), Agua Subtropical Subsuperficial (AStSs) Agua Intermedia del Pacífico (AIP) y Agua Profunda del Pacífico (APP).

La presencia de la APP, solo fue registrada en la zona de Lázaro Cárdenas. Las mayores temperaturas superficiales se observaron en el transecto de Lázaro Cárdenas y Guerrero, el diagrama que mostró menos uniformidad fue el de Lázaro Cárdenas en la ATS, ya que la MR2 presentó una menor temperatura y salinidad con respecto a E38, que registró la mayor temperatura; E36 y E37 valores semejantes.

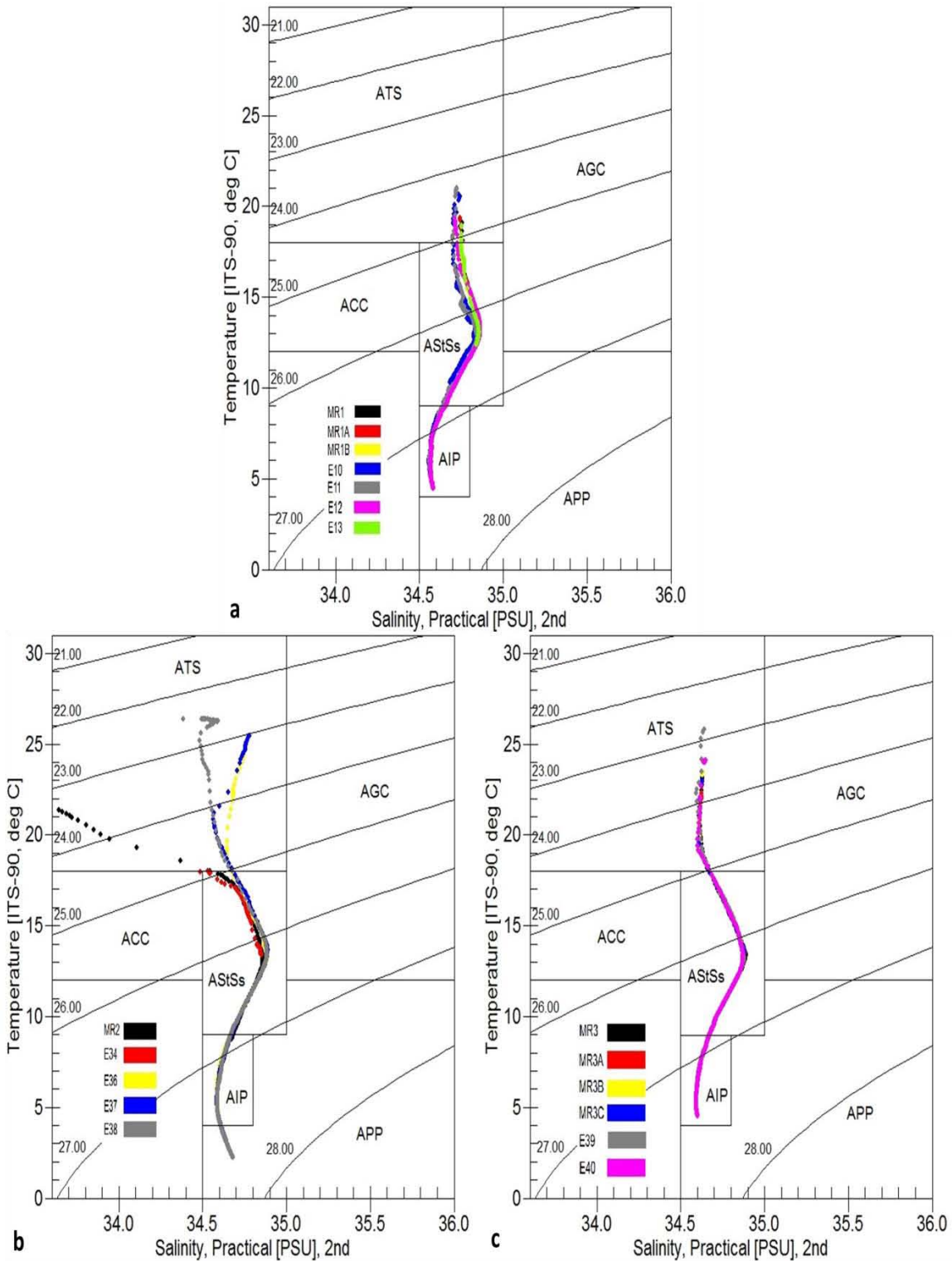


Figura 12. Diagramas T-S para las zonas de a) Cabo Corrientes, b) Lázaro Cárdenas y c) Guerrero.

Perfiles Horizontales de Clorofila-a y Temperatura

La zona de Cabo Corrientes presenta variaciones en la concentración de clorofila-a, en los primeros 10 m de profundidad en el perfil horizontal de la estación E13 mostró un aumento en la concentración de clorofila-a de la zona costera con valores próximos a 2 mg m^{-3} hacia la zona oceánica con valores próximos a 6.6 mg m^{-3} , por debajo de los 10 metros y hasta aproximadamente 47 metros de profundidad la concentración de clorofila-a disminuye de la zona costera hacia la zona oceánica, con dos máximos sub superficiales a 15 y 24 m de profundidad con valores de 5.4 y 5.7 mg m^{-3} respectivamente, por debajo de 40m de profundidad la concentración de clorofila-a disminuye de 2 mg m^{-3} hasta 0.1 mg m^{-3} a 100m.

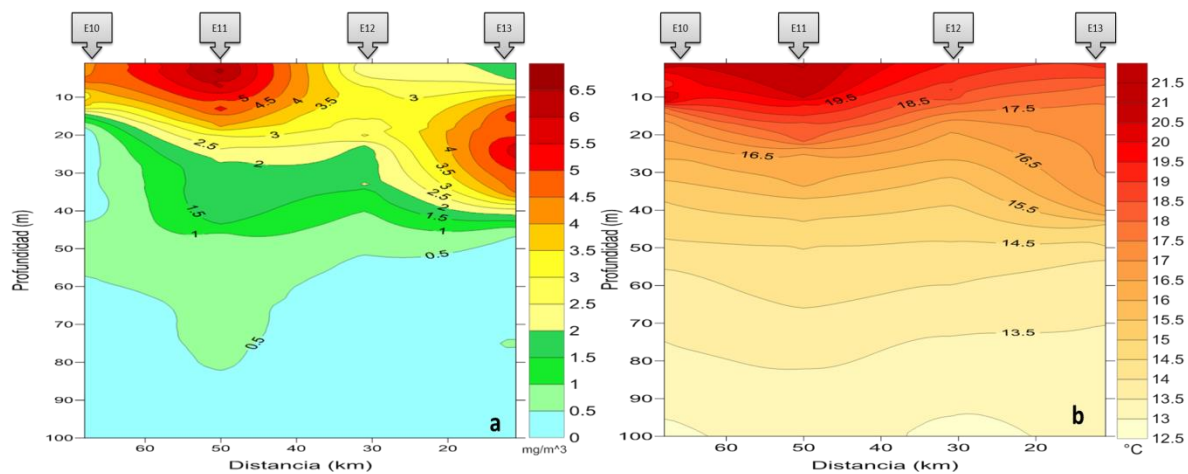


Figura 13. Perfiles verticales de a) clorofila-a y b) temperatura en la zona de Cabo Corrientes Jalisco

En cuanto a la temperatura, las isotermas en la zona de Cabo Corrientes mostraron en los primeros 20 m de profundidad un aumento de la temperatura de 17.5°C en la zona costera hasta valores próximos a 21.5°C en la zona oceánica a 50 km de la costa, por debajo de los 20 metros de profundidad la temperatura disminuyó gradualmente de manera homogénea hasta alcanzar un valor de 12.5°C .

La zona de Lázaro Cárdenas presentó los valores más elevados en la concentración de clorofila-a en los primeros 20 m de profundidad, los valores mostraron un patrón de disminución de la zona costera hacia la zona oceánica,

con un valor máximo de 10.45 mg m^{-3} a 13 m de profundidad, los valores se encontraron por debajo de 1 mg m^{-3} después de los 57 km de la costa, de 20 a 35 m de profundidad la concentración de clorofila-a disminuyó conservando el patrón de disminución de la zona costera hacia la zona oceánica, sin embargo los valores por encima de 1 mg m^{-3} se extendieron hasta 70 km de la costa, de 35 a 90 km de profundidad, el patrón de distribución de la clorofila-a mostró aumento de la zona costera hacia la zona oceánica los valores por encima de 1 mg m^{-3} y hasta 2 mg m^{-3} se registraron después de los 30 km de distancia de la costa, por debajo de 90 m de profundidad la concentración disminuyó a menos de 0.5 mg m^{-3}

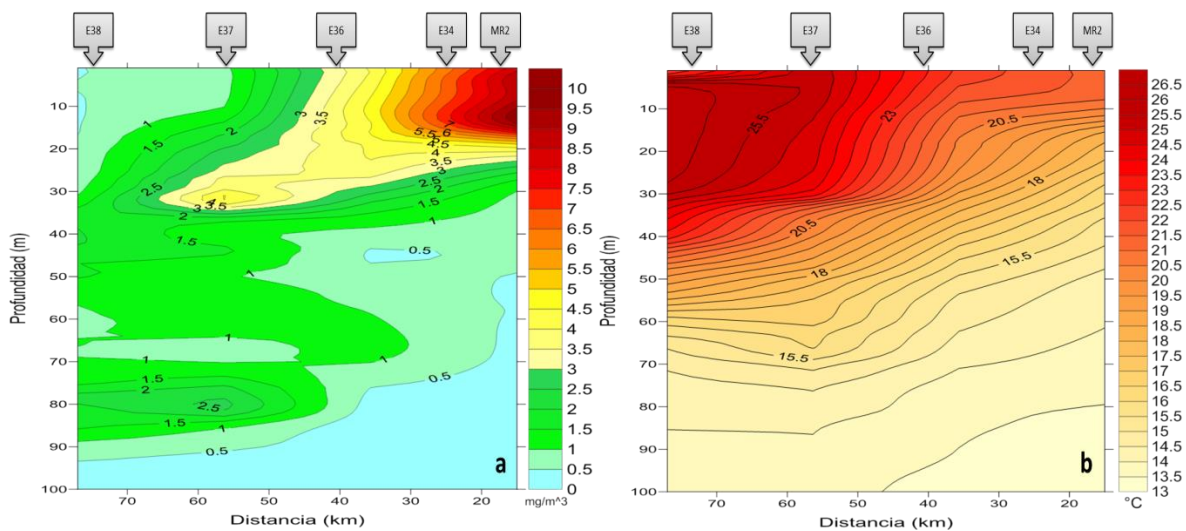


Figura 14. Perfiles verticales de a) clorofila-a y b) temperatura en la zona de Lázaro Cárdenas Michoacán

En cuanto a la temperatura, la zona de Lázaro Cárdenas presentó un patrón similar al de Cabo Corrientes aumentando de la zona costera hacia la zona oceánica, sin embargo temperaturas próximas a 20°C se extendieron hasta 45 m de profundidad, los valores más elevados se registraron después de 50 km de distancia de la costa con valores máximos cercanos a 26.5°C . Entre los 30 y 40 metros de profundidad se observó que las isotermas redujeron la distancia entre sí, lo que indicó la presencia de una termoclina. Por debajo de 45 m de profundidad las isotermas mostraron una disminución gradual de la temperatura hasta alcanzar un mínimo de 13°C a 100 m de profundidad.

La zona de Guerrero, mostró un patrón de disminución en la concentración de clorofila-a de la zona costera hacia la zona oceánica, las concentraciones más

elevadas de clorofila-a se registraron en los primeros 20 m de profundidad. En la zona costera, la máxima concentración de clorofila-a fue de 12.5 mg m^{-3} , después de los 28 km y hasta 50 km de distancia a la costa la concentración de clorofila-a disminuyó de 3 a 0.5 mg m^{-3} . De los 20 a los 32 m de profundidad la concentración disminuye de igual manera de 3 a 0.5 mg m^{-3} , después de los 32 metros y hasta 100 m de profundidad los valores se encontraron por debajo de 1 mg m^{-3} , en la zona oceánica se registró un segundo máximo de clorofila-a entre 57 y 67 m de profundidad, abarcando una longitud de 10 km entre 40 y 50 km de distancia hacia la costa.

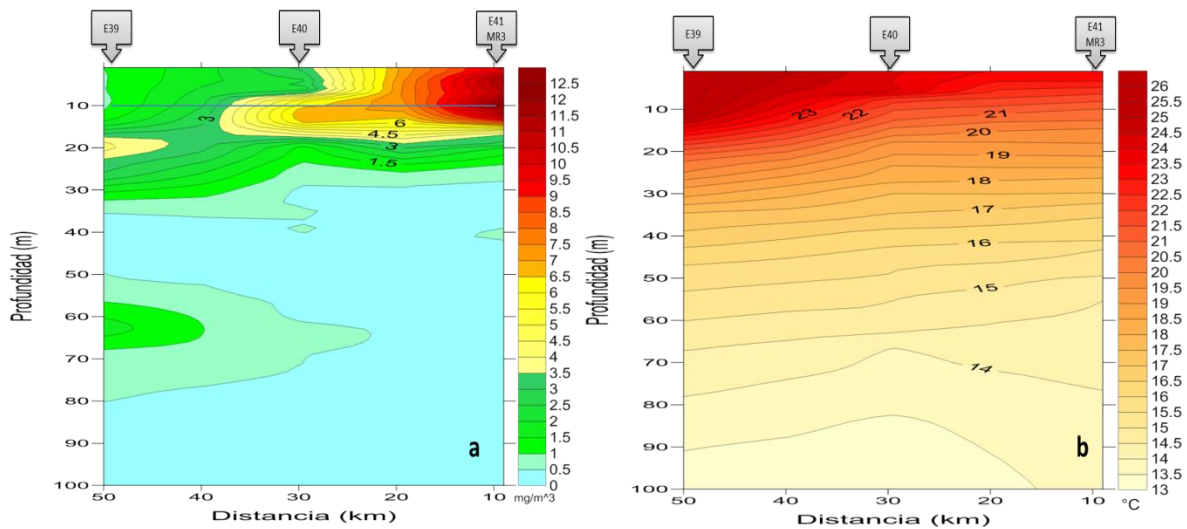


Figura 15. Perfiles verticales de a) clorofila-a y b) temperatura en la zona de Guerrero

La temperatura en la zona de Guerrero presentó un patrón similar al de Cabo Corrientes y Lázaro Cárdenas el cual aumentó de la zona costera hacia la zona oceánica, las isotermas en los primeros 20 metros de profundidad mostraron temperaturas por sobre 20°C , la temperatura máxima se presentó entre 35 y 50 km de distancia a la costa con valores próximos a 26°C , por debajo de los 20 m de profundidad la temperatura disminuyó gradualmente hasta alcanzar los 13°C .

Clorofila-a y Temperatura Superficial Satelital

Clorofila-a

En cuanto a las imágenes de satélite para comparar la clorofila-a superficial se obtuvieron 5 imágenes para el Pacífico tropical mexicano, de la zona comprendida entre las latitudes 15°-21° Norte y las longitudes 98°-107° Oeste, para las fechas correspondientes al 03, 10, 12, 16 y 21 de abril de 2012, en ellas fue posible observar altas concentraciones de clorofila-a en la zona costera. Las imágenes muestran que del 3 al 21 de abril la concentración de clorofila-a presentó un valor máximo de 465.63 mg m⁻³ con una distribución en parches cercanos a la zona costera, con un valor promedio de 5.53 mg m⁻³ el día 3 de abril que disminuyó para el día 21 de abril presentando un valor promedio de 1.80 mg m⁻³, los valores bajos para la concentración de clorofila-a se observaron en la zona más alejada de la línea de costa con un valor mínimo de 0.001 mg m⁻³, el área de mayor extensión para valores por encima de 1 mg m⁻³ se observó en la región correspondiente a Cabo Corrientes.

Tabla 10. Estadística descriptiva para los datos de clorofila-a satelital.

Fecha	<i>Chl_a</i>				
	03/04/2012	10/04/2012	12/04/2012	16/04/2012	21/04/2012
Media	5.53	3.95	2.13	1.97	1.80
Mediana	0.30	0.64	0.21	0.19	0.20
Desviación estándar	26.83	20.07	11.81	12.22	11.92
Mínimo	0.002	0.065	0.001	0.038	0.014
Máximo	465.63	465.05	462.19	459.52	465.27
n	39429	57769	74003	33325	110555
Nivel de confianza(95.0%)	0.26	0.16	0.09	0.13	0.07

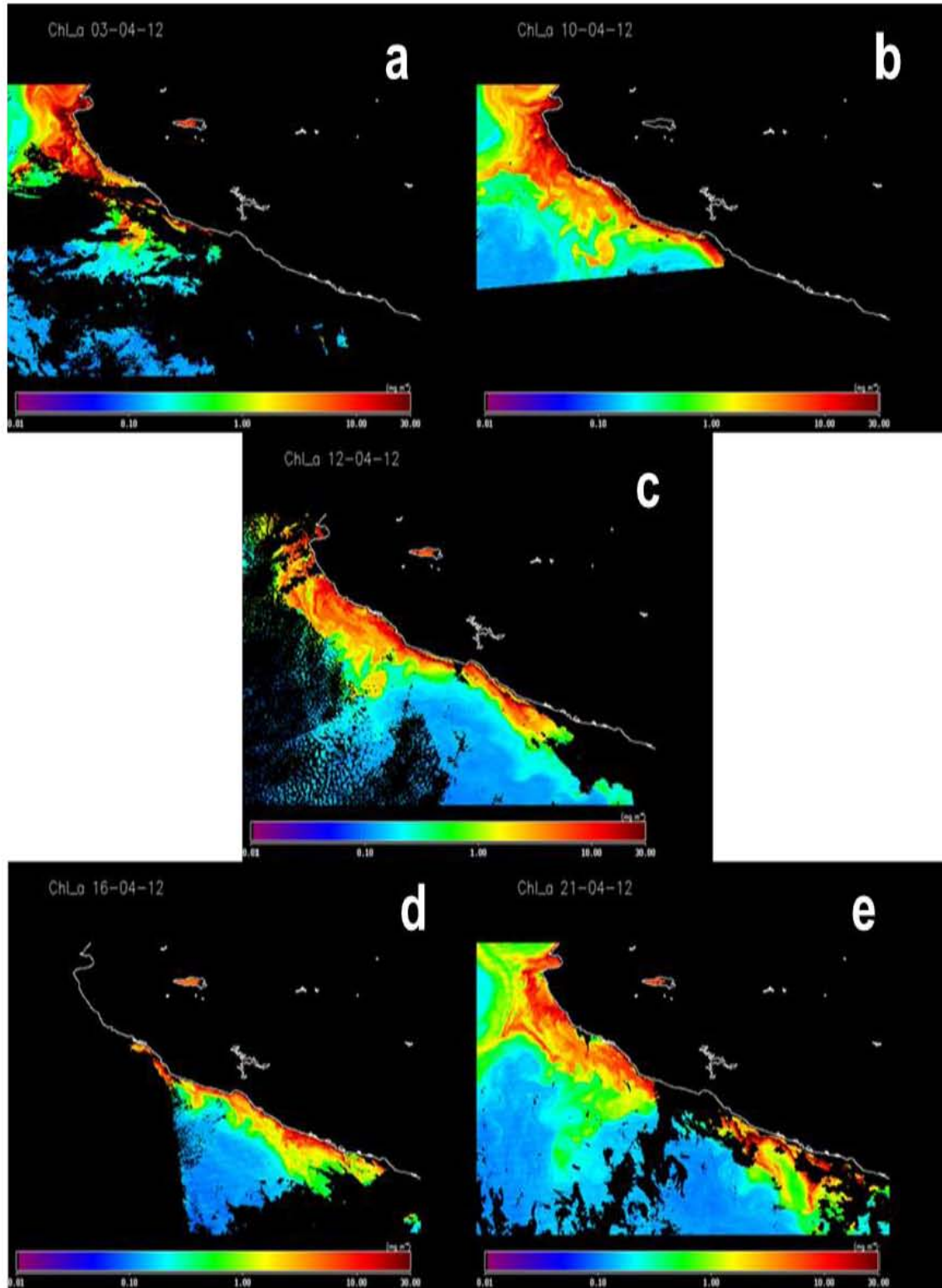


Figura 16. Imágenes satelitales de clorofila-a en el Pacífico tropical mexicano de los días a) 03, b) 10, c) 12, d) 16 y e) 21 de abril de 2012.

Temperatura Superficial del Mar

Se obtuvieron 5 imágenes de la temperatura superficial del mar para el Pacífico tropical mexicano, en la zona comprendida entre las latitudes 15°-21° norte y las longitudes 98°-107° oeste, para las fechas correspondientes al 03, 10, 12, 16 y 21 de abril de 2012, estas imágenes mostraron una menor temperatura en la zona costera entre $\approx 20-23^{\circ}\text{C}$ de los $21^{\circ}-18.5^{\circ}\text{N}$ extendiéndose mar adentro aproximadamente 40 km después de esta distancia, la temperatura se incrementó levemente $\approx 25^{\circ}\text{C}$. por debajo de los 18.5°N , las imágenes de satélite mostraron un incremento de la temperatura abarcando la mayor parte del área comprendida entre los $18.5^{\circ}-15^{\circ}\text{N}$, de $\approx 23-25^{\circ}\text{C}$ en la zona costera, y de $\approx 25-30^{\circ}\text{C}$ en la zona oceánica.

De los datos obtenidos a partir de las imágenes de satélite, se observó que entre 3 y el 21 de abril la temperatura superficial del mar presentó un valor máximo de 31.4°C , con un valor promedio de 24.9°C el día 3 de abril aumentando para el día 21 de abril presentando un valor promedio de 26.4°C , la temperatura más baja se presentó una semana antes del inicio del crucero oceanográfico MareaR-IV el día 3 de abril con 20.5°C .

Tabla 11. Estadística descriptiva para los datos de temperatura superficial satelital.

Fecha	SST				
	03/04/2012	10/04/2012	12/04/2012	16/04/2012	21/04/2012
Media	24.9	25.0	26.3	26.6	26.4
Mediana	24.8	25.1	26.5	26.5	26.3
Moda	25.1	24.6	28.5	24.8	26.1
Desviación estándar	1.7	1.3	1.8	1.8	2.1
Mínimo	20.5	20.9	20.9	22.7	20.9
Máximo	28.9	27.3	29.3	30.0	31.4
n	19518	39237	44926	46107	69159
Nivel de confianza(95.0%)	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02

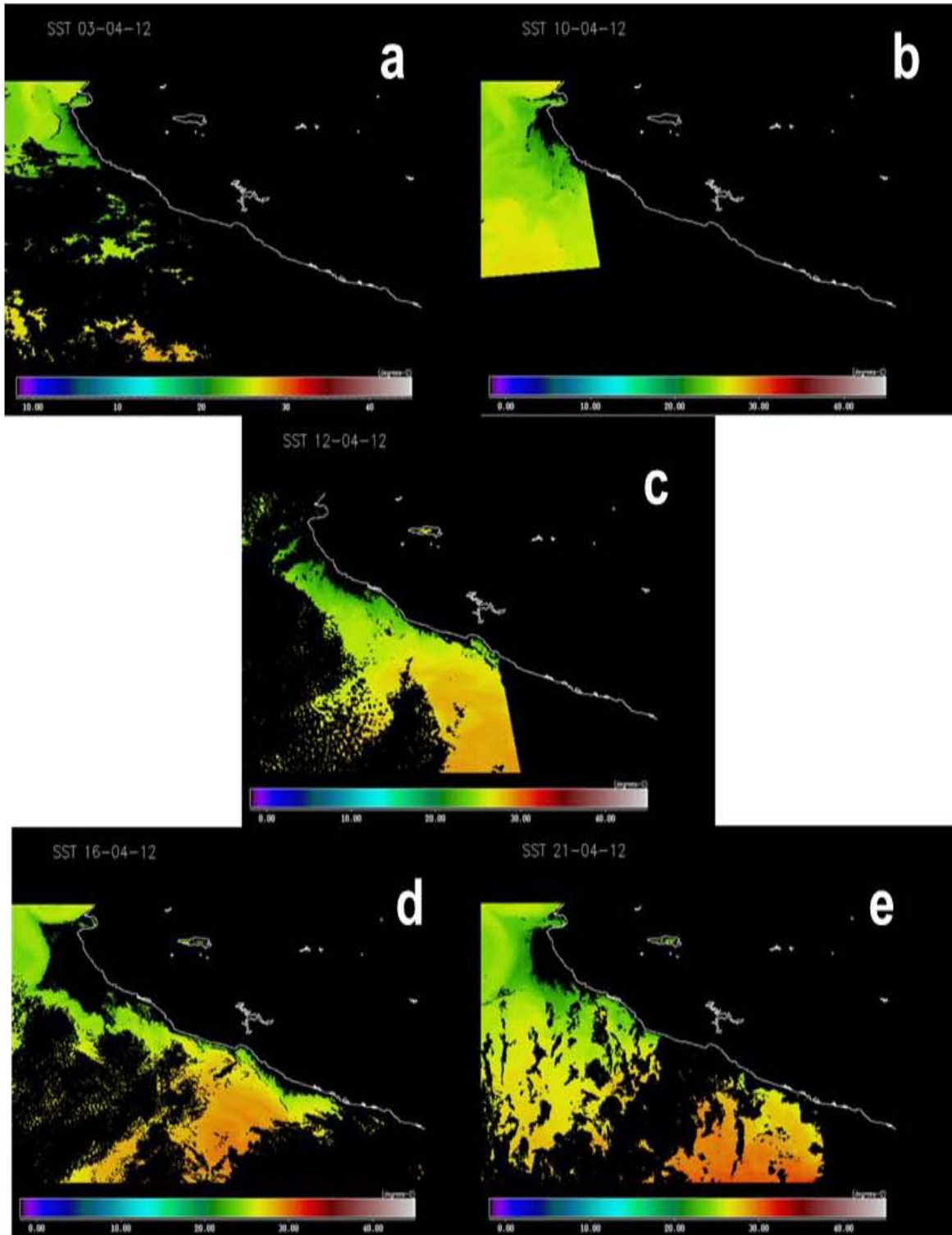


Figura 17. Imágenes satelitales de temperatura en el Pacífico tropical mexicano de los días a) 03, b) 10, c) 12, d) 16 y e) 21 de abril de 2012.

Patrón de Corrientes

En la zona de estudio fue posible observar la influencia de una corriente con dirección oeste-este de 17 a 19° de latitud norte, y de 107° a 105° de longitud oeste bifurcándose y reduciendo su velocidad hacia el noreste e incrementando con dirección sureste. En la misma zona fue posible observar la formación de algunos giros ciclónicos y anticiclónicos.

En la zona de Cabo Corrientes, para el 12 de abril del 2012, día que se registró el primer evento de marea roja MR1, cuyo organismo responsable fue el ciliado mixótrofo *Mesodinium rubrum* y donde la mayor parte de la abundancia estuvo dada por 5 especies de ciliados, se observó el desplazamiento de la corriente con velocidades entre 30-45 cm/s de Bahía de Banderas con dirección suroeste; zona donde se ubicó la MR1 este desplazamiento de la corriente fue observado a partir del día 6 de abril del 2012 ya que en días previos había mostrado un desplazamiento de la corriente con dirección noroeste. En la zona frente a la costa de Michoacán fue posible observar la convergencia de dos corrientes una de menor velocidad ≈ 35 cm/s con dirección sureste y una corriente de mayor velocidad $\approx 40-135$ cm/s con dirección noroeste formada por dos giros anticiclónicos generados el 12 de abril lo cual desplazó masas de agua con dirección suroeste previo a esta condición se observaba predominio de desplazamiento con dirección sureste para esta zona con velocidades de $\approx 10-70$ cm/s.

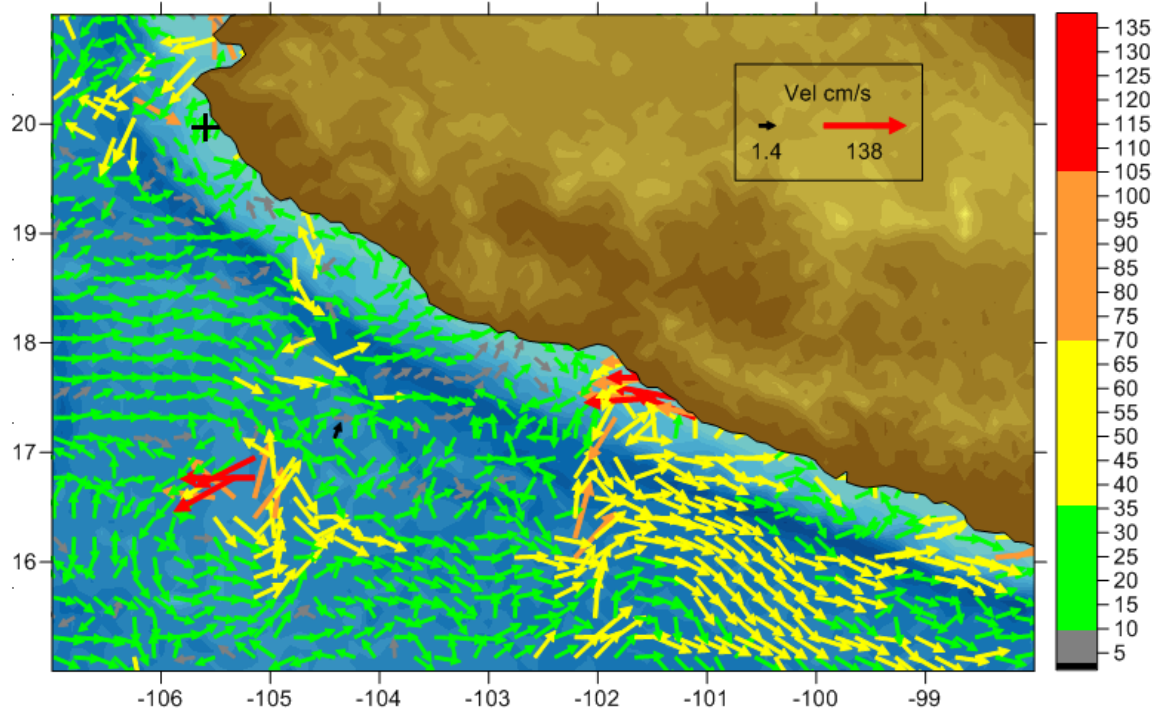


Figura 18. Mapa de corrientes geostróficas del 12 de abril de 2012, la + indica el donde se registró la marea roja en la zona de Cabo Corrientes.

El día 15 de abril del 2012 se presentó el segundo evento de marea roja MR2 frente a las costas de Michoacán próximo al puerto de Lázaro Cárdenas el organismo dominante fue el dinoflagelado desnudo *Gymnodinium catenatum*, la corriente que se desplazaba con dirección sureste disminuyó por debajo de los ≈ 10 cm/s los dos giros ciclónicos cercanos a la zona se encontraban aun presentes y la velocidad de la corriente con dirección noroeste permaneció de $\approx 40-135$ cm/s, generando un desplazamiento por esta convergencia de corrientes con dirección suroeste y velocidad de ≈ 25 cm/s.

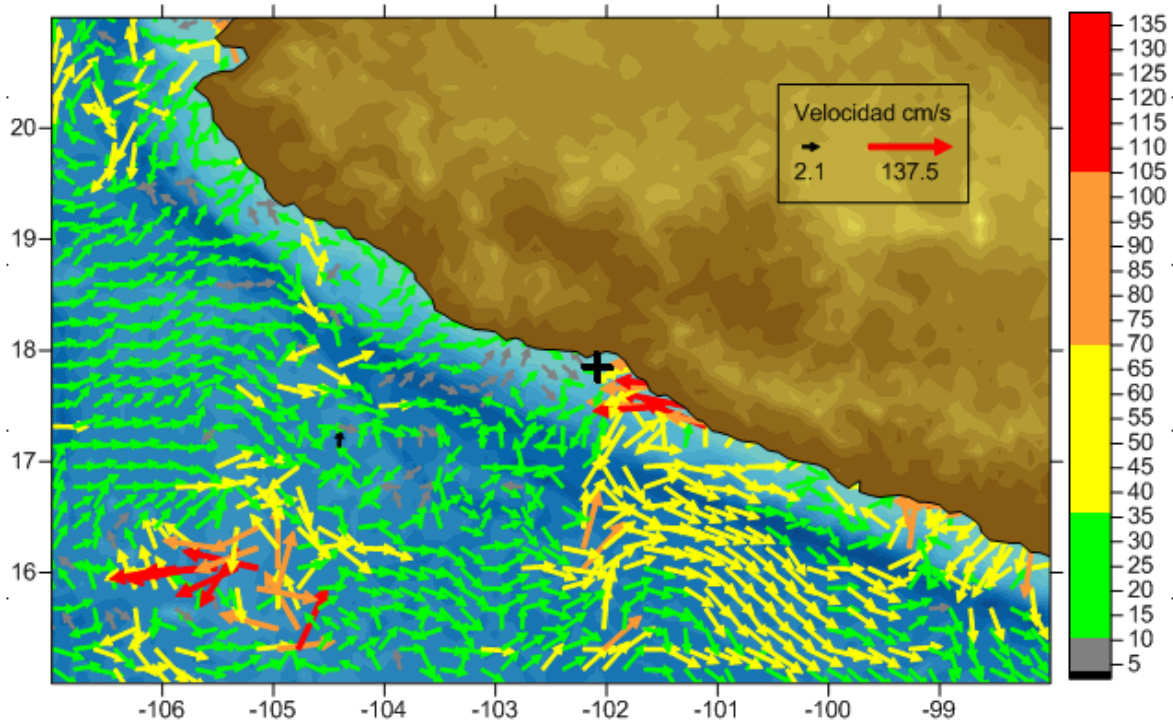


Figura 19. Mapa de corrientes geostroficas del 15 de abril de 2012.

La marea roja 3 MR3 se presentó el día 16 de abril del 2012 frente a la costa de Guerrero; próximo al puerto de Acapulco, en esta marea roja el organismo más conspicuo fue el dinoflagelado tecado *Gonyaulax* sp. que junto a *Bacteriastrum hyalinum* y un organismo esférico menor a 5 μm de diámetro que resultó ser el más abundante, ocasionaron la coloración del agua superficial. En la zona de Guerrero se registró desplazamiento de la corriente con dirección sureste incorporándose al giro ciclónico cercano, esta disposición de corrientes terminó el día 23 de abril cuando el giro fue disipado.

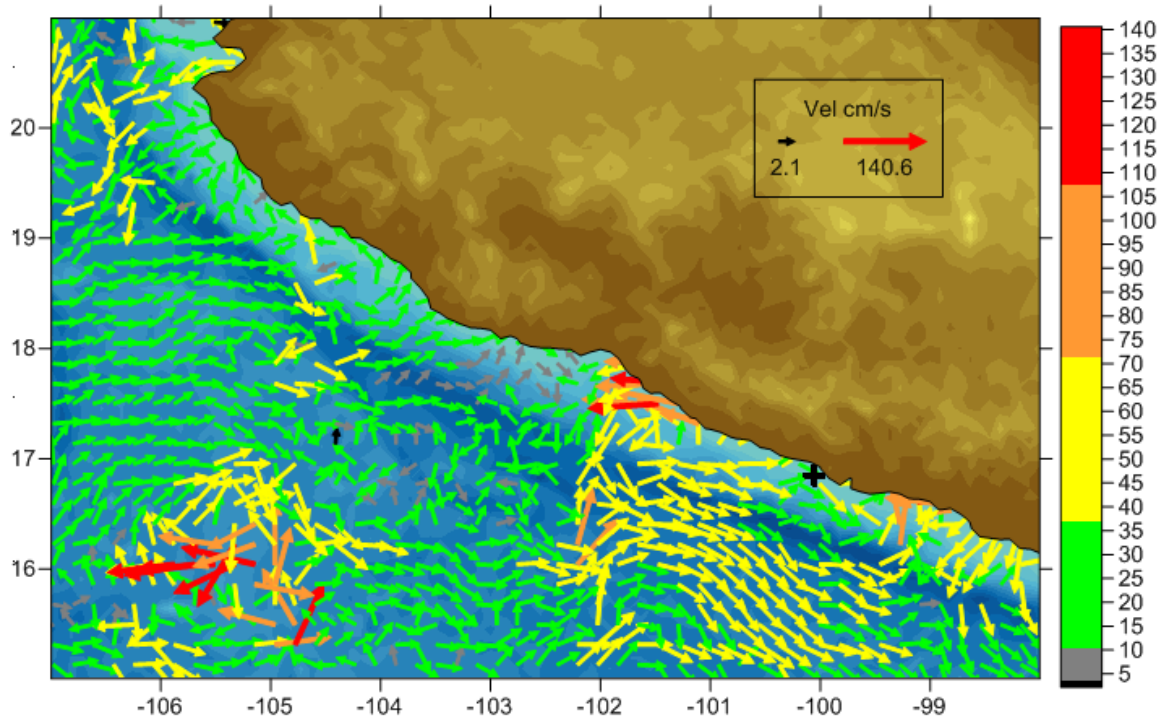


Figura 20. Mapa de corrientes geostroficadas del 16 de abril de 2012.

Índice de Surgencia

El índice de surgencia mostró valores para la zona de Cabo Corrientes al iniciar el crucero oceanográfico Marea R-IV de $116 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ de línea de costa, para el día 12 de abril del 2012 que fue encontrada la MR1 el valor del índice de surgencia fue de $199 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$, alcanzando su máximo el día 13 con $243 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$, el valor mínimo durante el periodo de muestreo fue de $82 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$. De manera general en la zona de cabo corrientes se mostró un incremento en el índice de surgencia a partir de los primeros días del mes de marzo hasta aproximadamente finales del mes de mayo alcanzando su máximo valor a mediados del mes de abril. Se observaron dos periodos de convergencia al principio y al final del periodo de máximos valores del índice de surgencia.

Para la zona de Lázaro Cárdenas al inicio del crucero oceanográfico Marea R-IV el índice de surgencia presentó un valor de $20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ el día 15 de abril de 2012 se registró la MR2 frente al puerto de Lázaro Cárdenas el índice de

surgencia para esta fecha fue de $121 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$, el valor mínimo durante las fechas de muestreo fue para el día 14 de abril con un valor de $13 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$, el máximo valor se observó para el día 13 de abril presentándose un valor para el índice de surgencia de $191 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$. de manera general en la zona que corresponde a Michoacán el índice de surgencia comenzó a incrementar el 19 de marzo, alcanzando su máximo valor para el 27 de abril, este valor decayó para el día 24 de mayo en el cual se presentó una convergencia que frenó el flujo vertical de agua.

El índice de surgencia para la zona de Guerrero al inicio del crucero oceanográfico Marea R-IV el día 10 de abril fue de $-16 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$, el tercer evento de marea roja MR3 se presentó el día 16 de abril este día el índice de surgencia para esta zona fue de $5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$, el máximo valor alcanzado entre el 10 y el 21 de abril del 2012 para esta zona fue de $52 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ y el mínimo para el mismo periodo fue de $-30 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$. De manera general se observa que no existió influencia de surgencia en la zona de Guerrero previo al evento de marea roja registrado.

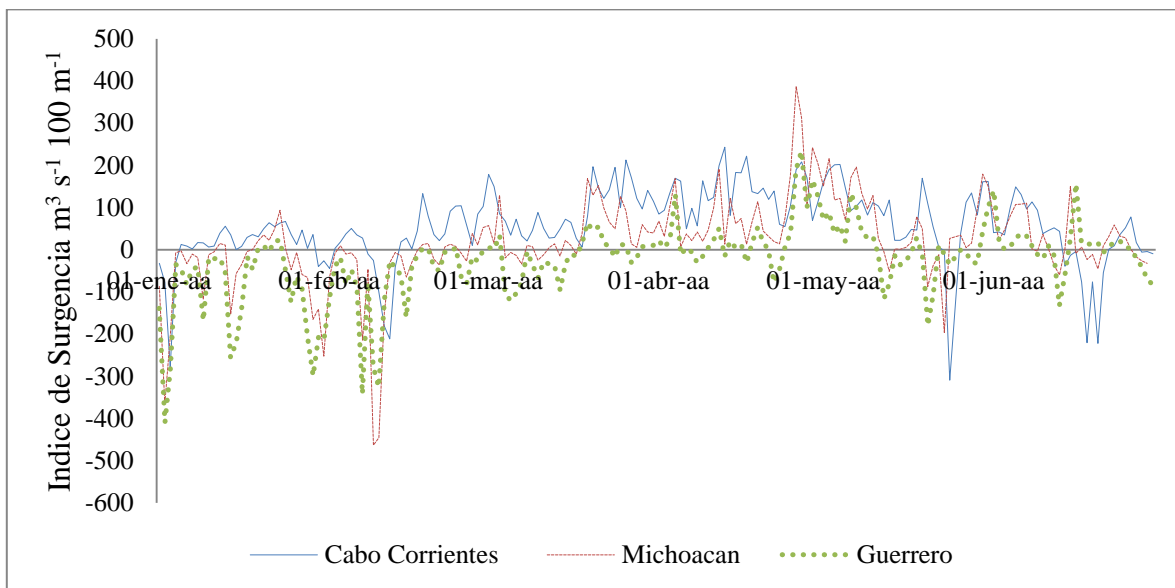


Figura 21. Índice de surgencia costera diaria para Cabo Corrientes, Michoacán y Guerrero.

Tabla 12. Valor inicial, máximo, mínimo del índice de surgencia del 10 al 22 de abril del 2012 para Cabo Corrientes, Michoacán y Guerrero.

Zona	Índice de Surgencia $\text{m}^3 \text{s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$		
	Inicial	Máximo	Mínimo
Cabo Corrientes	116	243	82
Lázaro Cárdenas	20	191	13
Guerrero	-16	52	-30

Relación Entre las Variables Físicoquímicas y las Especies de Fitoplancton Dominantes

Categorización de especies

En la zona de Cabo Corrientes se registraron 126 especies, de las cuales 19 fueron dominantes, 14 constantes, 14 ocasionales y 79 raras. Las especies dominantes fueron aquellas cuya abundancia y frecuencia estuvo por encima del 75% de los datos, es decir, abundancia superior a $8.0 \times 10^3 \text{ cél L}^{-1}$ y frecuencia por encima de 28.13%, las especies dominantes fueron los ciliados *Mesodinium rubrum*, *Strombidium conicum*, las diatomeas *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros compressus*, *Chaetoceros debilis*, *Chaetoceros decipiens*, *Chaetoceros densus*, *Chaetoceros aff. lorenzianus*, *Chaetoceros cf. socialis*, *Chaetoceros sp.*, *Guinardia striata*, *Leptocylindrus minimus*, *Pseudo-nitzschia aff. delicatissima*, *Pseudo-nitzschia aff. multistriata*, *Pseudo-nitzschia aff. pungens*, *Pseudo-nitzschia subpacificus*, *Skeletonema sp.*, *Thalassionema nitzschioides* y la criptófita *Teleaulax sp.*

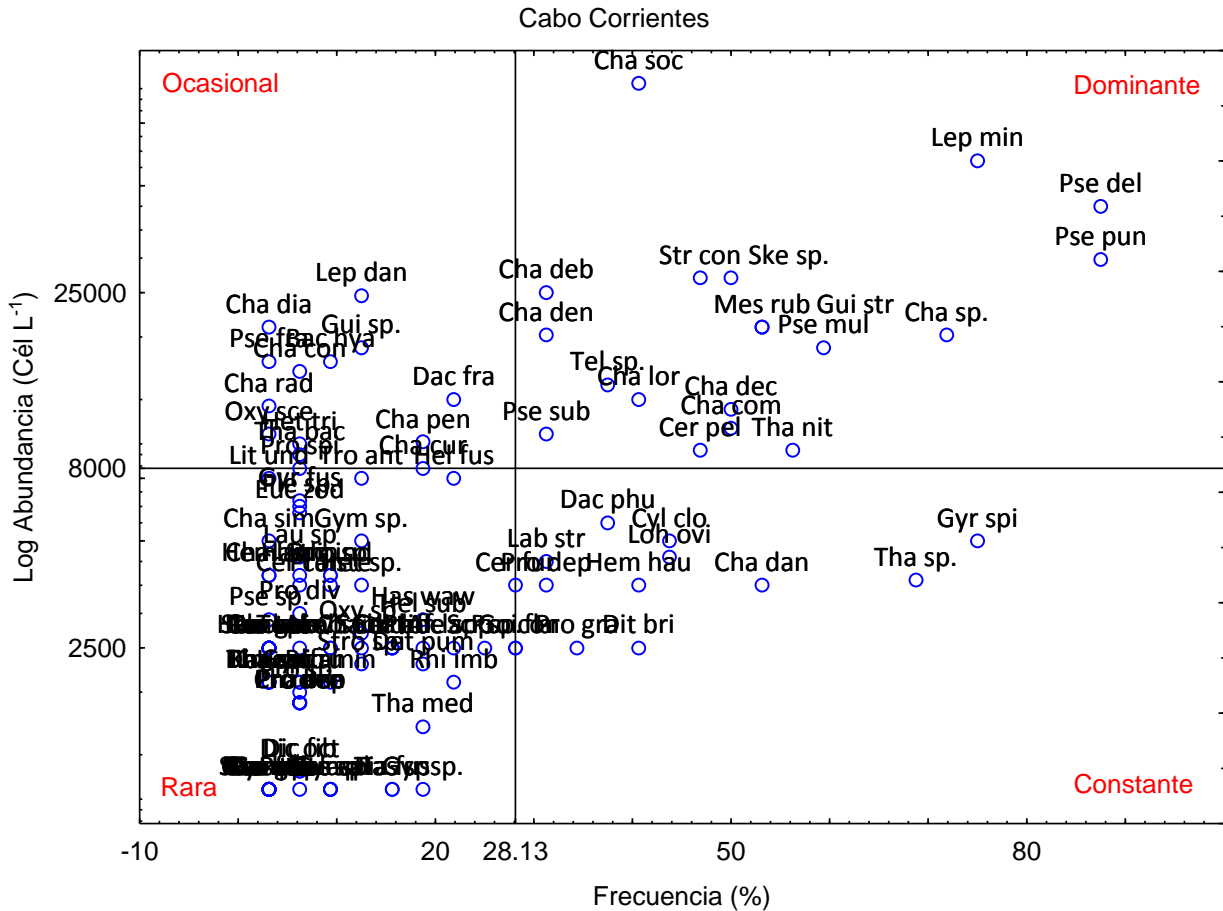


Figura 22: Dominancia de especies planctónicas en la zona de Cabo Corrientes, en función de la frecuencia y abundancia, basado en el criterio de Gastón.

Para la estación MR2, en la zona de Lázaro Cárdenas se registró un total de 48 especies, de las cuales 6 se categorizaron como dominantes, 10 constantes, 6 ocasionales y 26 raras, los valores de abundancia y frecuencia que estuvieron por encima del 75% del total de los datos fueron: 1.24×10^5 cél L^{-1} para la abundancia y 50% de la frecuencia. Los organismos dominantes fueron el dinoflagelado desnudo; *Gymnodinium catenatum*, y las diatomeas; *Bacteriastrum hyalinum*, *Leptocylindrus minimus*, *Lioloma elongatum*, *Proboscia alata* y *Pseudo-nitzschia delicatissima*.

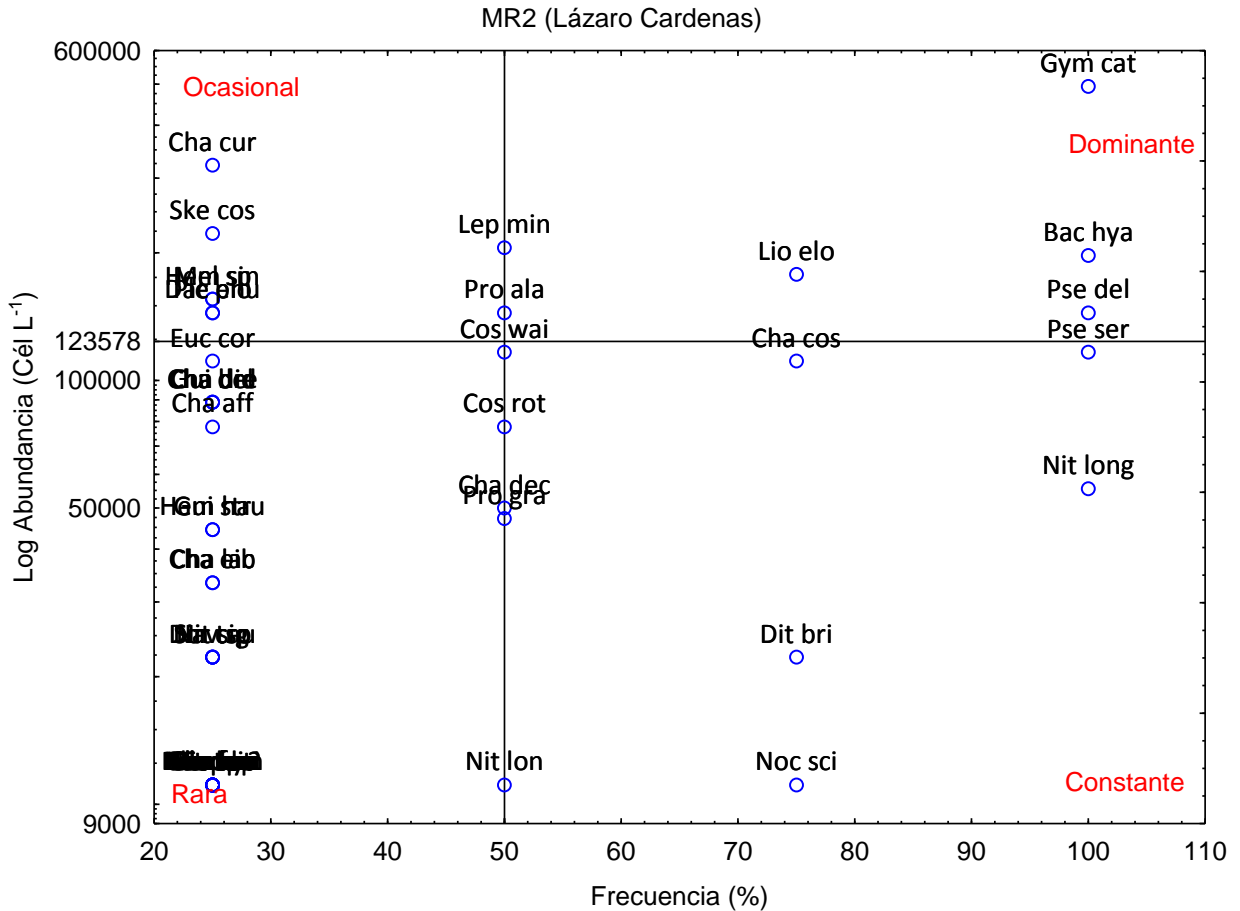


Figura 23: Dominancia de especies planctónicas en la zona de Lázaro Cárdenas, en función de la frecuencia y abundancia, basado en el criterio de Gastón.

En la zona de Guerrero se registró un total de 126 especies, de las cuales 17 se categorizaron como dominantes, 16 constantes, 15 ocasionales y 78 raras, los valores de abundancia y frecuencia que estuvieron por encima del 75% del total de los datos fueron; 8.44×10^3 cél L⁻¹ para la abundancia y 35.71% de la frecuencia. Los organismos dominantes fueron el ciliado *Strobilidium* sp., los dinoflagelados, *Ceratium balechii*, *Gonyaulax* sp. y *Heterocapsa* sp., las diatomeas; *Bacteriastrum hyalinum*, *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros* sp., *Cylindrotheca closterium*, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Dactyliosolen phuketensis*, *Guinardia striata*, *Haslea lineolata*, *Leptocylindrus danicus*, *Proboscia alata*, y *Pseudo-nitzschia pungens*, la criptófita *Teleaulax* sp., y la prasinofita *Prasinoderma* sp.

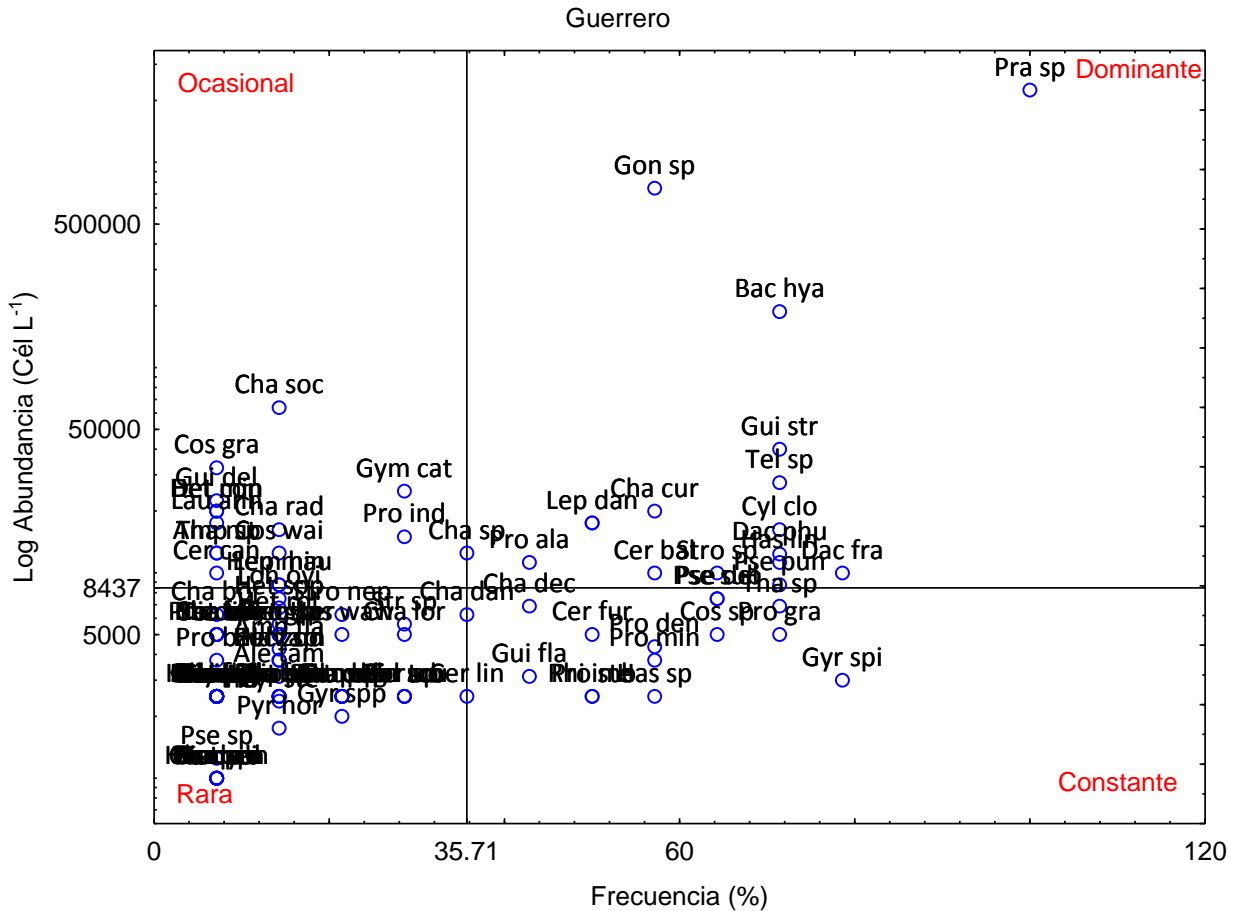


Figura 24: Dominancia de especies planctónicas en la zona de Guerrero, en función de la frecuencia y abundancia, basado en el criterio de Gastón.

Análisis de clasificación de ascendencia jerárquica

Mediante el análisis de ascendencia jerárquica en la zona de Cabo Corrientes se clasificaron 7 estaciones con 32 profundidades de muestreo en 3 conglomerados, la clase 1 agrupó puntos someros de las estaciones E10, E13, MR1, MR1a y MR1b, la clase 2 agrupó puntos profundos de las estaciones E10, E11, E12, E13, MR1, MR1a y MR1b y la clase 3 agrupó puntos someros de las estaciones E11 y E12. La clase 1 presentó profundidades someras de 0 a 11 metros con concentraciones elevadas de clorofila-a, oxígeno, amonio y fosfatos, la clase 2 presentó profundidades elevadas entre 11 y 100 metros, elevada salinidad, densidad, elevadas concentraciones de silicatos, nitritos y nitratos, la clase 3

agrupó puntos someros entre 0 y 10 metros de profundidad, una temperatura más elevada que las otras dos clases, el resto de las variables presentaron valores por debajo de los de la clase 1.

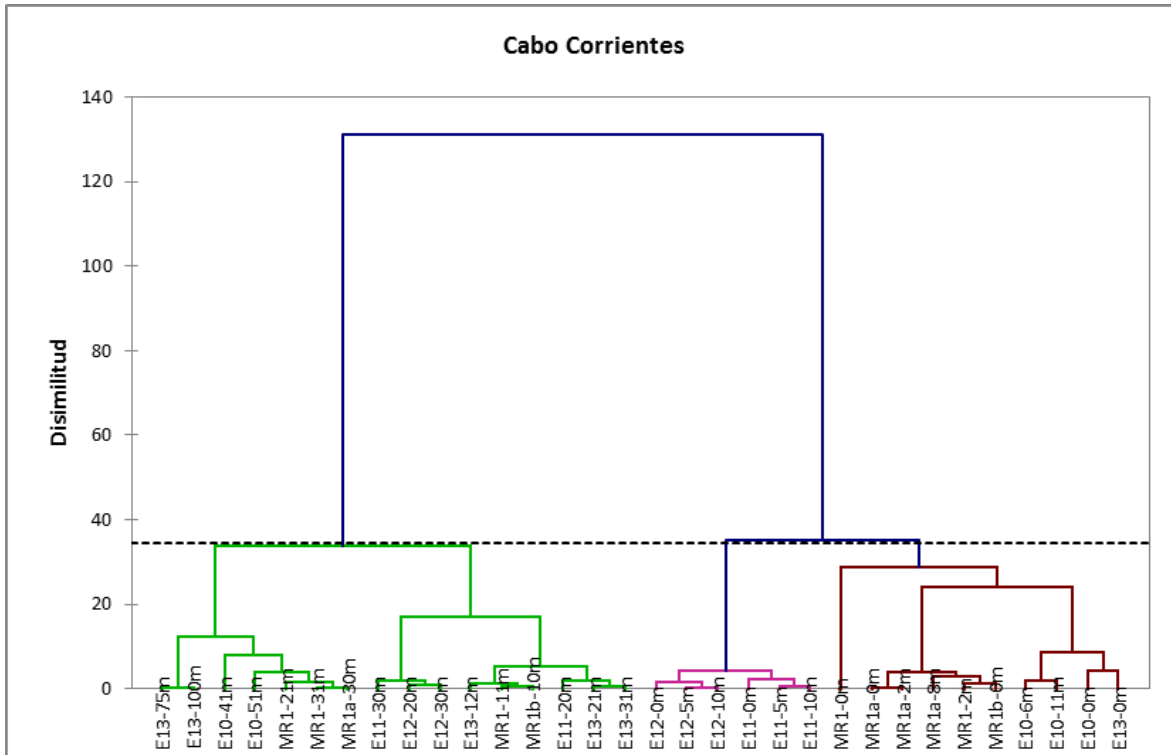


Figura 25: Análisis de ordenamiento jerárquico, en función de las variables fisicoquímicas para la zona de Cabo Corrientes.

En la zona de Lázaro Cárdenas se clasificaron 4 estaciones con 23 profundidades de muestreo en 3 conglomerados, la clase 1 agrupó puntos someros de las estaciones MR2, E34 y de 30 metros de profundidad de las estaciones E36 y E37 la clase 2 agrupó puntos profundos de las estaciones MR2, E34, E36 y E37, la clase 3 agrupó puntos someros de las estaciones E36 y E37. La clase 1 presentó profundidades de 0 a 30 metros con concentraciones elevadas de clorofila-a, amonio y baja salinidad, la clase 2 agrupo a puntos profundos entre 20 y 75 metros, salinidad y densidad elevadas, concentraciones altas de fosfatos, silicatos, nitritos y nitratos, la clase 3 agrupó puntos someros entre 0 y 25 metros de profundidad, temperatura y oxígeno elevados, valores bajos de nutrientes respecto a las otras dos clases.

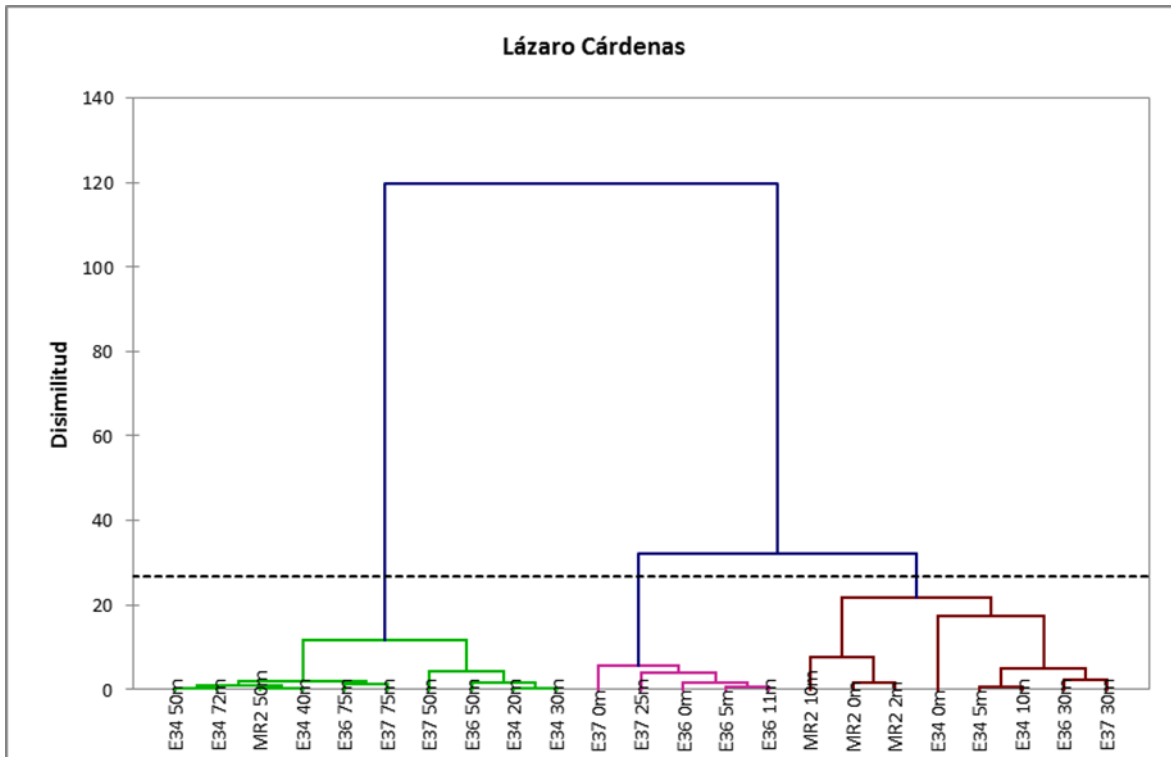


Figura 26: Análisis de ordenamiento jerárquico, en función de las variables fisicoquímicas para la zona de Lázaro Cárdenas.

En la zona de Guerrero se clasificaron 5 estaciones con 11 profundidades de muestreo en 3 conglomerados, la clase 1 agrupó puntos someros y sub superficiales de las estaciones E40, E41MR3, MR3A, MR3B y MR3C, la clase 2 agrupó puntos profundos de la estación 40, la clase 3 se compuso solo de la estación E41MR3 en la muestra superficial. Las clase 1 y 3 agruparon puntos superficiales y sub superficiales de 0 a 12 metros de profundidad con valores altos para algunas variables; temperatura, clorofila-a, oxígeno y amonio, la clase 3 presentó los valores más elevados, la clase 2 agrupó puntos profundos entre 30 y 75 metros, valores elevados de salinidad, densidad fosfatos, silicatos nitritos y nitratos.

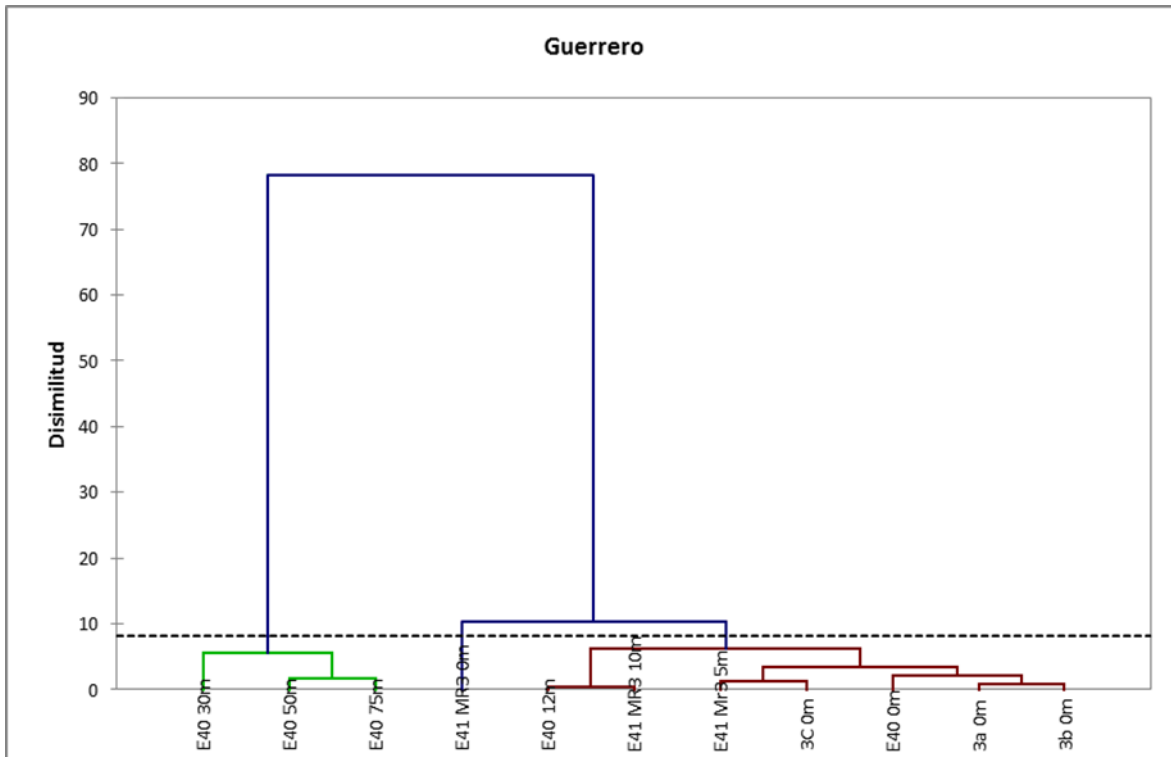


Figura 27: Análisis de ordenamiento jerárquico, en función de las variables fisicoquímicas para la zona de Guerrero.

Análisis de Componentes Principales

Con base en el análisis de componentes principales con rotación Varimax mostró para las tres zonas; Cabo Corrientes, Lázaro Cárdenas y Guerrero, que los dos primeros componentes explican el mayor porcentaje de la varianza con 72, 75 y 88%

Las cargas factoriales tras la rotación Varimax para la zona de Cabo Corrientes dieron como variables que explican el mayor porcentaje de la varianza para la primera componente (50%) con una correlación positiva a la profundidad, densidad, nitritos y nitratos, y con una correlación negativa a la temperatura, clorofila-a y oxígeno, la segunda componente (22%) presentó correlaciones positivas con amonio fosfatos y silicatos.

Para la zona de Lázaro Cárdenas las variables que representan el mayor porcentaje de la varianza para la primera componente (44%), fueron la densidad, fosfatos, silicatos y nitratos con una correlación positiva y temperatura con correlación negativa, para la segunda componente (31%) fueron la salinidad con correlación positiva y la clorofila-a y oxígeno con correlación negativa.

En la zona de Guerrero las variables que con base en la carga factorial representaron el mayor porcentaje de la varianza para la primera componente (71%) fueron: profundidad, salinidad, densidad, silicatos, nitritos y nitratos con correlación positiva y temperatura, oxígeno y clorofila-a con correlación negativa para la segunda componente amonio con correlación negativa y fosfatos con correlación positiva.

Análisis de Correspondencia Canónico

Para el análisis de correspondencia canónico se utilizaron las especies que resultaron dominantes en función de su abundancia y frecuencia, 19 especies para Cabo Corrientes, 6 especies para la zona de Lázaro Cárdenas y 17 especies para la zona de Guerrero, se emplearon las variables que explicaron el mayor porcentaje de varianza obtenidas mediante el ACP con rotación Varimax 10 variables para Cabo Corrientes, 8 variables para Lázaro Cárdenas y 9 variables para Guerrero.

En la zona de Cabo Corrientes los primeros ejes explicaron el 62% de la variación, los valores propios (eigenvalores) de los dos primeros ejes fueron de; 0.18 y 0.07 explicando el 45% y 16% de la varianza respectivamente. La relación entre la dominancia de las especies y las variables fisicoquímicas fue significativa (pseudof=1.64, $p < 0.0001$) por lo cual se encontraron linealmente relacionadas.

El eje 1 presentó una correlación positiva con fosfatos 0.66, silicatos 0.53, nitritos 0.50, oxígeno y densidad con 0.28, clorofila-a 0.26, amonio 0.19 y nitratos 0.003 el mismo eje presenta una correlación negativa con la temperatura -0.30 y profundidad -0.14. El eje 2 mostró correlación positiva con la profundidad 0.37,

densidad 0.34 y nitritos 0.27, las correlaciones negativas con este eje fueron amonio -0.91, temperatura -0.32, oxígeno -0.31, silicatos -0.30, clorofila-a -0.22, fosfatos -0.16 y nitritos -0.02.

Las especies como *Skeletonema* sp., *Guinardia striata*, *Chaetoceros debilis* y *Mesodinium rubrum*, estuvieron relacionadas con baja temperatura y profundidad, altos valores de clorofila-a, oxígeno y densidad, valores intermedios de fosfatos, silicatos y nitritos; *Chaetoceros densus* mostró una relación con altos valores de temperatura y profundidad y valores bajos de fosfatos, silicatos y nitritos; *Chaetoceros socialis* presentó relación con una profundidad elevada y alta densidad, baja temperatura bajas concentraciones de amonio fosfatos y silicatos; *Chaetoceros lorenzianus* se relacionó con alta temperatura, alta concentración de amonio, baja densidad, baja concentración de nitritos, especies como *Chaetoceros compressus* y *Pseudo-nitzschia multistriata* se encuentran restringidas a valores intermedios de las variables usadas en el análisis o no son afectadas por las mismas.

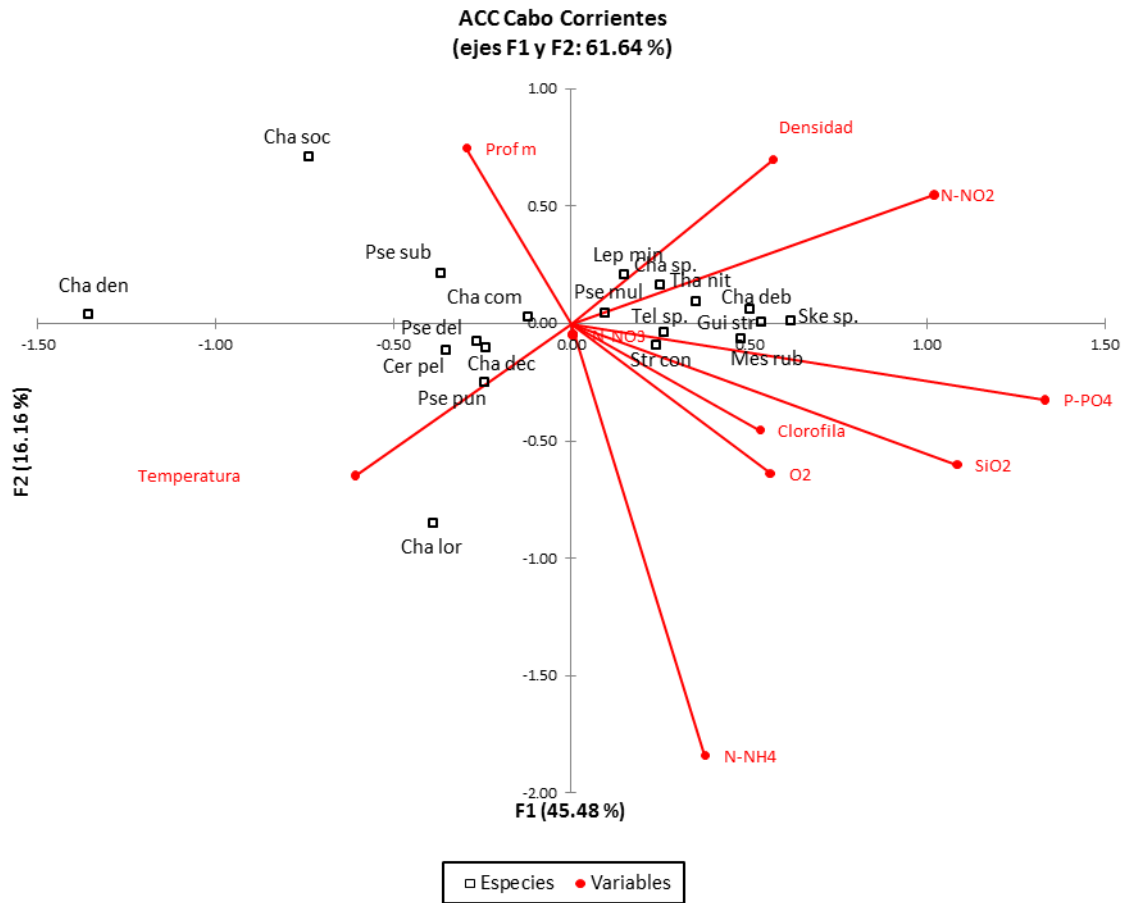


Figura 28: Triplot del análisis de correspondencia canónica entre las especies (□) y las variables fisicoquímicas (vectores) en la zona de Cabo Corrientes.

En la zona de Lázaro Cárdenas los primeros dos ejes explicaron el 98% de la variación, los valores propios (eigenvalores) de los dos primeros ejes fueron de; 0.16 y 0.03 explicando el 81% y 16% de la varianza respectivamente. La relación entre las especies y las variables fue significativa (pseudo-f=149.41, $p < 0.008$) por lo cual se encontraron linealmente relacionadas.

El eje 1 presenta una correlación positiva con los silicatos 0.99, nitratos 0.93, fosfatos 0.87, densidad 0.70 y salinidad 0.38, el mismo eje presenta una correlación negativa con la temperatura -0.78, clorofila-a 0.68 y oxígeno -0.60. El eje 2 mostró una correlación positiva con oxígeno 0.78, clorofila-a 0.72, temperatura 0.61, nitratos 0.19 y fosfatos 0.02, este eje mostró correlación negativa con salinidad -0.85, densidad -0.69 y silicatos -0.12.

En la zona de Lázaro Cárdenas, *Bacteriastrium hyalinum*, *Pseudo-nitzschia delicatissima* y *Gymnodinium catenatum* mostraron una relación directa con los gradientes de silicatos, nitratos fosfatos, densidad y salinidad y una relación inversa con los gradientes de temperatura, concentración de oxígeno y clorofila-a; *Lioloma elongatum* mostró relación directa con los gradientes de temperatura concentración de oxígeno y clorofila-a y una relación inversa con los gradientes de salinidad y densidad, *Leptocylindrus minimus* y *Proboscia alata* mostraron una fuerte relación directa con la temperatura, clorofila-a y oxígeno y una fuerte relación inversa con silicatos, nitratos y fosfatos.

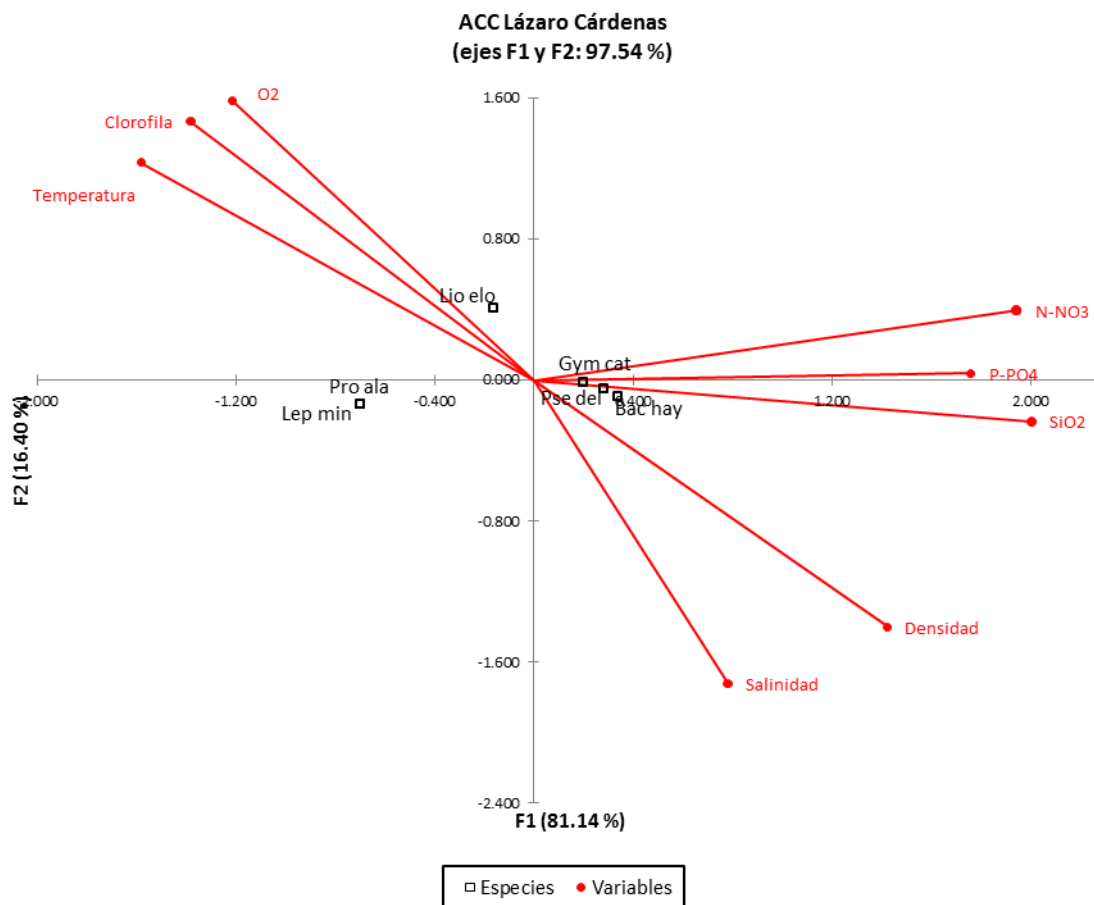


Figura 29: Triplot del análisis de correspondencia canónica entre las especies (□) y las variables fisicoquímicas (vectores) en la zona de Lázaro Cárdenas.

En la zona de Guerrero los primeros dos ejes explicaron el 61% de la variación, los valores propios (eigenvalores) de los dos primeros ejes fueron de 0.18 y 0.09 explicando el 41% y 20% de la varianza respectivamente. La relación entre las

especies y las variables fue significativa (pseudo-f=6.40, $p < 0.021$) por lo cual se encontraron linealmente relacionadas.

El eje 1 presentó una correlación positiva con la clorofila-a 0.86, temperatura 0.81 y amonio 0.16 el mismo eje presenta una correlación negativa con los silicatos -0.77, nitritos -0.72, salinidad -0.70, profundidad -0.65, nitratos -0.58 y fosfatos -0.48. El eje 2 registró una correlación positiva con profundidad 0.29, silicatos 0.21, temperatura 0.14, clorofila-a, amonio y nitratos por debajo de 0.1, este eje presentó correlación negativa con salinidad -0.53, nitritos -0.45 y fosfatos -0.02.

En la zona de Guerrero las especies de dinoflagelados *Gonyaulax* sp., *Ceratium balechii*, *Heterocapsa* sp. y la diatomea *Leptocylinthus danicus*, mostraron relación directa con valores altos de amonio, e intermedios de temperatura, clorofila-a, nitritos y salinidad así como una relación inversa con la profundidad, silicatos, nitratos y fosfatos, especies próximas a *Cylindrotheca closterium* mostraron relación directa con la concentración de amonio, valores intermedios de temperatura y clorofila-a estas especies presentaron una relación inversa a los gradientes de profundidad, salinidad, nitritos, nitratos, silicatos y fosfatos, *Prasinoderma* sp. mostró relación directa con los gradientes de fosfatos, nitratos, nitritos, silicatos, salinidad y profundidad esta especie presentó una relación inversa con los gradientes de temperatura, amonio y clorofila-a.

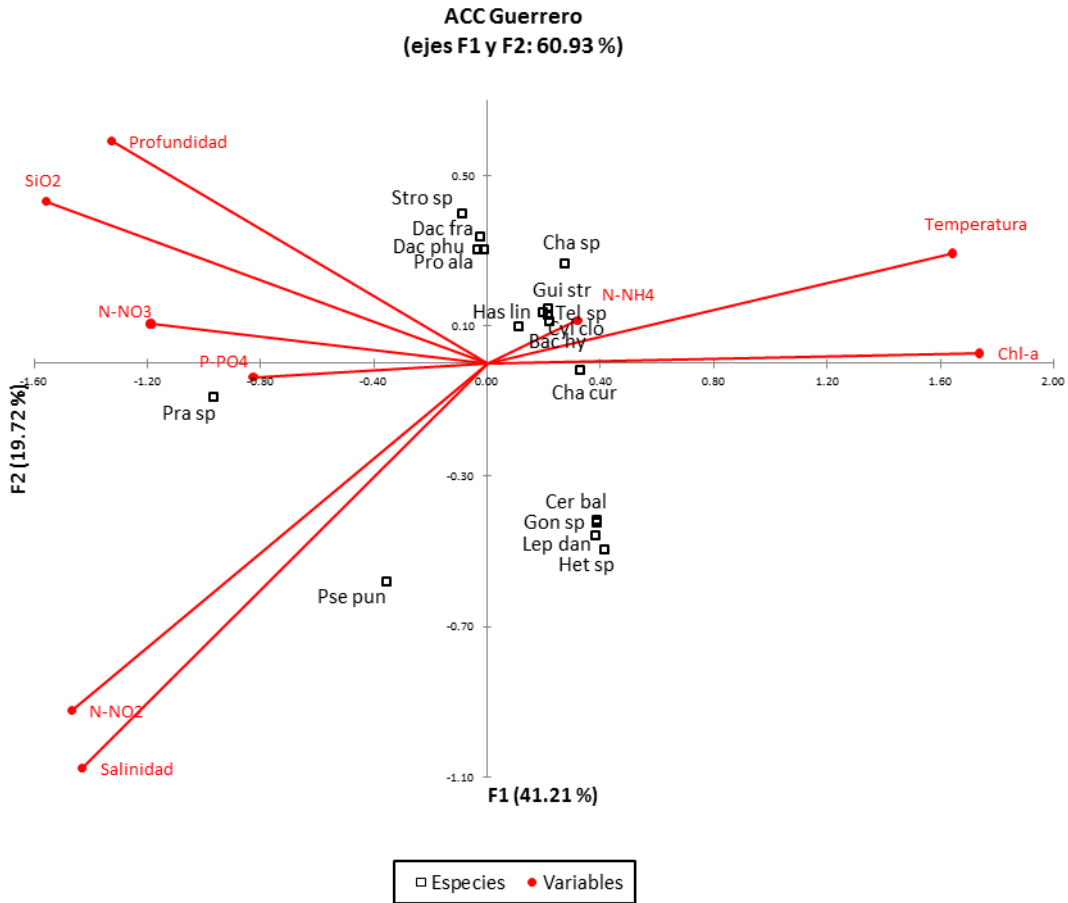


Figura 30: Triplot del análisis de correspondencia canónica entre las especies (□) y las variables fisicoquímicas (vectores) en la zona de Guerrero.

DISCUSIÓN

Estructura de la comunidad y biodiversidad

Dentro del fitoplancton marino los grupos que presentan una mayor diversificación de especies, se encuentran las diatomeas (40%), dinoflagelados (40%), haptófitas (10%) y clorófitas (6%), otros grupos como las criptófitas, cloraracniofitas y las euglenofitas representan menos del 2% por cada grupo de acuerdo con Simon et al. (2009). En México las diatomeas y los dinoflagelados son los grupos que

presentan una mayor abundancia, diversidad y dominancia del fitoplancton marino esto conforme con lo descrito Meave et al. (2012) y Hernández-Becerril (2014), para este trabajo el grupo más importante correspondió a las diatomeas seguido por los dinoflagelados, ciliados, silicoflagelados, criptófitas, rafidofitas y prasinofitas distribuidos en 74, de los 211 géneros reportados para México por Hernández-Becerril (2003).

Las especies que presentaron una mayor relevancia en cuanto a su abundancia para la zona de Cabo Corrientes fueron; el ciliado mixótrofo cosmopolita *Mesodinium rubrum*, organismo causante del evento de marea roja registrado en esta zona con una máxima abundancia de 1.55×10^6 cél L⁻¹, esta abundancia es baja con respecto a la reportada por Cortes-Altamirano (1984) de 17×10^6 a 23×10^6 , cél L⁻¹. La abundancia registrada en este trabajo se asemeja a la reportada en bahía de Banderas por Cortes-Altamirano (1997) y Cortes-Lara (2002) quienes describen mareas rojas con abundancias de 6.4×10^4 a 2.0×10^6 de cél L⁻¹ de *M. rubrum*, que de acuerdo con Smayda (2000) es un organismo ubicuo capaz de formar intensas proliferaciones en sistemas de surgencia.

Dos de las aproximadamente 10 especies tóxicas de diatomeas cosmopolitas (Hasle, 2002) registradas en aguas mexicanas (Trainer et al., 2012) del género *Pseudo-nitzschia*, fueron relevantes en el ensamble de la comunidad en Cabo Corrientes ya que presentaron altas abundancias, *P. aff. delicatissima* registró una máxima abundancia de 5.0×10^5 cél L⁻¹ y *P. aff. pungens* con una máxima abundancia de 1.72×10^5 cél L⁻¹, estos valores corresponderían a una proliferación moderada de acuerdo con las abundancias encontradas de *Pseudo-nitzschia* spp. de 8.4×10^4 a 1.3×10^6 cél L⁻¹ registradas por Gárate-Lizarraga et al. (2007), García Mendoza et al. (2009) y Gárate-Lizarraga et al. (2013) para el Golfo de California, la presencia de las proliferaciones del género *Pseudo-nitzschia* en la Zona de Cabo Corrientes no fueron detectadas por la ausencia en el cambio de la coloración del mar esto conforme con lo descrito por Trainer et al. (2012), quien indica que las proliferaciones de *Pseudo-nitzschia* en mar abierto son menos conspicuas debido a una baja densidad y por lo tanto escapan a simple vista.

Otra especie que presentó una alta abundancia, con una máxima concentración de 6.74×10^5 cél L⁻¹, fue la diatomea *Leptocylindrus minimus*, la cual presenta una distribución cosmopolita en sistemas costeros de acuerdo con Horner (2002), esta especie puede llegar a ser comúnmente productora de proliferaciones en aguas costeras (Sunesen et al., 2009). La alta abundancia de esta diatomea registrada a inicio del mes de abril de 2012 en Cabo Corrientes, pudo deberse a que esta especie suele mostrar estacionalidad presentando altas abundancias durante la primavera (Martin et al., 2010; Kraberg et al., 2010), además de que es indicadora de condiciones de surgencia de acuerdo con lo descrito por Elghrib et al. (2012). Los resultados en esta zona mostraron la influencia de un proceso de surgencia que pudo favorecer la elevada abundancia de *L. minimus* como respuesta a la disposición de nutrientes, cabe mencionar que esta especie ha sido asociada con efectos nocivos en encierros de salmón a partir de una abundancia cercana a 1.0×10^7 cél L⁻¹ (Clément y Lembeye, 1993; Clément, 1994; Reguera, 2002; Rivera et al., 2002).

En la zona de Lázaro Cárdenas, la especie responsable de la proliferación algal fue el dinoflagelado desnudo productor de saxitoxina (Band-Schmidt et al., 2010) *Gymnodinium catenatum* con una máxima abundancia de 1.46×10^6 cél L⁻¹. Esta densidad celular fue elevada comparada con la reportada en una proliferación algal nociva de la misma especie registrada en Lázaro Cárdenas por Rodríguez-Palacio et al. (2006), con una máxima densidad de 5.6×10^5 cél L⁻¹. La abundancia reportada en este trabajo se encontró muy por debajo de lo reportado para el Pacífico central mexicano por Gárate-Lizárraga et al. (2008) con una máxima abundancia de 1.3×10^7 cél L⁻¹. La zona de Lázaro Cárdenas, se vio influenciada por un proceso de surgencia, la presencia de dos giros ciclónicos cercanos así como el aporte de descargas de origen antropogénico lo cual pudo favorecer la proliferación de este organismo, que de acuerdo con Smayda (2000) es un organismo tipo V, es decir adaptado fisiológicamente para resistir condiciones de surgencia y formar proliferaciones durante la relajación de surgencia. Otros organismos que mostraron una alta abundancia en Lázaro Cárdenas fueron; las diatomeas *Bacteriastrum hyalinum*, *Pseudo-nitzschia seriata* y *Chaetoceros*

curvisetus, con máximas abundancias de 3.22×10^5 , 2.39×10^5 , 3.22×10^5 cél L⁻¹ respectivamente. *B. hyalinum*; es una especie inocua, unida en cadenas, común en aguas templadas, capaz de llegar a formar altas abundancias, *P. seriata*; especie registrada como tóxica, formadora de cadenas, distribuida en aguas frías y templadas, frecuente, en moderada abundancia y *C. curvisetus*; es una especie potencialmente nociva, cosmopolita, formadora de cadenas (Kraberg et al., 2010). La alta abundancia de estas especies de diatomeas pudo ser el resultado de proliferación primaveral que suele ser recurrente (Silva et al., 2009), la presencia del proceso de surgencia registrado para esta zona en este trabajo el cual correspondió con las observaciones de Toledo y Bozada (2002), así como por el aporte de nutrientes provenientes del río Balsas (De la Lanza Espino, 2004). El ensamble de la marea roja provocada por *G. catenatum*, y la alta abundancia de las diatomeas *B. hyalinum*, *C. curvisetus* y *P. seriata*, puede ser explicada por el comportamiento observado por Smayda y Trainer (2010), donde las proliferaciones de diatomeas ocurren en series de recurrentes pero separadas temporalmente durante el periodo de relajación de la surgencia, durante las cuales los dinoflagelados como *G. catenatum* son capaces de proliferar.

En la zona de Guerrero, una de las especies que fueron relevantes debido a su alta abundancia fue *Prasinoderma* sp., la cual es un organismo con forma esférica, se encontró de manera solitaria o formando colonias, la máxima abundancia que registró fue de 5.26×10^6 cél L⁻¹, esta abundancia puede ser considerada como una proliferación algal, ya que excede la concentración de 1×10^6 cél L⁻¹ (Reguera et al., 2002). *Prasinoderma*, es un género del cual han sido descritas dos especies registradas en el Océano Pacífico en regiones templadas, tropicales y ecuatoriales *P. coloniale* (Hasegawa et al., 1996) y *P. singularis* (Jouenne et al., 2011). Las Prasinofitas, son un grupo que probablemente sea un componente menor del fitoplancton en sistemas oligo y mesotróficos, son capaces de formar proliferaciones bajo condiciones específicas (Jouenne et al., 2011), ya que algunas especies de Prasinofitas como; *Micromonas pusilla* (Thronsen y Kristiansen, 1991), *Pyramimonas australis* (Moro et al., 2002) y *Tetraselmis* sp. (Pizarro et al., 2012) han generado proliferaciones algales, resulta posible la

ocurrencia de un evento de proliferación de un organismo de este grupo como *Prasinoderma* sp. en la zona de Guerrero, siendo el primer registro de Prasinofitas registrado para el Pacífico Tropical Mexicano.

El dinoflagelado tecado *Gonyaulax* sp., fue otro organismo relevante en la zona de Guerrero debido a su abundancia, ya que fue responsable de la proliferación algal que ocasiono un cambio en la coloración de la superficie del mar registrada en esta zona y cuya máxima abundancia fue de 1.74×10^6 cél L⁻¹. Tres especies de *Gonyaulax* han sido reportadas como formadoras de proliferaciones algales: *G. spinifera*; la cual presenta una amplia distribución mundial y ha sido reportada como productora de yesotoxinas (Kraberg et al., 2010), implicadas en la muerte de invertebrados marinos, la máxima abundancia reportada ha sido de 3.0×10^6 (Ingarao et al., 2006), *G. digitale*; se distribuye en regiones cálidas y templadas (Horner, 2002), la máxima abundancia reportada para esta especie es de 4.25×10^5 cél L⁻¹ (Amadi et al., 1992) y *G. polygramma*; esta especie ha mostrado una amplia distribución geográfica particularmente en zonas tropicales (Gárate-Lizárraga y Muñeton Gómez, 2005), *G. polygramma* ha sido reportada como no toxica, pero nociva asociada a mortandad de peces (Millán-Núñez, 1988), la máxima abundancia reportada para esta especie en el mundo es de 68×10^6 cél L⁻¹ (Koizumi et al., 1996), en México ésta especie ha sido registrada con una máxima abundancia reportada de $\sim 4.1 \times 10^6$ cél L⁻¹ (Gárate-Lizárraga y Muñeton Gómez, 2005). La diatomea *Bacteriastrium hyalinum*, presento también una alta abundancia para esta zona 2.32×10^5 cél L⁻¹, las altas abundancias de diatomeas y su dominancia suelen ser características de la proliferación invierno-primaveral ocurrida generalmente en zonas costeras (Smayda y Trainer, 2010), relacionadas con procesos de surgencias, giros y transporte de nutrientes por corrientes generadas en regiones ubicadas al noroeste del lugar donde se registraron sus altas abundancias.

Al evaluar los atributos de la comunidad, es posible observar que la riqueza se asemeja al promedio dado por Barton et al. (2010) para latitudes tropicales, presentándose la máxima riqueza en la zona de Guerrero, donde el proceso de

surgencia presentó una mínima influencia en función del índice obtenido para esta zona. La riqueza presentó una alta correlación negativa (<-0.7) con respecto a la profundidad en las zonas de Lázaro Cárdenas y Guerrero, mientras que en Cabo Corrientes mostró una moderada correlación negativa con la profundidad (>-0.7), esto pudo deberse al efecto de mezcla ocasionado por una mayor influencia del proceso de surgencia registrado en esta zona.

La diversidad para las tres zonas mostró valores para el índice de Shannon sobre el promedio por debajo del umbral máximo registrado para latitudes tropicales por Barton et al. (2010), quienes describen un patrón de decremento de la diversidad fitoplanctónica con el incremento de la latitud, indicando que en las zonas tropicales y subtropicales existe la coexistencia de distintos tipos fisiológicos de fitoplancton lo que explica una alta diversidad en estas regiones. La diversidad mostró una correlación negativa muy baja con la profundidad en la zona de Cabo Corrientes (0.10), mientras que en Lázaro Cárdenas y Guerrero la diversidad mostró una correlación negativa elevada (>0.7) con respecto a la profundidad, esto debido a que en superficie la presencia de la marea roja disminuyó la diversidad como lo descrito por Ramírez-Barón et al. (2010). En las estaciones que no se registraron eventos de “marea roja” el índice de Shannon mostró valores de diversidad máximos en profundidades sub-superficiales dentro de los primeros 40 metros de profundidad, que conforme con las observaciones de Irigoien et al. (2004), estos valores máximos de diversidad se relacionan a valores intermedios de productividad. De acuerdo con Macías et al. (2013) la acumulación de biomasa fitoplanctónica en niveles sub superficiales se encuentran relacionados con diferentes mecanismos como la intensidad de mezcla, las velocidades de hundimiento, la posición de la nutriclina, la intensidad de la luz y los procesos advectivos generados por el contacto de diferentes masas de agua. La diversidad en las estaciones en que se registraron eventos de “marea roja” fue menor en la región superficial esto pudo deberse de acuerdo con Irigoien et al. (2004) a la baja disponibilidad de luz generada por la alta abundancia de los organismos.

La dominancia presentó una alta correlación negativa con respecto a la diversidad y a la equidad, esto se debió a que una alta variabilidad ambiental crea una estructura competitiva ocasionando que los tipos de organismos existentes se vean reducidos a través de la exclusión competitiva, dónde el organismo con el estado fisiológico mejor adaptado a estos cambios que ocasionan un desequilibrio en el sistema proliferará sobre otros (Barton et al., 2010).

Procesos oceanográficos y parámetros fisicoquímicos

El plancton se encuentra dentro de las primeras etapas de producción de materia orgánica para los niveles tróficos superiores, su distribución espacial y abundancia está dada por factores ambientales y procesos oceanográficos a mesoescala. Durante el crucero oceanográfico MareaR-IV en el Pacífico tropical mexicano se registraron tres eventos de “Marea roja” en las zonas de; Cabo Corrientes, Lázaro Cárdenas, Michoacán y frente al puerto de Acapulco, Guerrero, las especies responsables de los eventos de proliferaciones planctónicas fueron; *Mesodinium rubrum*, *Gymnodinium catenatum* y *Gonyaulax* sp., así como otras especies que también presentaron una alta dominancia.

En función a lo descrito por Kesler (2006), el sistema de corrientes en el Pacífico tropical mexicano para las tres zonas en las cuales se presentaron eventos de “marea roja”, se encuentran fuertemente influenciados por la morfología de la línea de costa y el forzamiento del viento. La corriente denominada “Tehuantepec Bowl”, permite explicar en el caso de este estudio la circulación observada entre los 17 y los 19 grados norte, con dirección oeste-este que es bifurcada con direcciones noreste y sureste.

En la zona de Cabo Corrientes, la “marea roja” estuvo dominada por el ciliado mixótrofo *Mesodinium rubrum* que, de acuerdo con Cortes Lara (2007), en el 56% de los casos de proliferación no tóxicos registrados de 1995 hasta 2006 en Bahía de Banderas, Jalisco tienen como especie responsable a este organismo, esto resulta relevante debido a que el patrón de la circulación pudo aportar nutrientes,

así como, organismos procedentes de la bahía, logrando así las condiciones óptimas dentro de la región donde fue registrada la proliferación, el 12 de abril de 2012.

Para la zona de Lázaro Cárdenas, la proliferación del dinoflagelado desnudo *Gymnodinium catenatum* pudo deberse a la presencia de dos giros ciclónicos que, concorde a Fiedler (2002) probablemente generaron disminución en la profundidad de la termoclina, aumentando en la concentración de nutrientes por el ascenso de la columna de agua en esta zona, de acuerdo con Oschlies (2008) el forzamiento del viento expresado en procesos a mesoescala, como los giros, es uno de los factores que mantienen una alta biomasa planctónica.

En la zona de Guerrero, la circulación no registró un proceso oceanográfico que influyera de manera aparente en la ocurrencia del evento de “marea roja”, que para esta zona tuvo como organismo responsable al dinoflagelado tecado *Gonyaulax* sp., sin embargo la dirección de la corriente proveniente del Noroeste con dirección sureste, pudo acarrear nutrientes a la zona en que se presentó la proliferación planctónica.

Los índices de surgencia para las tres zonas, permitieron comprobar la existencia de un evento de surgencia en la zona de Cabo Corrientes, debido al efecto del forzamiento del viento, lo que corresponde con lo descrito por García-Reyes (2005) y Zamudio et al. (2007), lo cual posiblemente favoreció el enriquecimiento de nutrientes en esta zona debido al transporte de Ekman, propiciando un incremento en la biomasa fitoplanctónica, generando disponibilidad de alimento para el ciliado mixótrofo *Mesodinium rubrum*, que presenta la capacidad para formar proliferaciones masivas en sistemas de surgencia (Crawford, 1989; Herfort et al., 2011). Los valores máximos que se registraron para este índice ($199 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$) son menores a los reportados por López-Sandoval et al. (2009) para el mes de abril de 2002 y 2003 con valores próximos a $300 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$, Torres Orozco et al. (2005) reportan eventos de surgencia para esta zona usando imágenes satelitales, sin reportar valores del índice de surgencia.

Para la zona de Lázaro Cárdenas, se observó influencia de surgencia costera con un máximo valor de $191 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$, esta influencia pudo favorecer la ocurrencia de la marea roja en la que el organismo responsable fue el dinoflagelado desnudo *Gymnodinium catenatum* que es capaz de producir proliferaciones en sistemas de surgencia debido a la tolerancia biofisiológica a sistemas turbulentos de acuerdo con Smayda (2002) y, Smayda y Reynolds (2001), quienes clasifican a esta especie como tipo V dentro de una escala relacionada a las formas de vida y estrategias adaptativas, así como por la presencia de quistes de resistencia de esta especie en los sedimentos.

La zona de Guerrero, presentó valores bajos para el índice de surgencia teniendo un valor de $5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$ el día 16 de abril, que se registró el evento de “marea roja” producido por el dinoflagelado tecado *Gonyaulax* sp. por lo cual es posible descartar un proceso de surgencia costera ocasionado por el forzamiento del viento como la causa de la alta abundancia de los organismos dominantes para esta zona, ya que dentro de los primeros tres meses de 2012 el índice de surgencia no fue mayor a $\text{m}^3 \text{ s}^{-1} 100\text{m}^{-1}$.

Las imágenes de satélite, permitieron observar altas concentraciones de clorofila-a para las tres zonas donde se registraron los eventos de “marea roja”, de acuerdo a Sellner et al. (2003) y Stumpf (2001), las imágenes obtenidas mediante sensores remotos permiten analizar los eventos de proliferación algal, sin embargo, como lo menciona Dierssen et al. (2006), esta metodología presenta problemas al ser afectado en la zona costera por la cobertura nubosa, la presencia de sedimentos en suspensión y una alta concentración celular en superficie, podrían influir en la difracción de la luz, lo que ocasiona la disminución de la absorción por parte del agua e incrementando la absorción por sustancias húmicas. Todos estos factores pudieron influir en los valores extremos registrados en este estudio de hasta 465.63 mg m^{-3} . Sin embargo, al utilizar los valores promedio en la concentración de clorofila-a satelital es posible aproximarse a los valores registrados para esta zona del Pacífico mexicano.

De manera general, el valor promedio de la temperatura superficial del mar (TSM) obtenida mediante imágenes de satélite, mostró que durante el periodo en que se registraron los eventos de marea roja en el Pacífico tropical mexicano, para las 3 zonas correspondió con el valor promedio de TSM típica registrada para el mes de abril por Gallegos et al. (2006). Sin embargo para la zona de Cabo Corrientes la TSM fue 2.77 °C, más baja que el valor mínimo registrado para el mes más frío de acuerdo con Filonov et al. (2000) y 2°C menos que la TSM más baja registrada por Gallegos et al. (2006). Las bajas temperaturas registradas durante el mes de abril de 2012 se debieron a la presencia del fenómeno climático de la fase fría de la oscilación sur (La Niña), que dio inicio en el año 2010 perdurando hasta mediados del 2012 hasta alcanzar la neutralidad esto conforme con lo reportado por Blunden et al. (2013). Gallegos et al. (2006), describen que para el mes de abril, la TSM es más baja en una franja próxima a la costa, esto correspondió con las temperaturas observadas en las tres zonas donde se registraron los eventos de “marea roja” en este trabajo. Las bajas temperaturas en Cabo Corrientes se extendieron varios kilómetros hacia la zona oceánica, lo que puede interpretarse como resultado del forzamiento del viento, expresado con la presencia de un proceso de surgencia costera en esta zona, lo cual favoreció la mezcla vertical y por lo tanto el ascenso de agua fría rica en nutrientes, siendo un factor que puede considerarse importante en la ocurrencia del evento de “marea roja”, registrado en Cabo Corrientes. La TSM mostró un aumento gradual de Cabo Corrientes hacia Guerrero, donde el valor más elevado de temperatura correspondió con la alberca caliente del Pacífico mexicano con valores superiores a 28°C (Trasviña y Andrade, 2002).

Las masas de agua identificadas en este trabajo para las tres zonas del Pacífico Tropical Mexicano, Cabo Corrientes, Lázaro Cárdenas y Guerrero correspondieron con los rangos termohalinos, descritos por Torres-Orozco (1993), Lavín y Marinone (2003) y Castro et al. (2006).

Considerando que las mayores abundancias de los organismos fueron registradas en regiones superficiales o sub superficiales dentro de la columna de agua en las

tres zonas, estas proliferaciones algales fueron registradas en la masa de agua definida como agua tropical superficial ATS, encontrándose restringidas a un rango de salinidad menor a 35 ups y una temperatura mayor a 18°C. Sin embargo debido a una distribución cosmopolita, al tipo de hábitat siendo nerítico y oceánico y a las características eurihalinas y euritermas de varias especies consideradas dominantes en este estudio como son los ciliados *Mesodinium rubrum* y *Strombidium conicum*, no son indicadores de masas de agua definidas por sus características termohalinas.

El Pacífico tropical mexicano, ha sido descrito por Emery et al. (1984) como una región altamente estratificada, con una termoclina somera y bien definida, López-Sandoval et al. 2009, describen la importancia de la termoclina y la capa de mezcla para el crecimiento del fitoplancton, debido a la dependencia de la irradiancia y la disponibilidad de nutrientes con estos procesos oceanográficos y que son importantes para la realización de procesos fisiológicos como la fotosíntesis. En este trabajo, en las tres zonas; Cabo Corrientes, Lázaro Cárdenas y Guerrero, presentaron una termoclina poco definida y somera 5, 4 y 5 metros de profundidad respectivamente en la zona costera, aumentando hacia la zona oceánica lo cual corresponde con el patrón de temperatura superficial perpendicular a la línea de costa descrita por Gallegos et al. (2006). La presencia de la termoclina somera en las zonas de Cabo Corrientes y Lázaro Cárdenas, pudo ser resultado de la mezcla ocasionada por el forzamiento del viento y la presencia de la surgencia costera, lo que disminuyó la profundidad de la termoclina permitiendo el aumento en la concentración de nutrientes en el estrato superficial de la columna de agua. De acuerdo a Estrada y Blasco (1985) el incremento de la productividad fitoplanctónica es importante y puede explicar las altas abundancias de organismos planctónicos, debido a la disponibilidad de recursos, y por ende la ocurrencia de los eventos de “marea roja” registrados en estas zonas. En la zona de Guerrero, el forzamiento del viento pudo ser menor, tomando en cuenta que en esta zona la influencia de un proceso de surgencia fue mucho menor que en las zonas anteriores, sin embargo la termoclina somera pudo deberse a los patrones de circulación provenientes de la zona de Lázaro

Cárdenas, así como, la influencia de la oscilación sur en su fase fría (La Niña) (Blunden et al., 2013).

La salinidad en la zona de Cabo Corrientes, no presentó una variación importante en los perfiles verticales y entre estaciones mostró un valor promedio de 34.8, este valor fue similar al valor promedio reportado para el mes de abril frente a la costa de Jalisco por Filonov et al. (2000). La homogeneidad de la salinidad para esta zona pudo ser el resultado del forzamiento del viento, así como, de la ocurrencia del proceso de surgencia registrado para las fechas de muestreo, lo que favoreció la mezcla vertical en los primeros 100 m. de profundidad, en la zona de Lázaro Cárdenas a pesar de la presencia de una termoclina somera lo que pudo favorecer la homogeneidad de la salinidad, en la estación MR2 se presentaron valores bajos de salinidad en la zona costera lo que puede explicarse debido a la cercanía de esta estación con la desembocadura del río Balsas de apenas 11 km de distancia, en la zona de Guerrero el coeficiente de variación fue mayor que en Cabo Corrientes. Sin embargo al ser este solo de 0.3%, no represento una diferencia importante en la distribución vertical de la salinidad, esto pudo deberse a la profundidad somera de la termoclina lo que favoreció la mezcla vertical impulsada por el forzamiento del viento y a los patrones de circulación descritos anteriormente.

El oxígeno disuelto en el Pacífico tropical mexicano, muestra un patrón de decremento con respecto a la profundidad con un valor máximo superficial reportado por Serrano (2012) de 3 a 6 ml L⁻¹ (4.2 a 8.5 mg L⁻¹) hasta una zona de mínimo oxígeno definida por una concentración <0.5 ml L⁻¹ (0.7 mg L⁻¹) esto de acuerdo con Helly y Levin (2004) y, Paulmier y Ruiz-Pino (2009). Una alta concentración en los estratos superficiales será consecuencia del intercambio gaseoso del océano con la atmosfera, procesos turbulentos que favorecerán la mezcla y homogenización de las concentraciones así como la producción de oxígeno a través de procesos metabólicos del fitoplancton.

En la zona de Cabo Corrientes, el oxígeno disuelto en los primeros 20 m. de profundidad, se encontró en la mayoría de la estaciones dentro del rango

reportado por Serrano (2012). Las estaciones que no corresponden con este rango fueron la estación E10; que se encontró por debajo del rango por 0.3 mg L^{-1} , lo que pudo ser el resultado de la alta demanda biológica de oxígeno, por un incremento en la respiración microbial, así como por el proceso de surgencia registrado en esta zona. Esto de acuerdo con Levin et al. (2009), quienes hablan de las bajas concentraciones de oxígeno en zonas de surgencia. La estación MR1A, se encontró por encima de este rango por 1.7 mg L^{-1} , esto pudo deberse a un alto intercambio gaseoso en la superficie así como por el proceso de mezcla y la alta producción de oxígeno por parte del fitoplancton y de *Mesodinium rubrum*, que de acuerdo con Herfort et al (2012), ha sido registrado en zonas con una alta concentración de clorofila-a y saturación de oxígeno. Las máximas concentraciones de clorofila-a obtenidas por el fluorímetro para esta zona, se registraron en la región superficial o subsuperficial por encima de la concentración de oxígeno disuelto de 2 mg L^{-1} , que marca el inicio de la zona de hipoxia de acuerdo con Levin et al (2009). Las estaciones que no presentaron eventos de “marea roja” se encontraron en el rango de clorofila-a (0.8 mg m^{-3} a 11.3 mg m^{-3}), reportados para la zona por López-Sandoval (2009) los valores de clorofila-a que salieron de este rango correspondieron con las estaciones donde se registraron los eventos de “marea roja”, teniendo como máximo una concentración de 21.93 mg m^{-3} . En esta zona además se presentó un segundo máximo de clorofila-a en las estaciones E10 y E13 a 45 y 75 metros de profundidad, con concentraciones de 0.12 mg L^{-1} y 0.13 mg L^{-1} de oxígeno disuelto respectivamente. Este segundo máximo de acuerdo con Goericke et al. (2000) es ocasionado por una población de la cianobacteria autótrofa del género *Prochlorococcus*, Almazán-Becerril y García Mendoza (2008), reportan que esta cianobacteria aporta el 90% de la clorofila-a total en la zona de Cabo Corrientes, este segundo pico se registró por debajo del límite superior de la zona de mínimo oxígeno que en este trabajo se encontró en un rango de profundidad entre 16 y 44 m., siendo más somero que lo reportado por Cepeda Morales (2009), quien relaciona la ocurrencia del segundo pico de clorofila-a con un límite superior de la zona de mínimo oxígeno de $9.0 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1}$ (0.29 mg L^{-1}) entre 80 y 120 m de profundidad.

En la zona de Lázaro Cárdenas, las máximas concentraciones de oxígeno disuelto se registraron dentro de los primeros 40 metros de profundidad, coincidiendo con el inicio de la termoclina, las máximas concentraciones superficiales en las estaciones E36, E37 y E38, se encontraron dentro del rango reportado por Serrano (2012). La estación E34 se encontró por debajo del rango por 1.6 mg L^{-1} de oxígeno disuelto lo que pudo ser el resultado de una baja concentración de clorofila-a, por lo cual, la producción de oxígeno como producto metabólico del fitoplancton se vio reducida, el proceso de surgencia así como la presencia de los giros ciclónicos pudieron favorecer la disminución de oxígeno. La estación MR2A, presentó una máxima concentración sobre el rango por 0.8 mg L^{-1} de oxígeno disuelto, lo que pudo ser el resultado de un alto intercambio gaseoso atmosfera océano, así como la adición de oxígeno disuelto como producto metabólico derivado del evento de “marea roja” ocasionada por el dinoflagelado desnudo *Gymnodinium catenatum*, que siendo un organismo autótrofo y presentar una alta abundancia, pudo ocasionar el incremento de oxígeno disuelto fuera del rango reportado. La mayoría de las estaciones que presentaron las máximas concentraciones de clorofila-a, se registraron sobre la isolínea que marca el inicio de la zona de hipoxia (2 mg L^{-1}). La máxima concentración de clorofila-a se registró en la estación MR2, lo cual se debió al evento de “marea roja” ocasionada por una alta abundancia del dinoflagelado desnudo *Gymnodinium catenatum*. Las estaciones E36, E37 y E38 presentaron un segundo pico de entre 68 y 80 metros de profundidad con una concentración mayor a 2 mg m^{-3} de clorofila-a, el segundo pico en la estación E38 mostró una mayor concentración de clorofila-a que la concentración registrada en superficie para esta estación.

En la zona de Guerrero, las máximas concentraciones de oxígeno disuelto para las estaciones que no registraron eventos de “marea roja” se encontraron dentro del rango reportado por Serrano (2012), sin embargo, de acuerdo con el rango anual reportado para Guerrero por Meave et al. (2012) de 0.79 a 11.19 mg L^{-1} , todas las estaciones de esta zona se encontraron dentro de este rango, los valores máximos se registraron en profundidades superficiales o subsuperficiales, dentro de los primeros 13 m. de profundidad, presentando las concentraciones

más elevadas en las estaciones donde se registró el evento de “marea roja” ocasionado por el dinoflagelado tónico *Gonyaulax* sp. Las máximas concentraciones de clorofila-a se registraron dentro de los primeros 20 m de profundidad, por sobre la concentración de oxígeno disuelto que indica el inicio de la zona de hipoxia de acuerdo con Levin et al. (2009). La estación 39 presentó un segundo máximo de clorofila-a con una concentración de 2.03 mg m⁻³ de clorofila-a asociado a la presencia de la cianobacteria del género *Prochlorococcus* (Goericke et al. 2000), por debajo de la zona de mínimo oxígeno que para esta zona se encontró en una profundidad somera con un rango del límite superior de la concentración de oxígeno que se ubicó de 16 a 22 m. de profundidad.

En cuanto a la distribución de nutrientes para las tres zonas de manera general los silicatos (SiO₂), fosfatos (P-PO₄), nitritos (N-NO₂) y nitratos (N-NO₃), mostraron una tendencia a registrar bajas concentraciones en la región superficial, incrementando sus concentraciones con respecto al aumento en la profundidad, el amonio mostró una distribución homogénea con respecto a la profundidad, estas tendencias corresponden con lo descrito por Libes (2009).

En la zona de Cabo Corrientes, considerada una de las más productivas para las pesquerías pelágicas (Torres-Orozco et al. 2005), la concentración de nutrientes pudo verse influenciada por el proceso de mezcla, que fue el resultado de la ocurrencia de la surgencia costera debida al forzamiento del viento registrado en esta zona, de acuerdo con López Sandoval (2009) las surgencias tienen un efecto importante en el suministro de nutrientes hacia la zona eufótica, y por lo tanto en los procesos fisiológicos que favorecen el crecimiento del fitoplancton. Esta adición de nutrientes pudo favorecer el incremento en la abundancia de criptófitas, que concorde con Juel y Fenchel (2006), son los organismos presa para el ciliado *Mesodinium rubrum*, ya que este secuestra y hace funcionales los cloroplastos favoreciendo la mixotrofia. El aumento en la abundancia de *M. rubrum* al llegar a un número importante de organismos ocasionó un cambio en la coloración de la superficie generando la “marea roja” registrada el día 12 de abril. De acuerdo con

López Sandoval et al. (2009), no existen datos de las concentraciones de nutrientes para la zona de Cabo Corrientes.

Los resultados en la zona de Lázaro Cárdenas, registraron las máximas concentraciones de nutrientes se en las estaciones próximas a la zona costera E34 y MR2. Estas concentraciones pudieron favorecer la ocurrencia del evento de “marea roja”, registrada el día 15 de abril ocasionada por una alta abundancia del dinoflagelado desnudo *Gymnodinium catenatum*. La alta concentración de nutrientes en esta zona pudo ser resultado de la influencia del proceso de surgencia registrado en esta zona, que de acuerdo con Toledo y Bozada (2002), un proceso de surgencia primaveral aporta altas concentraciones de nutrientes teniendo efecto incluso varios kilómetros más allá de la desembocadura del río frente a Lázaro Cárdenas, la cercanía con los giros ciclónicos registrados que pudieron trasportar nutrientes por la modificación de la topografía de la superficie del mar al elevar la termoclina esto conforme con González-Silvera et al. (2004), así como la cercanía con el delta del río Balsas, lo que pudo acarrear nutrientes de origen antropogénico. Esto correspondería con lo descrito por De la Lanza-Espino^b (2004), quien habla de altas concentraciones de fósforo total en los meses de abril y mayo como resultado de las descargas generadas por actividades industriales asentadas en el delta del río.

En la zona de Guerrero, la concentración de nutrientes mostraron semejanza con los rangos reportados por Meave et al. (2012), quien indica que la mayor concentración de compuestos nitrogenados se presenta en el mes de febrero, Mientras que condiciones eutróficas son registradas durante los meses de julio-agosto por el efecto del transporte de arroyos temporales ocasionados por las lluvias. La estación E40 presentó la concentración más elevada para la mayoría de los nutrientes, con excepción del amonio, estas concentraciones altas de nutrientes en la estación más alejada de la costa podrían ser el resultado de una preferencia en la asimilación del amonio, por parte de *Prasinoderma* sp. que, como han descrito Lomas y Glibert (1999), el orden de preferencia en la asimilación de nutrientes por parte del fitoplancton son, amonio, urea, nitrato y

nitrito. Otros autores como Worden y Not (2008) y Hii et al. (2011) evalúan la preferencia de algunos géneros picoplanctónicos de la clase Prasinophyceae y Eustigmatophyceae por el amonio, lo cual podría explicar la baja concentración de amonio en la estación E40 por la preferencia de asimilación por parte de *Prasinoderma* sp. sobre otras formas nitrogenadas. Las concentraciones más bajas de nutrientes con excepción del amonio se registraron en las estaciones en que ocurrieron eventos de “marea roja” ocasionada por el dinoflagelado tecado *Gonyaulax* sp., las bajas concentraciones de estas estaciones con respecto a la estación más alejada de la costa podrían ser el resultado de una alta asimilación por parte de *Gonyaulax* sp. que podría responder directamente a la disponibilidad de nutrientes o indirectamente a través de una alta abundancia de organismos presa estimulada por una alta disponibilidad de nutrientes como es descrito por Burkholder et al. (2008) para las especies *Gonyaulax polygramma* y *Gonyaulax spinifera* que han sido reportadas como organismos formadores de proliferaciones algales.

Relación entre condiciones oceanográficas y mareas rojas

En las tres zonas del Pacífico tropical mexicano en que fueron registradas las proliferaciones; Cabo Corrientes, Lázaro Cárdenas y Guerrero, las diatomeas representaron el mayor porcentaje dentro de los organismos dominantes en función de su frecuencia y abundancia. En la zona de Cabo Corrientes; las diatomeas representaron 84% de las especies dominantes, los Ciliados 11% y las criptófitas 5%, en Lázaro Cárdenas; diatomeas 83% y dinoflagelados 17%, y en la zona de Guerrero; diatomeas 64.7%, dinoflagelados 17.6% , ciliados 5.9%, criptófitas 5.9% y prasinofitas 5.9%. La alta dominancia de especies de diatomeas corresponde de manera global a lo reportado por Irigoien et al. (2004). Las diatomeas son organismos relevantes dentro de los sistemas costeros y oceánicos (Ramírez-Barón et al., 2010), ya que estas son capaces de formar proliferaciones primaverales sostenidas, así como proliferaciones intermitentes en sistemas de surgencia de acuerdo con Smayda y Trainer (2010), esto debido a que presentan adaptaciones morfológicas que les permiten asegurar su permanencia en aguas

turbulentas, las especies que forman colonias son las más abundantes ya que aumentan la fricción disminuyendo el hundimiento (Ramírez-Barón et al., 2010; Santander et al., 2003), así como una mayor actividad enzimática en reductasas, que les permiten aprovechar de manera más efectiva los nitritos y nitratos (Iriarte et al., 2007). La dominancia de otras especies como los ciliados mixótrofos; *Mesodinium rubrum* y *Strombidium conicum*, es común en sistemas eutrofizados y de surgencia (Herfort et al., 2011) como en Cabo Corrientes para este estudio, su dominancia pudo ser el resultado de una posible alta disponibilidad de criptófitas, esto es observable dado que criptófitas se encuentran dentro de los organismos dominantes para esta zona. La dominancia de los dinoflagelados como *Gymnodinium catenatum* en la zona de Lázaro Cárdenas puede ser explicada por la capacidad fisiológica de este organismo a adaptarse y resistir a condiciones de surgencia formando proliferaciones durante la etapa de relajación de la surgencia (Smayda, 2000). En las zona de Guerrero, las especies dominantes de dinoflagelados fueron *Gonyaulax* sp., *Ceratium balechii* y *Heterocapsa* sp., los cuales dentro de la clasificación de Smayda y Reynolds (2001) corresponden a los tipos V, III y II respectivamente.

La interacción entre las variables fisicoquímicas y las especies dominantes mostraron que existe una relación inversa de los ciliados *Strombidium conicum* y *Mesodinium rubrum* con la profundidad, y temperatura en Cabo Corrientes, esto puede indicar que estos organismos al presentar una alta capacidad de movimiento pueden migrar verticalmente en la columna de agua (Smayda, 2002) permitiéndoles ubicarse en regiones someras y frías. La relación directa de la abundancia con la clorofila-a mostró que esta migración les permite ubicarse en zonas con una alta disponibilidad de alimento como son las zonas de surgencia, *M. rubrum*; se encuentra dentro del tipo IV de la clasificación de Smayda y Reynolds (2001) por ser un organismo altamente tolerante a condiciones de estrés y capaz de proliferar en hábitats enriquecidos por nutrientes. Es de esperarse que los ciliados mixótrofos se encuentren próximos a la región donde las criptófitas encuentran las condiciones óptimas para su desarrollo esto debido a que existe una relación entre estos dos organismos que permite la supervivencia del ciliado

(Gustafson et al., 2000). *Teleaulax* sp. mostró una relación inversa con la profundidad y temperatura, así como una relación directa con los gradientes de fosfatos y nitritos los cuales han sido ligados con el incremento de la densidad celular en cultivo de criptófitas (Valenzuela-Espinoza et al., 2005).

Las especies de diatomeas *Pseudo-nitzschia* aff. *delicatissima*, *Chaetoceros densus*, *Cerataulina pelagica* y *Chaetoceros socialis*, mostraron una relación inversa con los gradientes de silicato y fosfatos así como relación directa con la temperatura y profundidad, *P.* aff. *delicatiisma*, ha mostrado un amplio rango de crecimiento bajo diversas condiciones debido a su alta diversidad genética de acuerdo con Orsini et al. (2004), posiblemente su alta abundancia se encuentra relacionada a materia orgánica disuelta disponible posterior a la proliferación de otros organismos (Loureiro et al., 2009), *C. pelagica*, es común en áreas que presentan una turbulencia intensa que es necesaria para mantener a las diatomeas de gran tamaño en la zona eufótica (Lauria et al., 1999), por lo cual su dominancia se explica en Cabo Corrientes debido al proceso de surgencia registrado en este trabajo, ha sido descrita como una especie que aumenta de manera considerable su abundancia y dominancia cuando los nutrientes son agotados por proliferaciones previas de otras diatomeas (Ault et al., 2000), requiere salinidades sobre 20 ups de acuerdo con Carstensen et al. (2007), por lo que la relación directa con la salinidad encontrada en este trabajo corresponde con las necesidades reportadas para esta especie, *C. socialis* suele encontrarse en la zona eufótica cuando las condiciones de nutrientes son bajas, descendiendo verticalmente cuando existe una alta disponibilidad de nutrientes (Booth et al., 2002) lo cual correspondería con la relación directa con la profundidad en la zona de Cabo Corrientes debido al aporte de nutrientes por el proceso de surgencia registrado en este trabajo, otras especies como *Leptocylindrus minimus*, *Skeletonema* sp., *Thalassionema nitzschioides* y *Chaetoceros debilis*, mostraron una relación directa con los gradientes de nitritos, fosfatos y silicatos así como una relación inversa con la temperatura, estas especies de diatomeas de acuerdo con Alves-de-Souza et al. (2008), corresponden con estrategias tipo R (Ruderales) de acuerdo a la clasificación dada por Reynolds (1988), que son especies alargadas

capaces de obtener energía luminosa en sistemas de mezcla, con altas concentraciones de nutrientes, Alves-de-Souza et al. (2008) también encontraron que *L. minimus* y *Chaetoceros* spp. se relacionan con los nitratos de manera similar a lo encontrado en esta zona, estos autores reportan una relación directa de *Skeletonema costatum* y *Thalassionema nitzschioides* con los silicatos mientras que en este trabajo *Skeletonema* sp. y *T. nitzschioides* mostraron una relación directa con los nitritos, fosfatos y silicatos.

En cuanto a la zona de Lázaro Cárdenas, el dinoflagelado desnudo *Gymnodinium catenatum* fue la única especie de los dinoflagelados que fue dominante en la zona, mostrando una relación inversa con los gradientes de temperatura, concentraciones de clorofila-a y el oxígeno disuelto y una relación directa con valores bajos dentro de los gradientes de fosfatos, nitratos, silicatos, salinidad y densidad, *G. catenatum*; se encuentra dentro del tipo V siendo estrategias de tipo R de acuerdo con la clasificación dada por Smayda y Reynolds (2001) por lo cual son organismos adaptados a condiciones de relajación de surgencia, capaces de sobrevivir en condiciones de mezcla intensa, con un alto contenido de nutrientes, favorecidos por su capacidad migratoria debido la formación de cadenas, y la capacidad de proliferar en condiciones de relajación de surgencia en sitios con una amplia variabilidad en la disponibilidad de luz. Debido que esta especie presenta un amplio rango de tolerancia a las variaciones de salinidad de acuerdo con Band-Schmidt et al. (2004), es que resulta posible la ocurrencia de la marea roja en la zona de menor salinidad debido al aporte de agua dulce del río Balsas en esta zona. Las diatomeas *Pseudo-nitzschia* aff *delicatissima* y *Bacteriastrium hyalinum* mostraron relaciones con los gradientes de las variables similares a las presentadas por *G. catenatum*, estas dos especies de diatomeas se encuentran dentro de los estrategias R dentro del grupo correlacionado con el nitrato y silicatos, las diatomeas *Lioloma elongatum*, *Leptocylindrus minimus* y *Proboscia alata*, se relacionaron de forma inversa con las concentraciones de nutrientes, salinidad y densidad y directamente con la temperatura.

En la zona de Guerrero los dinoflagelados tecados dominantes *Gonyaulax* sp., *Ceratium balechii* y *Heterocapsa* sp. se relacionaron directamente el gradiente de amonio, y en menor medida con la temperatura, nitritos, salinidad y clorofila-a, estas especies presentaron una relación inversa con los gradientes de profundidad, silicatos, nitratos y fosfatos, estos dinoflagelados se encuentran en diferentes clasificaciones de acuerdo con Smayda y Reynolds (2001). *Gonyaulax* sp. se encuentra dentro del tipo V de la clasificación siendo tolerantes a las perturbaciones físicas presentando una estrategia adaptativa tipo R debido a la tolerancia de ambientes ricos en nutrientes, *C. balechii* corresponde al tipo III ya que se encuentran adaptadas a un aumento de la velocidad en zonas frontales, así como a un alto contenido de nutrientes pudiendo proliferar en condiciones de estratificación, estas diatomeas se consideran estrategias S y *Heterocapsa* sp. corresponde al tipo II las cuales están representadas por especies competidoras e invasivas consideradas estrategias C, capaces de proliferar en ambientes costeros enriquecidos en nutrientes, las diatomeas: *Leptocylindrus danicus* y *Pseudonitzschia* aff. *pungens*, mostraron patrones similares a las relaciones entre variables y los dinoflagelados mencionados con anterioridad, otras especies como el ciliado *Strombidium* sp. y las diatomeas *Proboscia alata*, *Dactyliosolen fragilissimus*, y *Dactyliosolen phuketensis* mostraron una mayor relación con la profundidad, silicatos y temperatura, especies como la criptófita *Teleaulax* sp., *Cylindrotheca closterium*, *Bacteriastrum hyalinum*, *Haslea lineolata* y *Guinardia striata* presentaron una relación directa con el gradiente de amonio que suele ser la forma nitrogenada que es preferida por los organismos fitoplanctónicos para ser consumida en primera instancia de acuerdo con Lomas y Glibert (1999). La especie que presentó la mayor abundancia y frecuencia, fue *Prasinoderma* sp. esta se relacionó directamente con los gradientes de fosfatos, nitratos, y en menor medida con la profundidad, salinidad, silicatos y nitritos, esta especie presentó una relación inversa con los gradientes de temperatura, amonio y clorofila-a. De acuerdo con Jouenne et al., (2011) el grupo de las prasinofitas es capaz de proliferar en sistemas oligo o mesotróficos, la presencia de este organismo en la zona de Guerrero es el primer registro para el Pacífico tropical mexicano.

CONCLUSIONES

- ◆ Se identificaron 189 taxones distribuidos en 74 géneros, 37 especies correspondieron a diatomeas, 25 a dinoflagelados, 8 a ciliados 1 a silicoflagelados 1 a criptófitas, 1 a rafidofitas y 1 a prasinofitas.
- ◆ Las especies más abundantes fueron el ciliado mixótrofo *Mesodinium rubrum* las diatomeas *Pseudo-nitzschia* aff. *delicatissima* y *Leptocylindrus minimus* en la zona de Cabo Corrientes, el dinoflagelado desnudo *Gymnodinium catenatum* y las diatomeas *Bacteriastrum hyalinum*, *Pseudo-nitzschia seriata*, *Chaetoceros curvisetus*, *Coscinodiscus wailesii*, *Chaetoceros brevis*, *Pseudo-nitzschia delicatissima* y *Chaetoceros costatus* en la zona de Lázaro Cárdenas y la prasinofita *Prasinoderma* sp., el dinoflagelado tecado *Gonyaulax* sp. y la diatomea *Bacteriastrum hyalinum* en la zona de Guerrero.
- ◆ Las especies que formaron proliferaciones algales que ocasionaron un cambio en la coloración superficial del mar fueron: *M. rubrum* en Cabo Corrientes, *G. catenatum* en Lázaro Cárdenas y *Gonyaulax* sp. en Guerrero. Sin embargo en función de la abundancia en total se registraron varias especies que formaron proliferaciones algales moderadas o intensas las especies que presentaron una elevada densidad correspondiente con proliferaciones algales fueron *M. rubrum*, *L. minimus* y *P. aff. delicatissima*, en Cabo Corrientes *G. catenatum*, *B hyalinum* *L. minimus* y *C. curvisetus* en Lázaro Cárdenas y *Prasinoderma* sp., *Gonyaulax* sp. y *B. hyalinum* en Guerrero.
- ◆ La riqueza más elevada se presentó en la zona de Guerrero, el índice de Shannon mostró valores promedio altos para las tres zonas con respecto a los reportados por otros autores, en cuanto a la dominancia esta presentó una correlación negativa con respecto a la diversidad y equidad para las tres zonas.
- ◆ Las tres zonas mostraron una alta homogeneidad en las variables salinidad <2% y temperatura <10%. La temperatura mostró una termoclina poco definida y somera para las tres zonas.
- ◆ Las variables que mostraron una alta heterogeneidad para las tres zonas fueron la clorofila-a, y el oxígeno disuelto con valores superiores a 80%.

- ◆ Se identificaron 4 masas de agua influyendo en el Pacífico tropical para las fechas en que se registraron las proliferaciones algales, por sus características termohalinas en la región eufótica la masa de agua que presentó una mayor influencia fue la masa de agua tropical superficial (ATS) con rangos de salinidad menores a 35 ups y temperatura superior a 18°C.
- ◆ Los nutrientes que presentaron las más altas concentraciones para las tres zonas fueron los silicatos y nitratos, de manera general los nutrientes mostraron una alta heterogeneidad.
- ◆ Las imágenes de satélite mostraron para las tres zonas que las concentraciones más elevadas de clorofila-a satelital se presentaron en la zona más próxima a la línea de costa durante los primeros días del mes de abril de 2012 disminuyendo de manera perpendicular a la línea de costa, estos altos valores pueden verse afectados por la cobertura nubosa o material suspendido en la columna de agua lo que puede enmascarar las concentraciones de clorofila-a, por lo que el uso de las imágenes de clorofila-a satelital para el estudio de un evento puntual de proliferación algal a pequeña escala no es recomendable.
- ◆ La temperatura superficial del mar para las tres zonas mostró bajas temperaturas en la franja próxima a la línea de costa aumentando de manera perpendicular a esta, con valores hasta 2.77°C más bajos que los reportados para esta región del Pacífico tropical, las bajas temperaturas estuvieron relacionadas con la fase fría del fenómeno climático de la oscilación sur “La Niña”.
- ◆ Se determinó el patrón de las corrientes geostróficas en las zonas de Cabo Corrientes, Lázaro Cárdenas y Guerrero identificando la influencia de la corriente “Tehuantepec Bowl” con un desplazamiento principal con dirección sur este, así como la formación de giros ciclónicos en la zona de Lázaro Cárdenas, estos procesos pudieron tener relevancia en la adición de nutrientes en la columna de agua y la dispersión de organismos.
- ◆ Se identificó la influencia de un proceso de surgencia ocasionada por el forzamiento del viento en las zonas de Cabo Corrientes y Lázaro Cárdenas lo cual ocasiono; disminución de la temperatura superficial del mar en la franja

paralela a la línea de costa, aumentando gradualmente de manera longitudinal a esta, así como el aporte de nutrientes hacia la región superficial de la columna de agua, estos factores están relacionados con organismos capaces de formar proliferaciones en condiciones de mezcla turbulenta como el ciliado mixótrofo *Mesodinium rubrum* y de post surgencia como el dinoflagelado desnudo *Gymnodinium catenatum*.

- ◆ Se identificaron en función de la frecuencia y abundancia 19 especies dominantes en Cabo Corrientes, 6 especies en Lázaro Cárdenas y 17 en Guerrero.
- ◆ El análisis de correspondencia canónico mostró para las tres zonas que existe relación significativa de las variables usadas con la abundancia de las especies dominantes.
- ◆ El ACC en la zona de Cabo Corrientes mostró que las especies relacionadas con el primer eje mostraron una correlación directa con los gradientes de fosfatos, silicatos y nitratos e inversa con la profundidad y temperatura, en el segundo eje se encontraron principalmente relacionadas con el gradiente de amonio. En Lázaro Cárdenas las especies relacionadas con el primer eje estuvieron correlacionadas con los gradientes de fosfatos, silicatos y nitratos y de manera inversa con la temperatura y las concentraciones de oxígeno y clorofila-a. En el segundo eje mostraron una mayor relación con la salinidad. En la zona de Guerrero las especies en el primer eje presentaron una relación positiva con la temperatura, clorofila-a y amonio, negativa con la profundidad, nitritos, nitratos, silicatos y fosfatos, en el segundo eje mostraron una relación relevante con el gradiente de salinidad y nitritos.

REFERENCIAS

- Almazán-Becerril, A. y E. García-Mendoza. 2008. Maximum efficiency of charge separation of photosystem II of the phytoplankton community in the Eastern Tropical North Pacific off Mexico: A nutrient stress diagnostic tool? *Ciencias. Marinas*, 34(1): 29–43
- Alonso-Rodríguez, R. y F. Páez-Osuna. 2003. Nutrients, phytoplankton and harmful algal blooms in shrimp ponds: a review with special reference to the situation in the Gulf of California. *Aquaculture*, 219 (1-4): 317-336.
- Alves-de-Souza, C., M. T. González, y J. L. Iriarte. 2008. Functional groups in marine phytoplankton assemblages dominated by diatoms in fjords of southern Chile. *Journal of Plankton Research*, 30(11): 1233-1243.
- Amadi, I., D. V. Rao, y Y. Pan. 1992. A *Gonyaulax digitale* red water bloom in the Bedford Basin, Nova Scotia, Canada. *Botanica Marina*, 35 (5): 451-456.
- Ault, T., R. Velzeboer, y R. Zammit. 2000. Influence of nutrient availability on phytoplankton growth and community structure in the Port Adelaide River, Australia: bioassay assessment of potential nutrient limitation. *Hydrobiologia*, 429(1-3): 89-103.
- Bakun, A. 1973. Coastal Upwelling Indices, West coast of North America, 1946-71. NOAA. Technical Report NMFS SSRF, 67, 103 p.
- Balech, E. 1988. Los dinoflagelados del atlántico sudoccidental Publicaciones Especiales Instituto Español de Oceanografía. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 310p.
- Band-Schmidt, C. J., L. Morquecho, C. H. Lechuga-Devéze, y D. M. Anderson. 2004. Effects of growth medium, temperature, salinity and seawater source on the growth of *Gymnodinium catenatum* (Dinophyceae) from Bahía Concepción, Gulf of California, México. *Journal of Plankton Research*, 26(12), 1459-1470.
- Band-Schmidt, C. J., J. J. Bustillos-Guzmán, I. Gárate-Lizárraga, C. H. Lechuga-Devéze, K. Reinhard y B. Luckas. 2005a. Paralytic shellfish toxin profile in strains of the dinoflagellate *Gymnodinium catenatum* Graham and the

- scallop *Argopecten ventricosus* G. B. Sowerby II from Bahía Concepción, Gulf of California, Mexico. *Harmful Algae*, 4(1): 21-31.
- Band-Schmidt, C. J., A. Martínez-López y I. Gárate-Lizárraga. 2005b. First record of *Chattonella marina* in Bahía de La Paz, Gulf of California. *Harmful Algae News*, 28: 6-7.
- Band-Schmidt, C., J. J. Bustillos-Guzmán, L. Morquecho, I. Gárate-Lizárraga, R. Alonso-Rodríguez, A. Reyes-Salinas, K. Releer y B. Luckas. 2006. Variations of PSP toxin profiles during different growth phases in *Gymnodinium catenatum* (Dinophyceae) strain isolated from three locations in the Gulf of California, Mexico. *Journal of Phycology*, 42: 757-768.
- Band-Schmidt, C., J. J. Bustillos-Guzmán, I. Gárate-Lizárraga, D. J. López-Cortés, E. J. Núñez-Vázquez y F. E. Hernández-Sandoval. 2010. Ecological and physiological studies of *Gymnodinium catenatum* in the Mexican Pacific: A review. *Marine Drugs*, 8 (1): 1935-1961.
- Band-Schmidt, C. J., J. J. Bustillos-Guzmán, D. J. López-Cortés, E. Núñez-Vázquez, F. E. Hernández-Sandoval. 2011. El estado actual del estudio de florecimientos algales nocivos en México. *Hidrobiológica*, 21(3): 381-413.
- Barraza-Guardado, R., R. Cortés-Altamirano y A. Sierra-Beltrán. 2004. Marine die-offs from *Chattonella marina* and *Ch. cf. ovata* in Kun Kaak Bay, Sonora in the Gulf of California. *Harmful Algae News*, 25: 7-8.
- Barton, E. D., P. Tanner, S. G. Turchen, C. L. Tungen, A. Manoguerra y R. F. Clarck. 1995. Ciguatera fish poisoning: A Southern California epidemic. *West Journal Medical*, 163(1): 31-35.
- Barton, A. D., S. Dutkiewicz, G. Flierl, J. Bragg y M. J. Follows. 2010. Patterns of diversity in marine phytoplankton. *Science*, 327(5972): 1509-1511.
- Blasco, D. 1977. Red tide in the upwelling region of Baja California. *Limnology and Oceanography*, 22(2): 255-263.
- Blunden, J., y D. S. Arndt. 2013. State of the Climate in 2012. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 94(8): S1-S238.

- Booth, B. C., P. Larouche, S. Bélanger, B. Klein, D. Amiel y Z. P. Mei. 2002. Dynamics of *Chaetoceros socialis* blooms in the North Water. Deep Sea Research II: Tropical Studies in Oceanography, 49(22): 5003-5025.
- Bouza, C. N. y D. Covarrubias. 2005. Estimación del índice de diversidad de Simpson en m sitios de muestreo. Revista de Investigación Operacional, 26:187-195.
- Bravo-Nuñez, E. 1991. Sobre la cuantificación de la diversidad ecológica. Hidrobiológica, 1(1):87-93.
- Brown, S. L., M. R. Landry, S. Christensen, D. Garrison, M. M. Gowing, R. R. Bidigare y L. Campbell. 2002. Microbial community dynamics and taxon-specific phytoplankton production in the Arabian Sea during the 1995 monsoon seasons. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 49(12): 2345-2376.
- Burkholder, J. M., P. M. Glibert y H. M. Skelton. 2008. Mixotrophy, a major mode of nutrition for harmful algal species in eutrophic waters. Harmful Algae, 8 (1): 77-93.
- Cabrera-Mancilla, E., C. Ramírez-Camarena, L. Muñoz-Cabrera y A. Monreal-Prado. 2000. Primer registro de *Gymnodinium catenatum* Graham (Gymnodinaceae) como causante de marea roja en la Bahía de Acapulco, Gro. México. In: Ríos-Jara, E., E. Juárez-Carrillo, M. Pérez-Peña, E. López-Linares, E. G. Robles-Jarero, D. U. Hernández-Becerril y M. Silva-Briano (Eds.). Estudios sobre plancton en México y el Caribe. Sociedad Mexicana de Planctología y Universidad de Guadalajara: Guadalajara, México, 85-86.
- Carstensen, J., P. Henriksen y A. S. Heiskanen, 2007. Summer algal blooms in shallow estuaries: Definition, mechanisms, and link to eutrophication. Limnology and Oceanography, 52(1): 370-384.
- Castro, R., R. Durazo, A. Mascarenhas, C. A. Collins, y A. Trasvina. 2006. Thermohaline variability and geostrophic circulation in the southern portion

- of the Gulf of California. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers. 53(1): 188-200.
- Cepeda-Morales, J., E. Beier, G. Gaxiola-Castro, M. F. Lavín y V. M. Godínez. 2009. Efecto de la zona del mínimo de oxígeno en el segundo máximo de clorofila en el Pacífico Oriental Tropical Mexicano. Ciencias marinas, 35(4): 389-403.
- Cifuentes-Lemus, J. L., M. P. Torres-García y M. Frías-Mondragon. 1986. El Océano y sus Recursos V. Plancton. La ciencia desde México. Fondo de Cultura Económica. México, D.F., 164 p.
- Clément, A. y G. Lembeye. 1993. Phytoplankton monitoring program in the fish farming region of South Chile. In: Toxic phytoplankton blooms in the sea: proceedings of the fifth international conference on toxic marine phytoplankton, Newport, Rhode Island. Smayda T. J. y Y. Shimizu (Eds). Elsevier, Amsterdam. pp. 223-228
- Clément, A. 1994. Harmful blooms of *Leptocylindrus minimus* in southern Chile. Harmful Algae News, 8(1): 1.
- Cortés-Altamirano R. 1984. Mareas Rojas producidas por el ciliado *Mesodinium rubrum* (Lohmann 1908) en el área litoral de Mazatlán, Sinaloa, México. Biótica, 9(3): 250-270.
- Cortés-Altamirano, R. y A. Núñez-Pasten. 1992. Doce años (1979-1990) de registros de mareas rojas en la Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 19(1): 113-121.
- Cortés-Altamirano, R., L. Muñoz-Cabrera y O. Sotomayor-Navarro. 1993. Envenenamiento paralítico por mariscos (PSP), causado por el dinoflagelado *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* en la Costa Suroeste de México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM 20(1): 43-54.

- Cortés-Altamirano, R. y H. C. Agraz. 1994. Presencia de *Prorocentrum mínimum* (Pav.) Schiller en estanques de cultivo de camarón. Ciencias del Mar-UAS, 13: 11-16.
- Cortés-Altamirano, R., A. F. Manrique y R. Luna-Soria. 1997. Harmful phytoplankton blooms in shrimp farms from Sinaloa, Mexico. In: 7th International Conference on Harmful Algae. p. 56.
- Cortés-Altamirano, R., R. Alonso e I. Peña. 1997. Primer registro de una marea roja debida a *Mesodinium rubrum* (Protozoa: Ciliata) en Bahía Banderas (México). Revista de Biología Tropical, 44(3):/45(1):675-690.
- Cortés-Altamirano, R. y S. Licea-Durán. 1999. Florecimientos de microalgas nocivas en estanques para cultivo semi-intensivo de camarón en México. Revista Latinoamericana de Microbiología, 41(3): 157-166.
- Cortés-Altamirano, R., A. Sierra-Beltrán y R. Barraza-Guardado. 2006a. Mortandad de peces debido a microalgas nocivas y toxicas: Cinco casos de marea roja en la costa continental del Golfo de California (2003-2004). In: Salas, S., Cabrera, M. A., Ramos, J. Flores, D. & J. Sánchez (Eds.). 1a Conferencia de Pesquerías Costeras en América Latina y el Caribe. Evaluando, Manejando y Balanceando Acciones. Mérida, Yuc., México, pp: 79-90.
- Cortés-Altamirano, R., R. Alonso-Rodríguez y A. Sierra-Beltrán. 2006b. Fish mortality associated with *Chattonella marina* and *C. cf. ovate* (Raphidophyceae) blooms in Sinaloa (Mexico). Harmful Algae News, 31: 7-8.
- Cortés-Lara, M.C. 2002. Primer registro de marea roja del 2002. Bahía de Banderas Jalisco-Nayarit (Enero de 2002). Revista Biomédica, 13:229-230.
- Cortés-Lara, M. C., R. Cortés-Altamirano y A. Sierra-Beltrán. 2004. Presencia de *Cochlodinium catenatum* (Gymnodinales: Gymnodinaceae) en mareas rojas de Bahía Banderas en el Pacífico Mexicano. Revista Biología Tropical, 52 (Suppl. 1): 35-50.

- Cortés-Lara, M.C 2007. ¿Qué es *Myrionecta rubra* y qué hace en Bahía de Banderas?. *La Gaceta*, (482) 6.
- Crawford, D.W., 1989. *Mesodinium rubrum*: the phytoplankter that wasn't. *Marine ecology progress series*, 58(1): 161–174.
- Cupp, E. E., 1943. *Marine Plankton Diatoms of the West Coast of North America*. UC San Diego: Scripps Institution of Oceanography, 238p.
- De la Garza-Aguilar, J. 1983. Intoxicación alimentaria por ingestión de mariscos contaminados. *Salud Pública de México*, 25: 145-150.
- De la Lanza-Espino, G. 1991. *Oceanografía de mares mexicanos*. AGT editor, S.A. México. 569p.
- De la Lanza-Espino, G., 2004a. Gran escenario de la zona costera y oceánica de México. *Ciencias* 76: 4-13.
- De La Lanza-Espino, G., I. Penié-Rodríguez y S. Hernández-Pulido. 2004b. Variación espacio temporal del fósforo y el efecto de las corrientes locales en su distribución en la Bahía de Petacalco, Guerrero, México. *Ciencias Marinas*, 30(2): 311-322.
- Dierssen, H. M., R. M. Kudela, J. P. Ryan, y R. C. Zimmerman. 2006. Red and black tides: Quantitative analysis of water-leaving radiance and perceived color for phytoplankton, colored dissolved organic matter, and suspended sediments. *Limnology and Oceanography*, 51(6): 2646-2659.
- Dolan J. R. 1991a. Guilds of ciliate microzooplankton in the Chesapeake Bay. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 33: 137-152.
- Dolan, J.R., 1991b. Microphagous ciliates in mesohaline Chesapeake Bay water: estimates of growth rates and consumption by copepods. *Marine Biology*, 111: 303 - 309.
- Dolan J., 1992. Mixotrophy in ciliates: a review of *Chlorella* symbiosis and chloroplast retention. *Marine Microbial Food Webs*, 6: 115-132.

- Dussart, B.H. 1965. Les différentes catégories de plancton. *Hydrobiologia*, 26: 72-74.
- Edler, L. 1979. Recommendations on methods for Marine Biological Studies in the Baltic Sea Phytoplankton and Chlorophyll. Baltic Marine Biologists Publication 5, p 38.
- Edler, L., y M. Elbrächter, 2010. The Utermöhl method for quantitative phytoplankton analysis. Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis. Paris: UNESCO, 13-20.
- Elghrib, H., L. Somoue, N. Elkhiati, A. Berraho, , A. Makaoui, N. Bourhim y O. Ettahiri, 2012. Phytoplankton distribution in the upwelling areas of the Moroccan Atlantic coast localized between 32° 30' N and 24° N. *Comptes rendus biologies*, 335(8): 541-554.
- Emery, W. J., W. G. Lee y L. Magaard, 1984. Geographic and seasonal distributions of Brunt-Väisälä frequency and Rossby radii in the North Pacific and North Atlantic. *Journal of Physical Oceanography*, 14(2), 294-317.
- Espinosa-Pérez, H. 2004. El Pacífico Mexicano. *Ciencias*, 76:14-21.
- Esqueda-Lara, K. y D.U. Hernández-Becerril, 2010. Dinoflagelados microplanctónicos marinos del Pacífico central de México (Isla Isabel, Nayarit y costas de Jalisco y Colima. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 206p.
- Estrada, M., y D. Blasco, 1985. Phytoplankton assemblages in coastal upwelling areas. In: International Symposium on the Most Important Upwelling Areas off Western Africa(Cape Blanco and Benguela) (Vol. 1).
- Fiedler, P.C. 2002. The annual cycle and biological effects of the Costa Rica Dome. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 49(2), 321-338.

- Figuroa-Torres, M. G. y M. A. Zepeda-Esquivel. 2001. Mareas rojas del puerto interior, Col., México. *Scientia Naturae* 3(2): 39-52.
- Filonov, A. E.; I. E. Tereshchenko, C. O. Monzón, M. E. González Ruelas y E. Godínez Domínguez. 2000. Variabilidad estacional de los campos de temperatura y salinidad en la zona costera de los Estados de Jalisco y Colima, México. *Ciencias Marinas* 26(2): 303-321
- Fisher, A. A., A. S. Corbet y C. B. Williams, 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *Journal of Animal Ecology*, 12: 42-58.
- Gallegos, A., R. Rodríguez., E. Márquez., R. Lecuanda, y J. Zavala-Hidalgo. 2006. Una climatología de la temperatura de la superficie del mar de las aguas adyacentes a las costas de Jalisco, Colima y Michoacán, México: 1996-2003. Pp: 149-166. En. Jiménez-Quiroz, M.C., y E. Espino-Barr (Eds.). Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán. INP, SAGARPA. 526 p.
- Galtsoff, P.S. 1949. The mystery of the red tide. *The Scientific Monthly*, 68: 108-117.
- Galtsoff P. S. 1954. Red Tide: Progress Report on the Investigation of the Cause of the Mortality of Fish Along the West Coast of Florida Conducted by the United States Fish and Wildlife Service and Cooperating Organizations. United States Fish and Wildlife Service. 46:1-52.
- Gárate-Lizárraga, I., M. L. Hernández-Orozco, C. J. Band-Schmidt, G. Serrano-Casillas. 2001. Red tides along the coasts of Baja California Sur, Mexico (1984 to 2001). *CICIMAR Oceanides*, 16(2): 127-134.
- Gárate-Lizárraga, I., D. J. López-Cortés, J. J. Bustillos-Guzmán y F. E. Hernández-Sandoval. 2004a. Blooms of *Cochlodinium polykrikoides* (Gymnodiniaceae) in the Gulf of California, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 52: Supl. (1): 51-58.

- Gárate-Lizárraga, I., J. J. Bustillos-Guzmán, R. Alonso-Rodríguez y B. Luckas. 2004b. Comparative paralytic shellfish toxin profiles in two marine bivalves during outbreaks of *Gymnodinium catenatum* (Dinophyceae) in the Gulf of California. *Marine Pollution Bulletin* 48: 378-402.
- Gárate-Lizárraga, I., J. J. Bustillos-Guzmán, L. Morquecho, C. J. Band-Schmidt, R. Alonso-Rodríguez, K. Releer, B. Luckas, A. Reyes-Salinas y D. T. Góngora-González. 2005. Comparative paralytic shellfish toxin profiles in the strains of *Gymnodinium catenatum* Graham from the Gulf of California, Mexico. *Marine Pollution Bulletin* 50: 208-236
- Gárate-Lizárraga I. y M.S. Muñetón-Gómez. 2005. Florecimiento de *Gonyaulax polygramma* en la Bahía de la Paz, Golfo de California (octubre-2004). En: Leal, S., A. Comas, T. Romero, C. Castellanos, G. Delgado, M. Perdomo, L. Gómez, A. Frías, R. Cabrera (Eds.). *Memorias del VII Congreso de Ficología de Latinoamérica y el Caribe y V Reunión Iberoamericana de Ficología*, llevado del 19 al 23 de Septiembre de 2005, La Habana. Cuba. pp. 1-5.
- Gárate-Lizárraga, I., J. J. Bustillos-Guzmán, D. J. López-Cortés, F. Hernández-Sandoval, K. Releer y B. Luckas. 2006. Paralytic shellfish toxin profiles in net phytoplankton samples from Bahía Concepción, Gulf of California, Mexico. *Marine Pollution Bulletin* 52: 800-815.
- Gárate-Lizárraga, I., C. J. Band-Schmidt, G. Verdugo-Díaz, M. S. Muñetón-Gómez y F. E. Félix-Pico. 2007a. Dinoflagelados (Dinophyceae) del sistema lagunar Magdalena-Almejas. En: Funes Rodríguez, R., J. Gómez-Gutiérrez y R. Palomares-García (Eds.). *Estudios ecológicos en Bahía Magdalena*. CICIMAR-IPN, FORMAR-Gob. de B. C. S., México, 145-174.
- Gárate-Lizárraga, I., C. J. Band-Schmidt, J.J. Bustillos-Guzmán y D.J. López-Cortés. 2007b. Bloom of *Pseudo-nitzschia fraudulenta* in Bahía de La Paz, Gulf of California (June-July 2006). *Harmful Algae News*, 33: 6-7.

- Gárate-Lizárraga, I., B. Pérez-Cruz, J. Díaz-Ortiz y C. J. Band-Schmidt. 2008. Microalgas y biotoxinas marinas en las costas mexicanas. *Conversus*, 9: 22-26.
- Gárate-Lizárraga, I., J. A. Díaz-Ortiz, B. Pérez-Cruz, M. A. Alarcón-Romero, L. A. Chávez-Almazán, J. L. García-Barbosa y S. López-Silva. 2011. A multi-species dinoflagellate bloom and shellfish toxicity in the Costa Grande, Guerrero, Mexico (December 2010). *CICIMAR Oceanides* 26 (1): 67-71.
- Gárate-Lizárraga, I., C. A. Poot-Delgado, E. R. Ramírez-Castillo, y M. H. Páez-Hernández. 2013. Proliferación de *Pseudo-nitzschia brasiliiana* y *P. cf. pseudodelicatissima* (Bacillariophyceae) en el Estero Santa Cruz, norte del Golfo de California, México. *Revista de biología marina y oceanografía*, 48(2), 393-399.
- García-Hernández, J., L. García-Rico, M. E. Jara-Marini, R. Barraza-Guardado y W. A. Hudson. 2005. Concentrations of heavy metals in sediment and organisms during a harmful algal bloom (HAB) at Kun Kaak Bay, Sonora, Mexico. *Marine Pollution Bulletin* 50 (7): 733-739.
- García-Hernández, J. 2008. Acid-enhanced Harmful Algal Blooms (HABS). In: N. T. Hofer (Ed.). *Marine pollution: new research*. Nova Publishers, 9-13.
- García-Mendoza, E., D. Rivas, A. Olivos-Ortiz, A. Almazán-Becerril, C. Castañeda-Vega y J. L. Peña-Manjarrez. 2009. A toxic *Pseudo-nitzschia* bloom in Todos Santos Bay, northwestern Baja California, Mexico. *Harmful Algae* 8: 493-503.
- García-Reyes, M. 2005. Procesos físicos que controlan la variabilidad estacional de la temperatura superficial del mar y de la concentración de clorofila en la entrada al Golfo de California. Dissertation, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 78 pp.
- Gaston, K. J. 1994. *Rarity. Population and Community Biology Series* 13. Chapman and Hall.

- Goericke, R., R. Olson, y A. Shalapyonok. 2000. A novel niche for *Prochlorococcus* sp. in low-light suboxic environments in the Arabian Sea and the Eastern Tropical North Pacific. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research*, 47, 1183-1205.
- Golden Software INC. 2011. Surfer Version 10, Surface Mapping Systems.
- Gómez-Tagle, A. 2007. Informe de evaluación correspondiente al mes de agosto del 2007. Componentes Inocuidad y Sanidad Acuícola. Comité de Sanidad Acuícola de Baja California Sur. 7 pp.
- González-Silvera A, E. Santamaría-del-Ángel, R. Millán-Núñez y H. Manzo-Monroy. 2004. Satellite observations of mesoscale eddies in the Gulfs of Tehuantepec and Papagayo (Eastern Tropical Pacific). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 51(6), 587-600.
- Graham, H. W. 1943. *Gymnodinium catenatum*, a new dinoflagellate from the Gulf of California. *Transactions of the American Microscopical Society*, 62: 259-261.
- Granéli, E. y J. T. Turner. 2006. An introduction to harmful algae, in: Granéli, E. et al. (Ed.) (2006). *Ecology of harmful algae*. *Ecological Studies*, 189: pp. 3-7.
- Gustafson, D. E., D. K. Stoecker, M. D. Johnson, W. F. Van Heukelem y K. Sneider. 2000. Cryptophyte algae are robbed of their organelles by the marine ciliate *Mesodinium rubrum*. *Nature*, 405(6790): 1049-1052.
- Hallegraeff, G.M. 1993. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia*, 32: 79-99.
- Hallegraeff, G.M. 2003 Harmful algal blooms: a global overview. In: Hallegraeff GM, Anderson DM, Cembella AD (eds) *Manual on harmful marine microalgae*, vol 11, 2nd edn. IOC-UNESCO. Paris, pp 25–49
- Hammer, Ø., D. A. T. Harper y P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia*

- Hasegawa, T., H. Miyashita, M. Kawachi, H. Ikemoto, N. S. Kurano Miyachi y M. Chihara. 1996. *Prasinoderma coloniale* gen. et sp. nov., a new pelagic coccoid prasinophyte from the western Pacific ocean. *Phycologia*, 35(2): 170-176.
- Hasle, G.R. 2002. Are most of the domoic acid-producing species of the diatom genus *Pseudo-nitzschia* cosmopolites? *Harmful Algae* 1, 137–146.
- Helly, J. J. y L. A. Levin 2004. Global distribution of naturally occurring marine hypoxia on continental margins. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 51(9), 1159-1168.
- Hensen, V. 1887. Über die Bestimmung des Planktons oder des im Meere treibenden Materials an Pflanzen und Tieren. *Bericht der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung*, 5: 1–107.
- Heredia-Tapia, A., B. O. Arredondo-Vega, E. J. Núñez-Vázquez, T. Yasumoto, M. Yasuda y J. L. Ochoa. 2002. Isolation of *Prorocentrum lima* (Syn. *Exuviaella lima*) and diarrhetic shellfish poisoning (DSP) risk assessment in the Gulf of California, Mexico. *Toxicon* 40 (8): 1121-1127.
- Herfort, L., T. D. Peterson, L. A. McCue, B. C. Crump, F. G. Prahl, A. M. Baptista, V. Campbell, R. Warnick, M. Selby, G.C. Roegner y P. Zuber. 2011. *Myrionecta rubra* population genetic diversity and its cryptophyte chloroplast specificity in recurrent red tides in the Columbia River estuary. *Aquatic Microbial Ecology*, 62(1): 85-97.
- Herfort, L., T. D. Peterson, F. G. Prahl, L. A. McCue, J. A. Needoba, B. C. Crump, G. C. Roegner, V. Campbell, y P. Zuber. 2012. Red waters of *Myrionecta rubra* are biogeochemical hotspots for the Columbia River estuary with impacts on primary/secondary productions and nutrient cycles. *Estuaries and coasts*, 35 (3), 878-891.

- Hernández-Becerril, D.U. 1998. Species of the planktonic diatom genus *Pseudonitzschia* of the Pacific coasts of Mexico. *Hydrobiologia* 379: 77-84.
- Hernández-Becerril, D.U. 2003. Diversidad del fitoplancton marino de México. Un acercamiento actual, 1-17. En: M.T. Barreiro-Güemes, M.E. Meave del Casillo, M. Signoret-Poillon y M.G. Figueroa-Torres (eds.). *Planctología Mexicana*. Sociedad Mexicana de Planctología, México D. F., México.
- Hernández Becerril, D. U. 2014. Biodiversidad de algas planctónicas marinas (Cyanobacteria, Prasinophyceae, Euglenophyta, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Eustigmatophyceae, Parmophyceae, Raphidophyceae, Bacillariophyta, Cryptophyta, Haptophyta, Dinoflagellata) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 45-53
- Hernández-Sandoval, F., D. J. López-Cortés, E. J. Núñez-Vázquez, C. J. Band-Schmidt, I. Gárate-Lizárraga y J. J. Bustillos-Guzmán. 2009. Toxinas paralizantes en moluscos bivalvos durante una proliferación de *Gymnodinium catenatum* en la Bahía de La Paz, México. *Hidrobiológica* 19 (3): 245-256.
- Hii, Y. S., C. L. Soo, T. S. Chuah, A., Mohd-Azmi y A. B. Abol-Munafi. 2011. Interactive effect of ammonia and nitrate on the nitrogen uptake by *Nannochloropsis* sp. *Journal of Sustainability Science and Management*, 6(1): 60-68.
- Horner, R. A. 2002. *A Taxonomic Guide to Some Common Marine Phytoplankton*. Biopress Limited. Bristol, England. 195 p.
- Ingarao, C., S. Capellacci, F. Ricci, N. Penna y A. Penna, 2006. Distribution of phytoplankton population (Bacillariophyceae e Dinophyceae) along the coast of Pesaro (NW Adriatic Sea) during the period 2001–2004. *Biología Marina Mediterránea* 13: 1001–1005.
- Iriarte, J. L., H. E. González, K. K. Liu, C. Rivas y C. Valenzuela. 2007. Spatial and temporal variability of chlorophyll and primary productivity in surface waters of southern Chile (41.5–43 S). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 74(3), 471-480.

- Irigoien, X., J. Huisman y R. P. Harris. 2004. Global biodiversity patterns of marine phytoplankton and zooplankton. *Nature*, 429(6994), 863-867.
- James, M. R. y J. A. Hall. 1995. Planktonic ciliated protozoa: their distribution and relationship to environment variables in a marine coastal ecosystem. *Journal of Plankton Research* 17(4): 659-683.
- Jouenne, F., W. Eikrem, F. Le Gall, D. Marie, G. Johnsen, y D. Vaultot, 2011. *Prasinoderma singularis* sp. nov. (Prasinophyceae, Chlorophyta), a Solitary Coccoid Prasinophyte from the South-East Pacific Ocean. *Protist*, 162(1): 70-84.
- Juel Hansen, P., y T. Fenchel. 2006. The bloom-forming ciliate *Mesodinium rubrum* harbours a single permanent endosymbiont. *Marine Biology Research*, 2(3): 169-177.
- Kessler, W. S. 2006. The circulation of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography*, 69(2): 181-217.
- Koizumi, Y., J. Kohno, N. Matsuyama, T. Uchida y T. Honjo. 1996. Environmental features and the mass mortality of fish and shellfish during the *Gonyaulax polygramma* red tide occurred in and round Uwajima Bay, Japan, in 1994. *Nippon Suisan Gakkaishi* 62: 217–224.
- Kraberg, A., M. Baumann, y C. Dürselen. 2010. Coastal phytoplankton. Photo guide for northern European seas. *Handbooks of Marine Flora and Fauna*. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, 198p.
- Lauria, M. L., D. A. Purdie y J. Sharples. 1999. Contrasting phytoplankton distributions controlled by tidal turbulence in an estuary. *Journal of Marine Systems*. 21: 189-197.
- Lavín, M. F., y S. G. Marinone. 2003. An overview of the physical oceanography of the Gulf of California, in *Nonlinear Processes in Geophysical Fluid Dynamics*, edited by O.U. Velasco Fuentes, J. Sheinbaum, and J. Ochoa, pp. 173–204, Kluwer Acad., Dordrecht, Netherlands.
- Lavín, M. F., R. Castro, E. Beier, V. M. Godínez, A. Amador y P. Guest. 2009. SST, thermohaline structure, and circulation in the southern Gulf of

- California in June 2004 during the North American Monsoon Experiment. 2009. *Journal of Geophysical Research Oceans* 114(C2).
- Lechuga-Devéze, C. H. y A. Sierra-Beltrán, 1995. Documented case of Ciguatera on the Mexican Pacific Coast. *Natural Toxins* 3: 415-418.
- Levin, L. A., W. Ekau, A. J. Gooday, F. Jorissen, J. J. Middelburg, W. Naqvi, C. Neira, N. N. Rabalais, y J. Zhang. 2009. Effects of natural and human-induced hypoxia on coastal benthos. *Biogeosciences Discussions*, 6(2).
- Libes, S. 2009. Introduction to marine biogeochemistry. John Wiley & Sons Press, New York, USA.
- Licea-Durán, S., A. Navarrete, R. Rodríguez, J. Bustillos-Guzmán, C. Martínez y C. Ramírez. 2006. Monitoring a bloom of *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* occurring in El Salvador, Guatemala and Mexico (November 2005-March 2006). 12th International Conference on Harmful Algae, Copenhagen, Dinamarca.p. 219.
- Lomas, M. W. y P. M. Glibert. 1999. Interactions between NH_4^+ and NO_3^- uptake and assimilation: comparison of diatoms and dinoflagellates at several growth temperatures. *Marine Biology*, 133(3), 541-551.
- López-Calderón, J., H. Manzo-Monroy, E. Santamaría-del-Ángel, R. Castro, A. González-Silvera y R. Millán-Núñez. 2006. Variabilidad de mesoescala del Pacífico tropical mexicano mediante datos de los sensores TOPEX y SeaWiFS. *Ciencias Marinas*, 32(3): p539
- López-Cortés, D. J., J. J. Bustillos-Guzmán y I. Gárate-Lizárraga. 2006. Unusual mortality of krill (Crustacea: Euphausiacea) in Bahía de La Paz, Gulf of California. *Pacific Science* 60(2): 235-242.
- López-Sandoval, D. C., J. R. Lara-Lara, M. F. Lavin, S. Álvarez-Borrego y G. Gaxiola-Castro. 2009. Productividad primaria en el Pacífico oriental tropical adyacente a Cabo Corrientes, México. *Ciencias marinas*, 35(2), 169-182.
- Loureiro, S., C. Jauzein, E. Garcés, Y. Collos, J Camp y D. Vaqué. 2009. The significance of organic nutrients in the nutrition of *Pseudo-nitzschia*

- delicatissima* (Bacillariophyceae). Journal of Plankton Research. 31(4): 399-410.
- Macías, D., Á. Rodríguez-Santana, E. Ramírez-Romero, M. Bruno, J. L. Pelegrí, P. Sangrà, B. Aguiar-González y C. M. García. 2013. Turbulence as a driver for vertical plankton distribution in the subsurface upper ocean. *Scientia Marina*, 77(4): 541-549.
- Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. Oxford: Blackwell Publishing. p. 66-71.
- Márquez-García, E., A. Gallegos-García y R. Rodríguez-Sobreyra. 2003. Evolución mensual de la temperatura del agua de la superficie del Golfo de Tehuantepec durante el período de enero/1996 a diciembre/2002. *GEOS23*(2).
- Martin, J. L., C. D. Hastey, M. M. LeGresley y F. H. Page. 2010. Temporal and spatial characteristics of the diatom *Leptocylindrus minimus* in the Western Isles region of the Bay of Fundy. Canadian technical report of fisheries and aquatic sciences, 2903: 1-27.
- Martínez-López, A., C. J. Band-Schmidt, D. Escobedo-Urías y A. E. Ulloa- Pérez. 2006. Bloom of *Chattonella subsalsa* in an impacted coastal lagoon in the Gulf of California. *Harmful Algae News*, 31: 1-4-5.
- Martínez-López, A., D. Escobedo-Urías, A. E. Ulloa-Pérez y G. R. Aguirre. 2008. Dynamic of *Prorocentrum minimum* bloom in the northern litoral of Sinaloa, Mexico. *Continental Shelf Research* 28(14): 1693-1701.
- Mc Garigal, K., S. Cushman y S. Stafford. 2000. Multivariate statistics for wildlife and Ecology Research. Springer-Verlag New York, Inc. 283 pp.
- Meave del Castillo, M. E., S. Rodríguez y M. Vargas. 2006. Blooms of *Pyrodinium bahamense* var. *compressa* along the Central American Pacific coast and south of Mexico. 12th International Conference on Harmful Algae, Copenhagen, Dinamarca, p. 239.
- Meave-del Castillo, M. E., M. E Zamudio-Resendiz, y M. Castillo-Rivera, 2012. Riqueza fitoplanctónica de la Bahía de Acapulco y zona costera aledaña, Guerrero, México. *Acta botánica mexicana*, 100: 405-487.

- Mee, L. D., M. Espinosa y G. Díaz. 1986. Paralytic shellfish poisoning with a *Gymnodinium catenatum* red tide on the Pacific coast of Mexico. *Marine Environmental Research* 19: 77-92.
- Melo, O y R. Vargas, 2003. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Ibagué, Colombia, Universidad de Tolima p. 183
- Millán-Núñez, E. 1988. Marea roja en Bahía de Los Ángeles. *Ciencias Marinas* 14(1): 51-55.
- Moestrup, Ø., R. Akselman, G. Cronberg, M. Elbraechter, S. Fraga, Y. Halim, G. Hansen, M. Hoppenrath, J. Larsen, N. Lundholm, L. N. Nguyen y A. Zingone, (Eds) 2009. IOC-UNESCO Taxonomic Reference List of Harmful Micro Algae. Available online at <http://www.marinespecies.org/HAB>. Accessed on 2014-07-13
- Montagnes, D.W.S. y D.H. Lynn. 1987. A quantitative protargol stain (QPS) for ciliates: a description of the method and tests of its quantitative nature. *Marine Microbial Food Webs*, 2: 83–93.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1 Zaragoza, 84 pp.
- Moreno-Ruiz, J. L., S. Licea, y H. Santoyo, 1996. Diatomeas del Golfo de California. Universidad Autónoma de Baja California Sur, Mexico, 205p.
- Moro, I., N. La Rocca, L. D. Valle, E. Moschin, E. Negrisola y C. Andreoli. 2002. *Pyramimonas australis* sp. nov. (Prasinophyceae, Chlorophyta) from Antarctica: fine structure and molecular phylogeny. *European Journal of Phycology*, 37(1): 103-114.
- Newman, M.C., y M. A. Unger. 2003. *Fundamentals of Ecotoxicology*. Lewis Publishers, Estados Unidos. 458 p.
- Niiler, P. 2001. The world ocean surface circulation. *Ocean Circulation and Climate*, G. Siedler, J. Church, and J. Gould, eds., Academic Press, volume 77 of International Geophysics Series, 193–204.
- Núñez Cabeza de Vaca, A. 2003. *Naufragios*. Alicante: Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes

- Núñez-Colín, C. A., y D. Escobedo-López, 2011. Uso correcto del análisis clúster en la caracterización de germoplasma vegetal. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 415-427.
- Núñez-Vázquez, E. J., A. Almazán-Becerril, A. Heredia-Tapia, D. U. Hernández-Becerril, L. Troccoli-Ghinaglia, B. O. Arredondo-Vega, J. A. Herrera-Silveira, J. L. Vázquez-Castellanos y J. L. Ochoa. 2000. Incidencia del envenenamiento por Ciguatera en México. 4ª Reunión de expertos en envenenamientos por animales ponzoñosos. Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, International Society of Toxinology -PanamericanSection, Instituto Bioclon y Laboratorio Silanes 30-31 de marzo, Cuernavaca, Mor., México pp. 56-57.
- Núñez-Vázquez, E. J., A. Heredia-Tapia, J. C. Pérez-Urbiola, R. Alonso-Rodríguez, J. Arellano-Blanco, A. Cordero-Tapia, J. Pérez-Linares y J. L. Ochoa. 2003. Evaluation of dinoflagellate toxicity implicated in recent HAB events in the Gulf of California, Mexico. En: HABTech 2003 Workshop. Nelson, New Zealand Cawthron Report No. 906. p. 90.
- Núñez-Vázquez, E. J., A. Cordero-Tapia y G. Arnaud. 2007. Origen e Impacto de las Biotoxinas Marinas en la Salud de Tortugas Marinas- Salud Pública. 1er Encuentro Internacional de Medicina de la Conservación. 18-21 de julio. Vitoria, Brasil.
- Núñez-Vázquez, E. J., J. L. Ochoa, C. J. Band-Schmidt, I. Gárate-Lizárraga, A. Heredia-Tapia, D. J. López-Cortés, F. E. Hernández-Sandoval y J. J. Bustillos-Guzmán. 2008. Ciguatera in Mexico. 13th International Conference on Harmful Algae. 3-7 November, Hong Kong, China. p.98
- Núñez-Vázquez, E. J., I. Gárate-Lizárraga, C. J. Band-Schmidt, A. Cordero-Tapia, D. J. López-Cortés, F. E. Hernández-Sandoval, A. Heredia-Tapia y J. J. Bustillos-Guzmán. 2011. Impact of Harmful Algal Blooms on wild and culture animals in the Gulf of the California. *Journal of Environmental Biology* 32(4): 407-412.

- Ochoa, J. L., A. Sierra-Beltrán, A. Cruz-Villacorta y E. Núñez-Vázquez. 1996. Domoic acid in Mexico. En: R. W. Penney (Ed.). 5th Canadian Workshop on Harmful Marine Algae. St. John's, Newfoundland, Canada. Department of Fisheries and Oceans. Canadian Technical Report of Fisheries Aquatic Science 2138: 82-90.
- Ochoa, J.L., E. Nunez-Vázquez y J. Saad. 2003 Diferentes términos utilizados para describir las "Mareas Rojas". Revista de Biología Tropical 51: 621-628.
- Okolodkov Y. B. 2008. *Protoperidinium* Bergh (Dinophyceae) of the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, Gulf of México, with a key for identification. Acta Botanica Mexicana, 84: 95-151.
- Orellana-Cepeda, E., C. Granados-Machuca y J. Serrano-Esquer. 2004. *Ceratium furca*: One possible cause of mass mortality of cultured blue-fin tuna at Baja California, Mexico. En: Steidinger, K. A., J. H. Landsberg, C. R. Tomas y G. A. Vargo (Eds.). Harmful Algae 2002. Florida Fish and Wildlife Conservation Commission, Florida Institute of Oceanography y Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, pp. 514-516.
- Orellana-Cepeda, E., R. Canino-Herrera, E. Santamaría del Ángel, C. Granados-Machuca, M. Valdéz y L. A. Morales-Zamorano. 2007. Florecimiento de *Ceratium divaricatum* frente a la costa Noroeste de Ensenada, Baja California, durante la primavera de 2007. II Taller sobre Florecimientos Algales Nocivos, CICESE, CET-MAR, Ensenada, B. C. México. p. 12.
- Orsini, L., G. Procaccini, D. Sarno y M. Montresor. 2004. Multiple rDNA ITS-types within the diatom *Pseudo-nitzschia delicatissima* (Bacillariophyceae) and their relative abundances across a spring bloom in the Gulf of Naples. Marine Ecology Progress Series. 271: 87-98
- Oschlies, A. 2008. Eddies and upper-ocean nutrient supply Ocean Modeling in an Eddying Regime. Geophysical Monograph Series, 177. American Geophysical Union, Washington, DC, pp. 115-130.

- Parrilla-Cerrillo, M. C., J. L. Vázquez-Castellanos, E. O. Sáldate-Castañeda y L. M. Nava-Fernández. 1993. Brotes de toxiinfecciones alimentarias de origen microbiano y parasitario. *Salud Pública de México* 35: 456-463.
- Paulmier, A., y D. Ruiz-Pino. 2009. Oxygen minimum zones (OMZs) in the modern ocean. *Progress in Oceanography*, 80(3), 113-128.
- Pérez, C. 2002. *Estadística aplicada a través de Excel*. Prentice Hall, Madrid, 616 pp.
- Pizarro, M., R. Iturriaga, A. Silva, y S. Gallegos. 2012. Unusual Bloom of *Tetraselmis* sp. in the Valparaiso Bay, Chile. *Gayana. Botánica*, 69(2): 369-372.
- Ramírez-Barón, J. S., A. Franco-Herrera, L. M. García-Hoyos, y D. A. López. 2010. La comunidad fitoplanctónica durante eventos de surgencia y no surgencia, en la zona costera del Departamento del Magdalena, Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 39 (2) 233-263.
- Reguera, B. 2002. Establecimiento de un Programa de seguimiento de microalgas tóxicas. En: *Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano*. Sar. E.A., M.E. Ferrairo y B. Reguera (Eds.). Instituto Español de Oceanografía, pp. 21-52.
- Reynolds, C. S. 1988. Functional morphology and the adaptive strategies of freshwater phytoplankton. In Sandgren, C. D. (ed.), *Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton*. Cambridge University Press, pp. 388–433.
- Reynolds, C. S. 2006. *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press. 535 pp.
- Rio, M.-H., y F. Hernandez. 2004. A Mean Dynamic Topography computed over the world ocean from altimetry, in-situ measurements and a geoid model. *Journal of Geophysical Research*, 109(12).

- Riobó-Agulla, Pilar. 2008. Palitoxinas, Ensayos Biológicos y Métodos Químicos para su Determinación en Organismos Marinos. (Tesis de doctorado-Universidad de vigo).
- Rivera, P., F. Cruces y A. Clement. 2002. *Leptocylindrus minimus* Gran (Bacillariophyceae): morfología y distribución en Chile. Gayana. Botánica, 59(1), 7-11.
- Rodríguez-Palacio, M. C., C. Lozano-Ramírez, S. Álvarez-Hernández y G. L. de Lara-Isassi. 2006. First Record of harmful bloom of *Gymnodinium catenatum* along the Michoacán coast, Mexico. 12th International Conference on Harmful Algae, Copenhagen, Dinamarca.p. 270.
- Saldade-Castañeda, O., J. L. Vázquez-Castellanos, J. Galván, A. Sánchez-Anguiano y A. Nazar. 1991. Intoxicaciones por toxina paralizante de molusco en Oaxaca. Salud Pública en México 33: 240-247.
- Sanders, R.W., y S. A. Wickham. 1993. Planktonic protozoa and metazoa: predation, food quality and population control. Marine Microbial Food Webs 7: 197 - 223.
- Santander, E., L. Herrera, y C. Merino. 2003. Fluctuación diaria del fitoplancton en la capa superficial del océano durante la primavera de 1997 en el norte de Chile (20 18 S): II. Composición específica y abundancia celular. Revista de biología marina y oceanografía, 38(1), 13-25.
- Sar E. A., I. Sunesen, y P. V. Fernández, 2007. Marine diatoms from Buenos Aires coastal waters (Argentina): II. Thalassionemataceae and Rhapsoneidaceae. Revista Chilena de Historia Natural. 80(1):63-79.
- Sellner, K. G., G. J. Doucette y G. J. Kirkpatrick. 2003. Harmful algal blooms: causes, impacts and detection. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 30(7), 383-406.

- Serrano, D. 2012. La zona del mínimo de oxígeno en el Pacífico mexicano. Biodiversidad y comunidades del talud continental del Pacífico mexicano. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), 101-115.
- Sieburth, J.McN., V. Smetacek, y J. Lenz, 1978. Pelagic ecosystem structure: heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. *Limnology and Oceanography*, 23: 1256–63.
- Sierra-Beltrán, A. P., M. Palafox-Urbe, J. Grajales-Montiel, A. Cruz-Villacorta y J. L. Ochoa. 1997. Sea bird mortality at Cabo San Lucas, Mexico: evidence that toxic *Pseudo-nitzschia* sp. is spreading. *Toxicon* 35: 447-453.
- Sierra-Beltrán, A., R. Cortés-Altamirano, J. P. Gallo-Reynoso, S. Licea y J. Egido-Villareal. 2005a. Is *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* toxin the principal cause of sardines, dolphins, sea lions and pelicans mortality in 2004 in Mexico. *Harmful Algae News*, 29: 6-8.
- Sierra-Beltrán, A. P., R. Cortés-Altamirano y M. C. Cortés-Lara. 2005b. Occurrences of *Prorocentrum minimum* (Pavillard) in Mexico. *Harmful Algae* 4(3): 507-517.
- Silva, A., S. Palma, P. B. Oliveira y M. T. Moita. 2009. Composition and interannual variability of phytoplankton in a coastal upwelling region (Lisbon Bay, Portugal). *Journal of Sea Research*, 62(4), 238-249.
- Simon, N., A. L. Cras, E. Foulon, y R. Lemée, 2009. Diversidad y evolución del fitoplancton marino. *Comptes rendus biologies*, 332(2): 159-170.
- Smayda, T. J. 2000. Ecological features of harmful algal blooms in coastal upwelling ecosystems. *South African Journal of Marine Science*, 22(1), 219-253.
- Smayda, T. J. y C. S. Reynolds. 2001. Community assembly in marine phytoplankton: application of recent models to harmful dinoflagellate blooms. *Journal of Plankton Research*. 23:447-461.
- Smayda, T. J. 2002. Turbulence, watermass stratification and harmful algal blooms: an alternative view and frontal zones as “pelagic seed banks”. *Harmful Algae*, 1(1): 95-112.

- Smayda, T. J., y V. L. Trainer. 2010. Dinoflagellate blooms in upwelling systems: Seeding, variability, and contrasts with diatom bloom behaviour. *Progress in Oceanography*, 85(1), 92-107.
- Sournia A, M.J. Chretiennot-Dinet y M. Ricard, 1991. Marine phytoplankton: how many species in the world ocean? *Journal of Plankton Research* 13:1093–1099.
- Steidinger, K. y L. Walker. 1984. *Marine Planckton Life Cycle Strategies*. C. R. C. Press. 168p.
- Strub, P. T. y C. James. 2002. Altimeter-derived surface circulation in the large-scale NE Pacific Gyres. Part 1. seasonal variability. *Progress in Oceanography*, 53: 163-183.
- Stumpf, R. P. 2001. Applications of satellite ocean color sensors for monitoring and predicting harmful algal blooms. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 7(5): 1363-1368.
- Sunesen, I., y E. A. Sar. 2007a. Marine diatoms from Buenos Aires coastal waters (Argentina). III. Potentially harmful genus *Asterionellopsis*, *Cerataulina*, *Ceratoneis* y *Leptocylindrus*. *Revista Chilena de Historia Natural*, 80(4):493-507.
- Sunesen, I., y E.A. Sar. 2007b. Marine diatoms from Buenos Aires coastal waters (Argentina).IV. *Rhizosolenia s. str.*, *Neocalyptrella*, *Pseudosolenia*, *Proboscia*. *Phycologia* 46: 628–643.
- Sunesen, I., D.U. Hernández-Becerril y E.A. Sar, 2008. Marine diatoms from Buenos Aires coastal waters (Argentina).V. Species of the genus *Chaetoceros*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 43(2): 303-326.
- Sunesen, I., A. Bárcena, y E. A. Sar. 2009. Diatomeas potencialmente nocivas del Golfo San Matías (Argentina). *Revista de biología marina y oceanografía*, 44(1), 67-88.
- Tabachnick, B. G., y L. S. Fidell. 1989. Using multivariate statistics. *Journal of Psychophysiology*, 3: 46-48.

- TerBraak, C. J. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67(5): 1167-1179.
- Thronsen, J., y S. Kristiansen. 1991. *Micromonas pusilla* (Prasinophyceae) as part of pico-and nanoplankton communities of the Barents Sea. *Polar research*, 10(1): 201-208.
- Toledo, A., y L. Bozada. 2002. El delta del río Balsas. Medio ambiente, pesquerías y sociedad.
- Tomas, C. 1996. Identifying marine phytoplankton. Academic Press, San Diego, EE. UU. 598 p.
- Torres-Orozco, E. 1993. Análisis volumétrico de las masas de agua del Golfo de California. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Ensenada, Baja California. México. 80pp.
- Torres-Orozco, E., A. Trasviña, A. Muhlia-Melo y S. Ortega-García. 2005. Dinámica de mesoescala y capturas de atún aleta amarilla en el Pacífico mexicano Mesoscale dynamics and yellowfin tuna catches in the Mexican Pacific. *Ciencias Marinas*, 31(4): 671-683.
- Trainer, V. L., S. S. Bates, N. Lundholm, A. E. Thessen, W. P. Cochlan, N. G. Adams y C. G. Trick. 2012. *Pseudo-nitzschia* physiological ecology, phylogeny, toxicity, monitoring and impacts on ecosystem health. *Harmful Algae*, 14: 271-300.
- Trasviña A., D. Lluch-Cota, A. E. Filonov y A. Gallegos. 1999. Oceanografía y El Niño. Capítulo 3 de Los Impactos del Niño en México. Editado por V. Magaña (UNAM), 1999.
- Trasviña, A., y C. A. Andrade. 2002. La circulación costera del Pacífico Tropical Oriental, con énfasis en la Alberca Cálida Mexicana (ACM). Circulación oceánica y climatología tropical en México y Colombia, Corcas Editores, Bogotá, 9-37.
- Turrubiates-Morales, J. R. 1994. Registro de *Gymnodinium sanguineum* Hirasaka 1922, en la marea roja observada en Bahía Tortugas, B. C. S. durante abril-

- agosto de 1991. En: Siqueiros Beltrones, D. (Ed.). IX Simposium Internacional de Biología Marina. La Paz, B. C. S., México, pp. 81-85.
- Valenzuela-Espinoza, E., F. Lafarga-De la Cruz, R. Millán-Núñez y F. Núñez-Cebrero. 2005. Crecimiento, consumo de nutrientes y composición proximal de *Rhodomonas* sp. cultivada con medio f/2 y fertilizantes agrícolas. *Ciencias Marinas*, 31(1A): 79-89.
- Vaqué, D., y M. M. Sala. 2000. Ciliados marinos. *Investigación y ciencia*, 291: 36-37.
- Vilà-Baños, R., M. J. Rubio-Hurtado, V. Berlanga-Silvente y M. Torrado-Fonseca. 2014. Cómo aplicar un cluster jerárquico en SPSS. [En línea] REIRE, *Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 7(1): 113-127
- Ward Jr, J. H. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American statistical association*, 58(301): 236-244.
- Wirtky, K. 1965. Surface currents of the Eastern Tropical Pacific Ocean. *Inter-American Tropical Tuna Commission, Bulletin IX, No.5*, 63-97.
- Worden, A. Z., y F. Not. 2008. Ecology and diversity of picoeukaryotes. *Microbial Ecology of the Oceans, Second Edition*, 159-205.
- Zamudio, L., H. E. Hurlburt, E. J. Metzger y C. E. Tilburg. 2007. Tropical wave-induced oceanic eddies at Cabo Corrientes and the María Islands, Mexico. *Journal of Geophysical Research: Oceans (1978–2012)*, 112(C5).

ANEXOS

Anexo 1 Tabla 1. Listado de especies por estación en que fue registrada para las tres zonas del Pacífico tropical mexicano y código de especies usado en el análisis de correspondencia canónica

Código	CILIADOS	E10	E11	E12	E13	MR1	MR1A	MR1B	MR2	E40	E41 MR3	MR3A	MR3B	MR3C
Hel sub	<i>Helicostomella subulata</i>			x	x			x						
Hel fus	<i>Helicostomella fusiformis</i>					x	x					x		
Lab str	<i>Laboea strobila</i>			x	x	x	x	x						x
Loh ovi	<i>Lohmanniella oviformis</i>		x	x	x	x	x	x		x	x			
Mes rub	<i>Mesodinium rubrum</i>			x	x	x	x	x						
Rha spi	<i>Rhabdonella spiralis</i>	x										x		x
Str nep	<i>Strobilidium neptuni</i>	x									x			x
Str sph	<i>Strobilidium sphaericum</i>							x						
Str spi	<i>Strobilidium spiralis</i>	x			x	x		x			x	x		x
Str sp.	<i>Strobilidium sp.</i>	x	x							x	x	x	x	x
Str con	<i>Strombidium conicum</i>	x		x	x	x	x	x			x			
Str eme	<i>Strombidium emergens</i>										x			
Stro sp.	<i>Strombidium sp.</i>	x	x							x	x	x	x	
Tia fus	<i>Tiarina fusus</i>	x	x	x								x	x	
	Dinoflagelados	E10	E11	E12	E13	MR1	MR1A	MR1B	MR2	E40	E41 MR3	MR3A	MR3B	MR3C
Aka san	<i>Akashiwo sanguinea</i>					x	x		x					
Ale min	<i>Alexandrium minutum</i> aff											x		
Ale tam	<i>Alexandrium tamarense</i> aff											x		
Ale spp	<i>Alexandrium spp.</i>			x	x	x	x	x				x		
Amp fla	<i>Amphidinium flagellans</i> aff.									x				
Amp sp.	<i>Amphidinium sp.</i>										x			
Cer bal	<i>Ceratium balechii</i>										x	x	x	x
Cer bre	<i>Ceratium breve</i>					x				x				
Cer can	<i>Ceratium candelabrum</i>					x	x					x		
Cer fur	<i>Ceratium furca</i>			x		x	x	x	x		x	x	x	x
Cer fus	<i>Ceratium fusus</i>	x									x			
Cer lin	<i>Ceratium lineatum</i>			x			x	x			x	x	x	x

Oxy sce	<i>Oxytoxum sceptum</i>	aff								x					
Oxy spp.	<i>Oxytoxum spp</i>			x	x	x	x	x							
Pol sch	<i>Polykrikos schwartzii</i>	aff										x		x	
Pro spi	<i>Pronoctiluca spinifera</i>		x	x								x			x
Pro bal	<i>Prorocentrum balticum</i>	aff													x
Pro sig	<i>Prorocentrum sigmoides</i>	aff													x
Pro tri	<i>Prorocentrum triestinum</i>	aff										x			x
Pro com	<i>Prorocentrum compressum</i>											x			
Pro den	<i>Prorocentrum dentatum</i>		x							x		x	x	x	x
Pro gra	<i>Prorocentrum gracile</i>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pro mic	<i>Prorocentrum micans</i>														x
Pro min	<i>Prorocentrum minimum</i>		x	x								x	x	x	x
Pro ros	<i>Prorocentrum rostratum</i>														x
Pro pel	<i>Protopteridinium pellucidum</i>	aff										x			
Pro qua	<i>Protopteridinium quarnerense</i>	aff.	x												
Pro bip	<i>Protopteridinium bipes</i>											x			
Pro bre	<i>Protopteridinium brevipes</i>			x											x
Pro ste	<i>Protopteridinium steinii</i>	cf		x								x	x	x	x
Pro cla	<i>Protopteridinium claudicans</i>		x												x
Pro con	<i>Protopteridinium conicum</i>				x	x	x	x	x						
Pro dep	<i>Protopteridinium depressum</i>				x	x	x	x	x	x		x		x	x
Pro div	<i>Protopteridinium divergens</i>														x
Pro oce	<i>Protopteridinium oceanicum</i>														x
Pro sp.	<i>Protopteridinium sp.</i>														x
Pro ven	<i>Protopteridinium venustum</i>				x										x
Pyr hor	<i>Pyrophacus horologium</i>	aff										x			x
Pyr ste	<i>Pyrophacus steinii</i>	aff.	x									x			
Scr tro	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	aff	x											x	x
Scr sp	<i>Scrippsiella sp</i>				x	x								x	

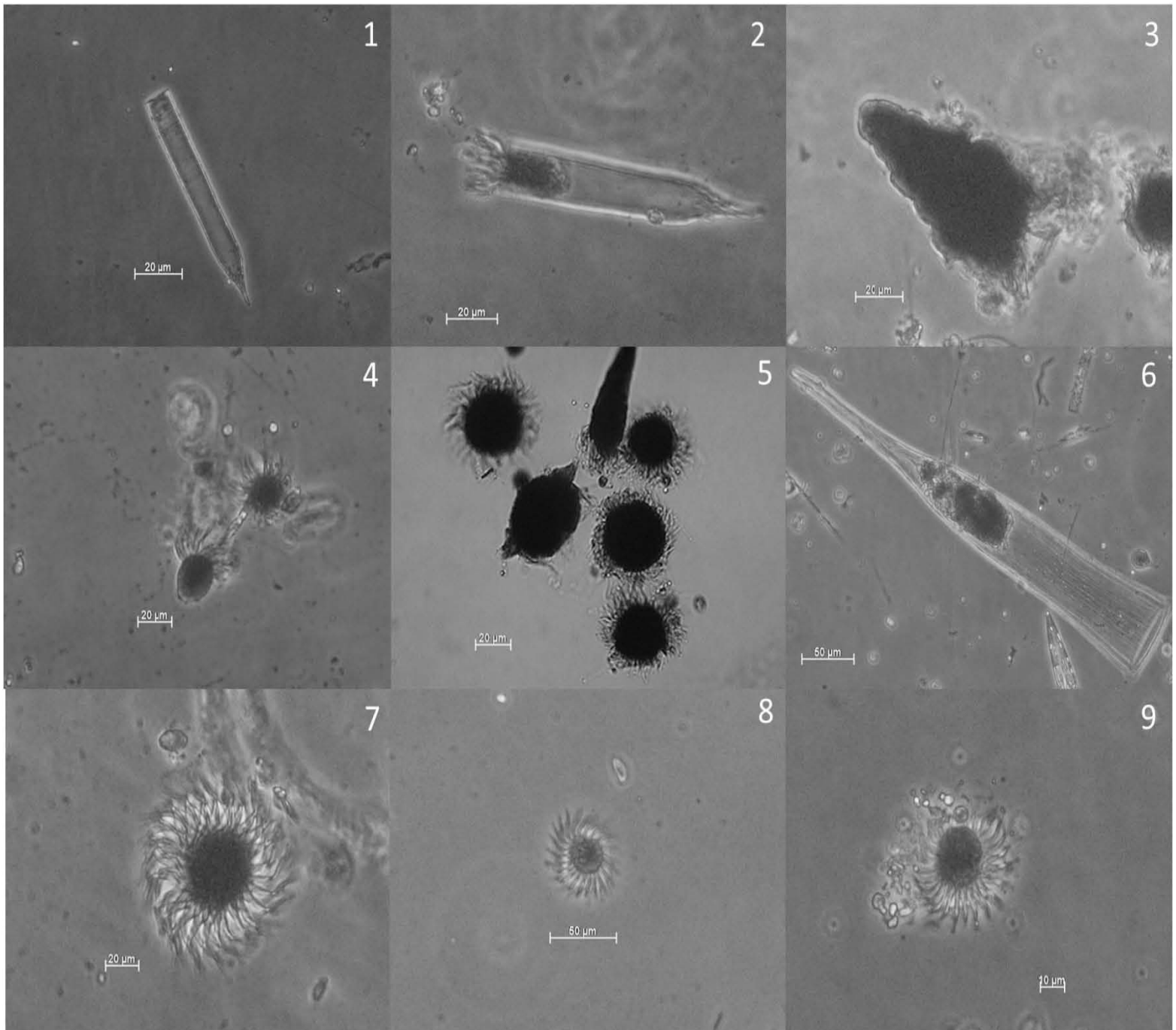
Tor rob	<i>Torodinium robustum</i>	aff	x								x	x				
	DIATOMEAS		E10	E11	E12	E13	MR1	MR1A	MR1B	MR2	E40	E41	MR3	MR3A	MR3B	MR3C
Amp lin	<i>Amphora lineolata</i>			x							x	x		x	x	x
Bac elo	<i>Bacteriastrium elongatum</i>									x						
Bac hya	<i>Bacteriastrium hyalinum</i>		x		x					x	x		x	x	x	x
Cer pel	<i>Cerataulina pelagica</i>		x	x	x	x	x	x					x	x		
Cha bor	<i>Chaetoceros borealis</i>	aff														x
Cha cur	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	aff.	x	x	x		x			x			x	x	x	x
Cha den	<i>Chaetoceros densus</i>	aff.	x	x	x		x									
Cha lor	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	aff.	x	x		x	x	x	x				x	x	x	x
Cha per	<i>Chaetoceros peruvianus</i>	aff.											x			x
Cha rad	<i>Chaetoceros radicans</i>	aff.		x									x			x
Cha sim	<i>Chaetoceros similis</i>	aff.						x								
Cha aff	<i>Chaetoceros affinis</i>				x		x	x	x	x			x			
Cha bre	<i>Chaetoceros brevis</i>									x						
Cha com	<i>Chaetoceros compressus</i>			x	x	x	x	x	x							
Cha con	<i>Chaetoceros contortus</i>				x											
Cha cos	<i>Chaetoceros costatus</i>									x						
Cha dan	<i>Chaetoceros danicus</i>		x	x	x	x	x	x	x				x	x	x	x
Cha deb	<i>Chaetoceros debilis</i>				x	x	x	x	x							
Cha dec	<i>Chaetoceros decipiens</i>		x		x	x	x	x	x	x			x	x		x
Cha dia	<i>Chaetoceros diadema</i>								x	x						
Cha did	<i>Chaetoceros didymus</i>				x	x	x			x						
Cha eib	<i>Chaetoceros eibonii</i>									x						
Cha lac	<i>Chaetoceros lacinosus</i>									x						
Cha lau	<i>Chaetoceros lauderi</i>				x											
Cha pen	<i>Chaetoceros pendulus</i>		x	x							x					
Cha soc	<i>Chaetoceros socialis</i>			x	x		x	x					x			
Cha sp.	<i>Chaetoceros sp.</i>			x	x	x	x	x	x				x		x	
Cli mon	<i>Climacosphenia moniligera</i>									x						
Cor hys	<i>Corethron hystrix</i>									x						
Cos gra	<i>Coscinodiscus granii</i>							x					x			

Cos spp.	<i>Coscinodiscus spp.</i>		x		x		x		x	x	x	x	x
Cos wai	<i>Coscinodiscus wailessi</i>								x	x			
Cos rot	<i>Coscinodiscus rothii</i>								x				
Cyl clo	<i>Cylindrotheca closterium</i>	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x
Dac fra	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>		x	x		x	x		x	x	x	x	x
Dac phu	<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
Det con	<i>Detonula confervacea</i> aff.										x		
Det pum	<i>Detonula pumila</i>	x	x			x			x	x		x	
Dit bri	<i>Ditylum brightwellii</i>	x	x	x	x	x	x	x		x			x
Euc cor	<i>Eucampia cornuta</i>								x				
Euc zod	<i>Eucampia zodiacus</i>	x				x				x	x		
Gra mar	<i>Grammatophora marina</i>			x									
Gra oce	<i>Grammatophora oceanica</i>			x									
Gui del	<i>Guinardia delicatula</i>								x		x		
Gui fla	<i>Guinardia flaccida</i>		x	x		x	x	x		x	x	x	x
Gui sp.	<i>Guinardia sp.</i>				x		x	x			x		
Gui sp2	<i>Guinardia sp2.</i>										x		
Gui str	<i>Guinardia striata</i>			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Gyr sp.	<i>Gyrosigma sp.</i>	x	x										
Has cru	<i>Haslea crucigera</i>	x	x										
Has sp.	<i>Haslea sp.</i>	x	x						x	x	x	x	x
Has waw	<i>Haslea wawrikan</i>	x	x							x			
Hel tam	<i>Helicotheca tamesis</i>									x	x		
Hem hau	<i>Hemiaulus hauckii</i>	x	x	x		x	x	x		x			
Hem sin	<i>Hemiaulus sinensis</i>	x							x				
Hem cun	<i>Hemidiscus cuneiformis</i>					x				x			
Lau ann	<i>Lauderia annulata</i>											x	
Lau sp.	<i>Lauderia sp</i>			x									
Lep dan	<i>Leptocylindrus danicus</i>	x	x						x	x	x	x	x
Lep min	<i>Leptocylindrus minimus</i>		x	x	x	x	x	x		x			x
Lio elo	<i>Lioloma elongatum</i>								x				
Lit und	<i>Lithodesmium undulatum</i>					x							
Mas sp.	<i>Mastogloia sp.</i>			x									
Mel sp.	<i>Melosira sp.</i>								x				
Nav agn	<i>Navicula agnita</i>								x				
Nav avu	<i>Navicula avundata</i>								x				

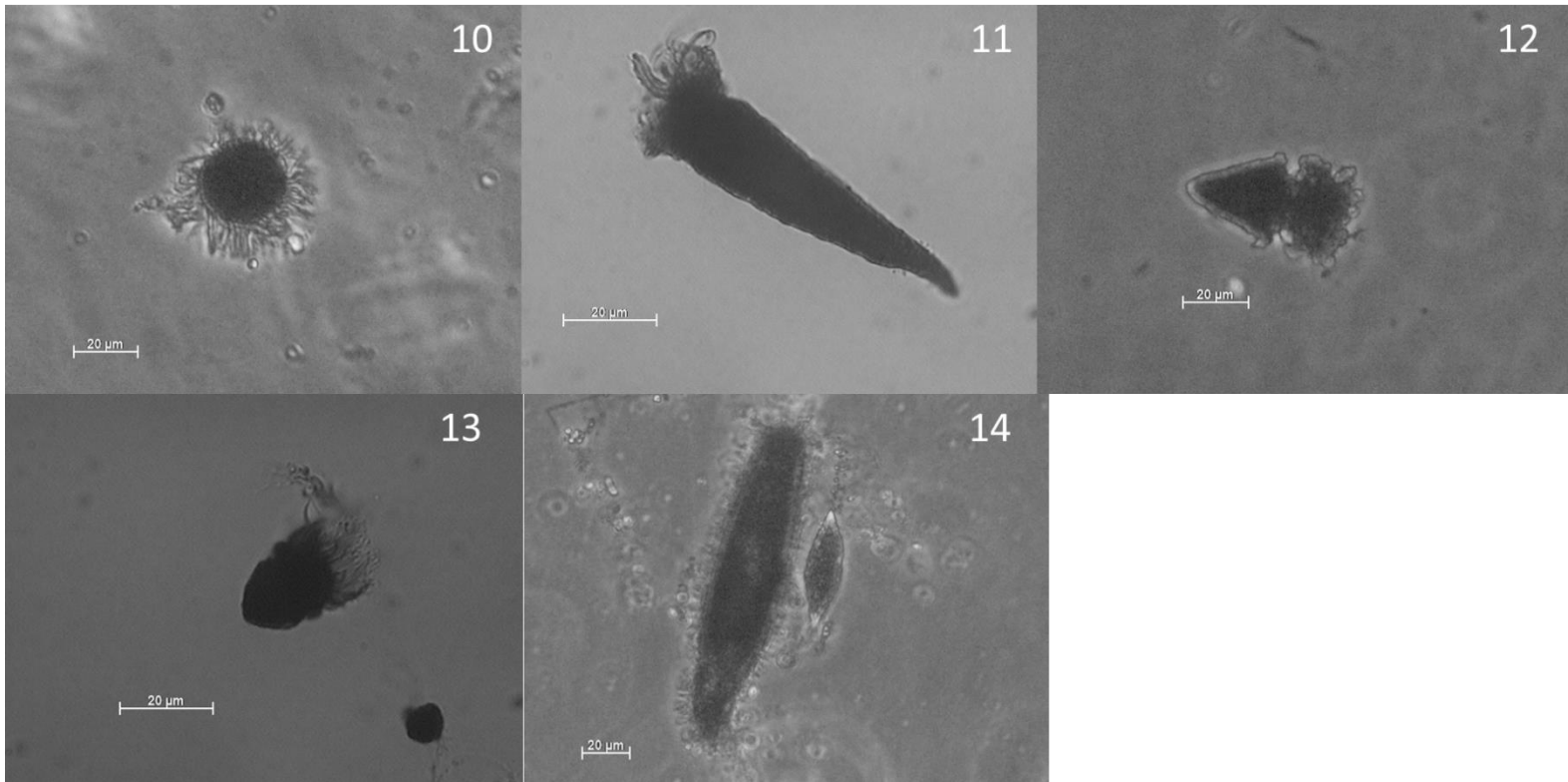
Nav pel	<i>Navicula aff pelagica</i>										X				
Nav dir	<i>Navicula directa</i>										X				
Nav sp.	<i>Navicula sp.</i>					X	X		X		X			X	
Neo rob	<i>Neocalyptrella robusta</i>			X											
Nit lon	<i>Nitzschia longa</i>										X				
Nit lon	<i>Nitzschia longissima</i>										X				
Nit si	<i>Nitzschia sigmoidea</i>										X				
Pla sol	<i>Planktoniella sol</i>					X					X	X			
Ple elo	<i>Pleurosigma elongatum</i>										X				
Ple fac	<i>Pleurosigma faciola</i>										X				
Ple for	<i>Pleurosigma formosum</i>										X				
Ple sp.	<i>Pleurosigma sp.</i>														
Pro ala	<i>Proboscia alata</i>				X					X	X	X		X	
Pro ind	<i>Proboscia indica</i>	X	X										X	X	
Pse del	<i>Pseudonitzschia aff. delicatissima</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Pse pun	<i>Pseudonitzschia aff. pungens</i>	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	
Pse sub	<i>Pseudonitzschia aff. subpacifica</i>	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	
Pse mul	<i>Pseudonitzschia multistriata</i>		X		X	X	X	X			X				
Pse ser	<i>Pseudonitzschia seriata</i>										X				
Pse sp.	<i>Pseudonitzschia sp.</i>	X									X				
Pse cal	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	X	X											X	
Rhi imb	<i>Rhizosolenia imbricata</i>	X	X	X						X	X	X	X	X	
Ske cos	<i>Skeletonema costatum</i>										X				
Ske sp.	<i>Skeletonema sp.</i>				X	X	X	X							
Ste tur	<i>Stephanopyxis turris</i>													X	
Tha bac	<i>Thalassionema bacillare</i>					X		X							
Tha nit	<i>Thalassionema nitzschioides</i>			X	X	X	X	X						X	
Tha spp.	<i>Thalassiosira spp.</i>	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	
Tha rot	<i>Thalassiosira cf rotula</i>	X													
Tro ant	<i>Tropidoneis antartica</i>	X	X	X							X		X	X	
	SILICOFLAGELADOS	E10	E11	E12	E13	MR1	MR1A	MR1B	MR2	E40	E41	MR3	MR3A	MR3B	MR3C
Dic fib	<i>Dictyocha fibula</i>	X					X					X			
Dic oct	<i>Dictyocha octonaria</i>	X				X			X			X			

CRIFTOFITAS		E10	E11	E12	E13	MR1	MR1A	MR1B	MR2	E40	E41	MR3	MR3A	MR3B	MR3C
Tel sp.	<i>Teleaulax sp.</i>	x		x	x	x	x	x		x	x		x	x	x
RAFIDOFITAS		E10	E11	E12	E13	MR1	MR1A	MR1B	MR2	E40	E41	MR3	MR3A	MR3B	MR3C
Chae sp.	<i>Chaettonella sp.</i>			x		x			x						
PRASINOFITAS		E10	E11	E12	E13	MR1	MR1A	MR1B	MR2	E40	E41	MR3	MR3A	MR3B	MR3C
Pra sp.	<i>Prasinoderma sp.</i>									x	x		x	x	x

Anexo 2. Especies de ciliados registrados en las tres zonas del Pacífico tropical mexicano

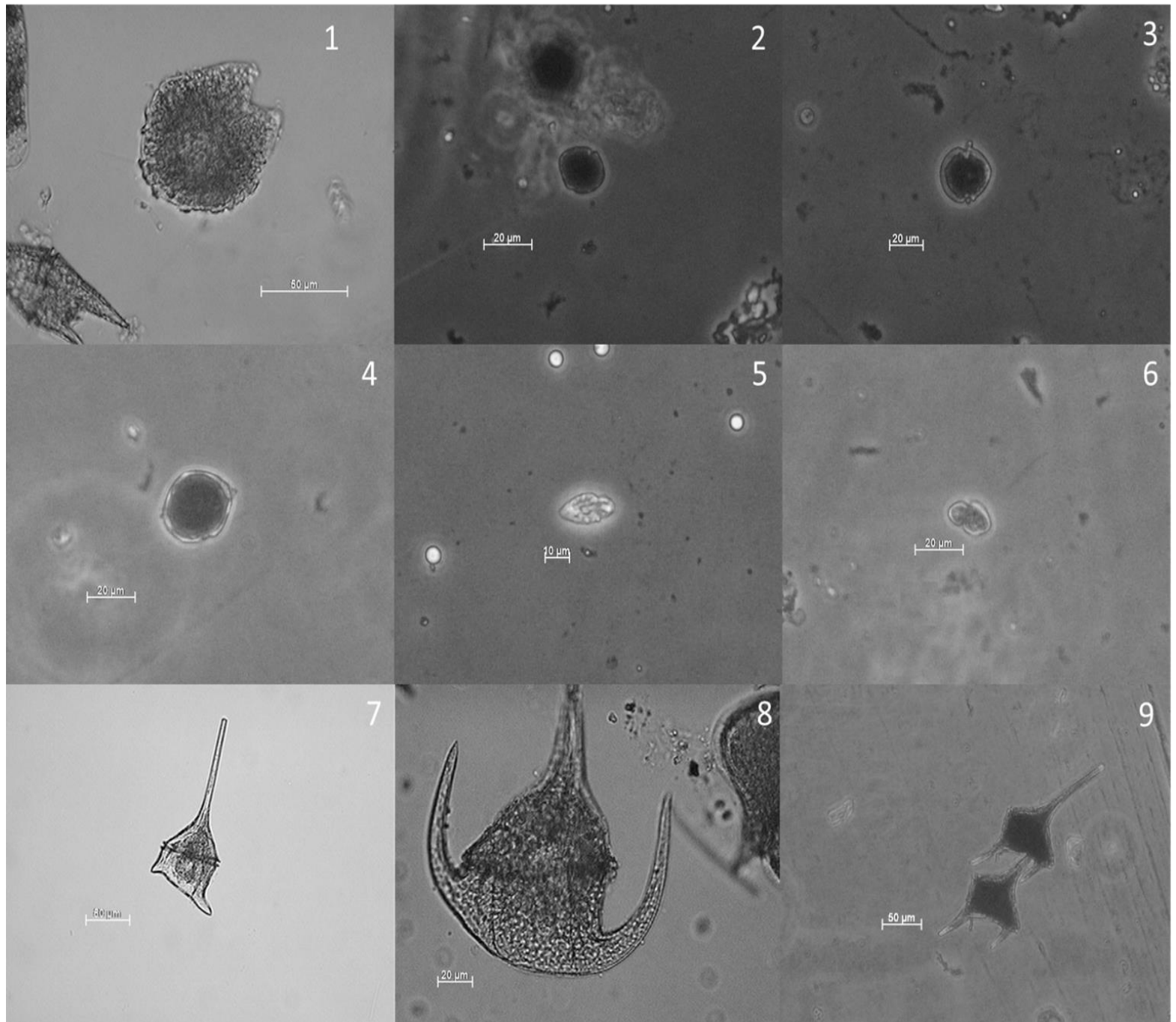


1) *Helicostomella subulata*, 2) *Helicostomella fusiformis*, 3) *Laboea strobila*, 4) *Lohmanniella oviformis*, 5) *Myrionecta rubra*, 6) *Rhabdonella spiralis*, 7) *Strobilidium neptuni*, 8) *Strobilidium sphaericum*, 9) *Strobilidium spiralis*.

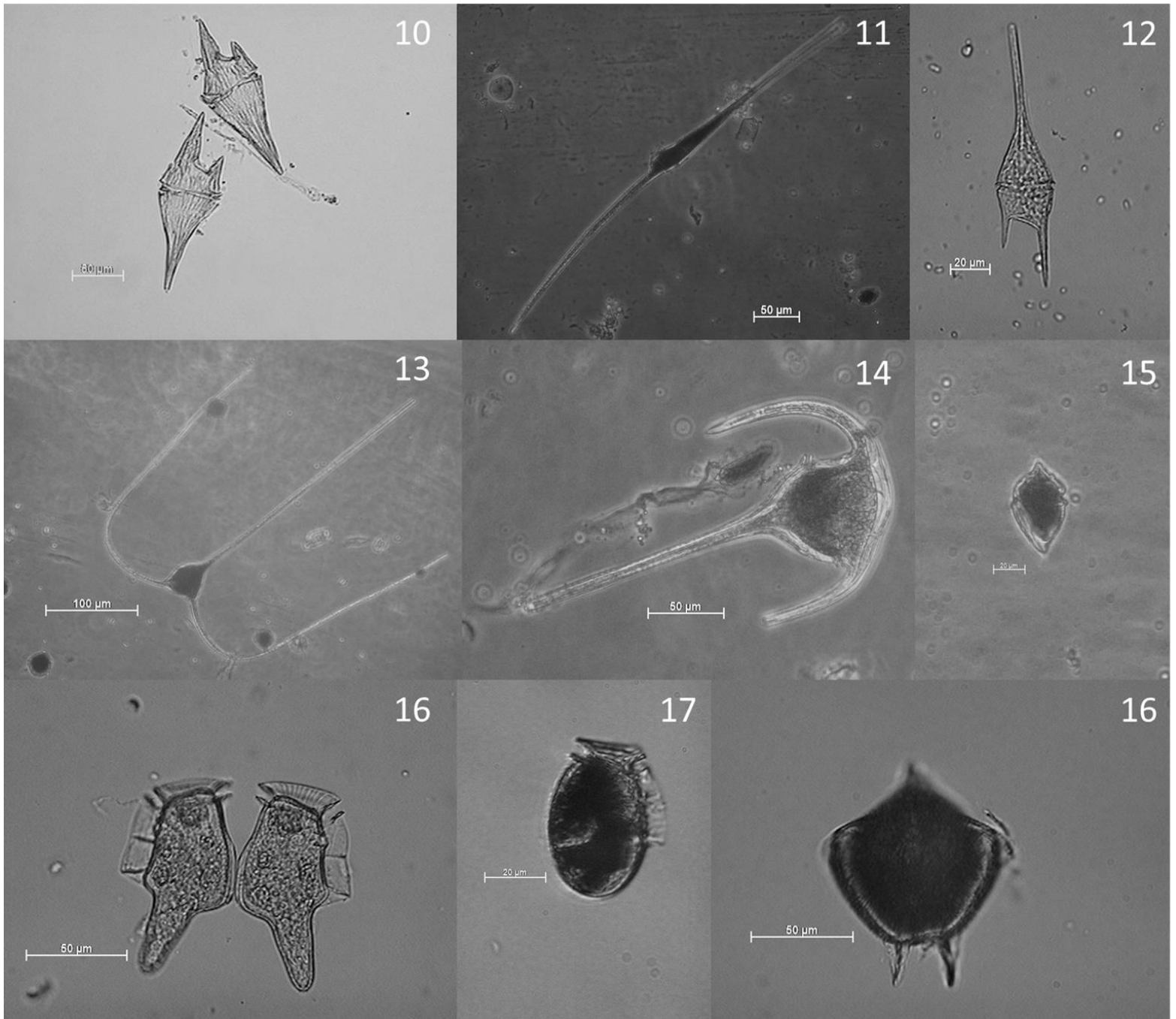


10) *Strobilidium* sp., 11) *Strombidium conicum*, 12) *Strombidium emergens*, 13) *Strombidium* sp., 14) *Tiarina fusus*.

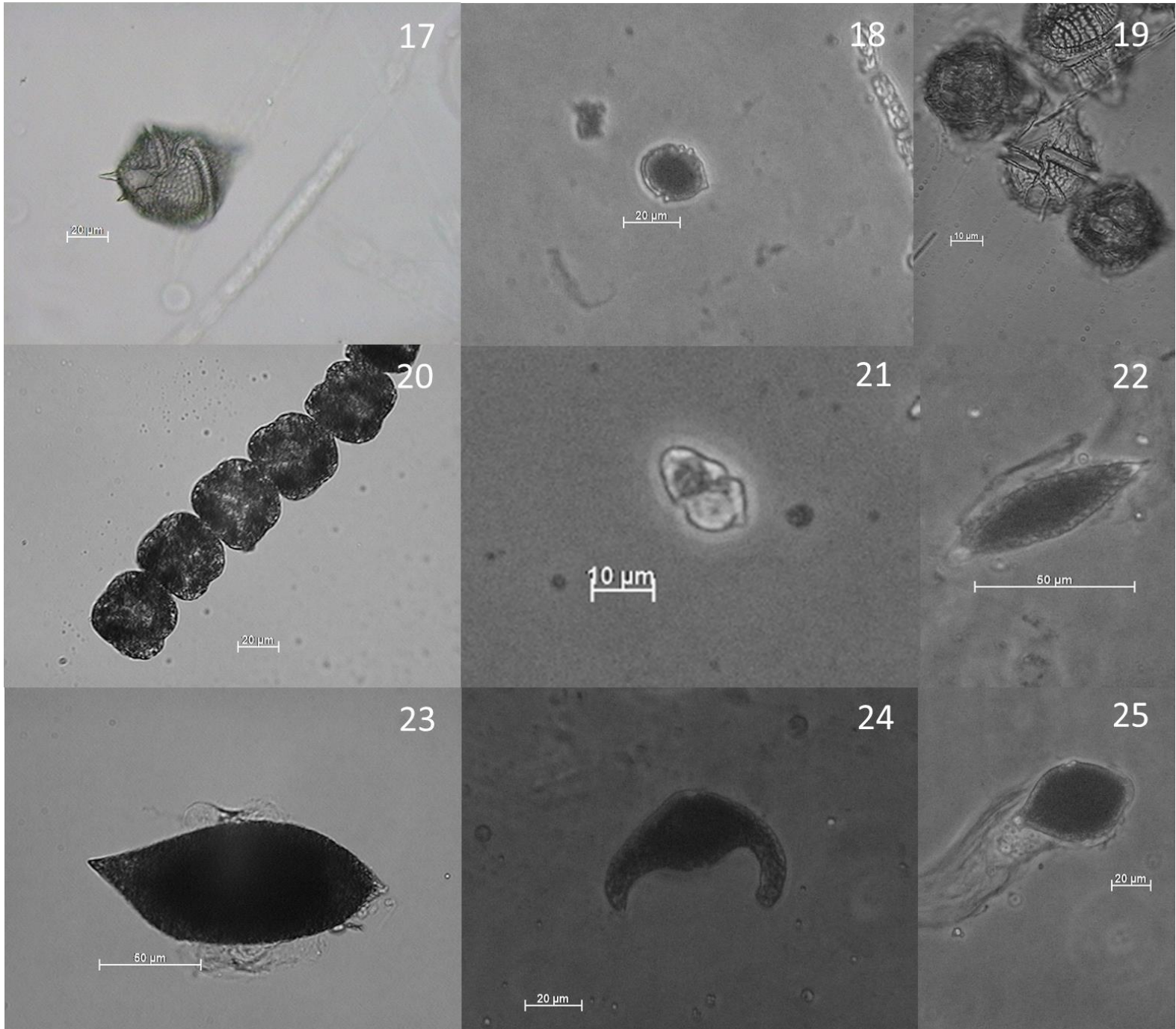
Anexo 3. Especies de dinoflagelados registrados en las tres zonas del Pacífico tropical mexicano.



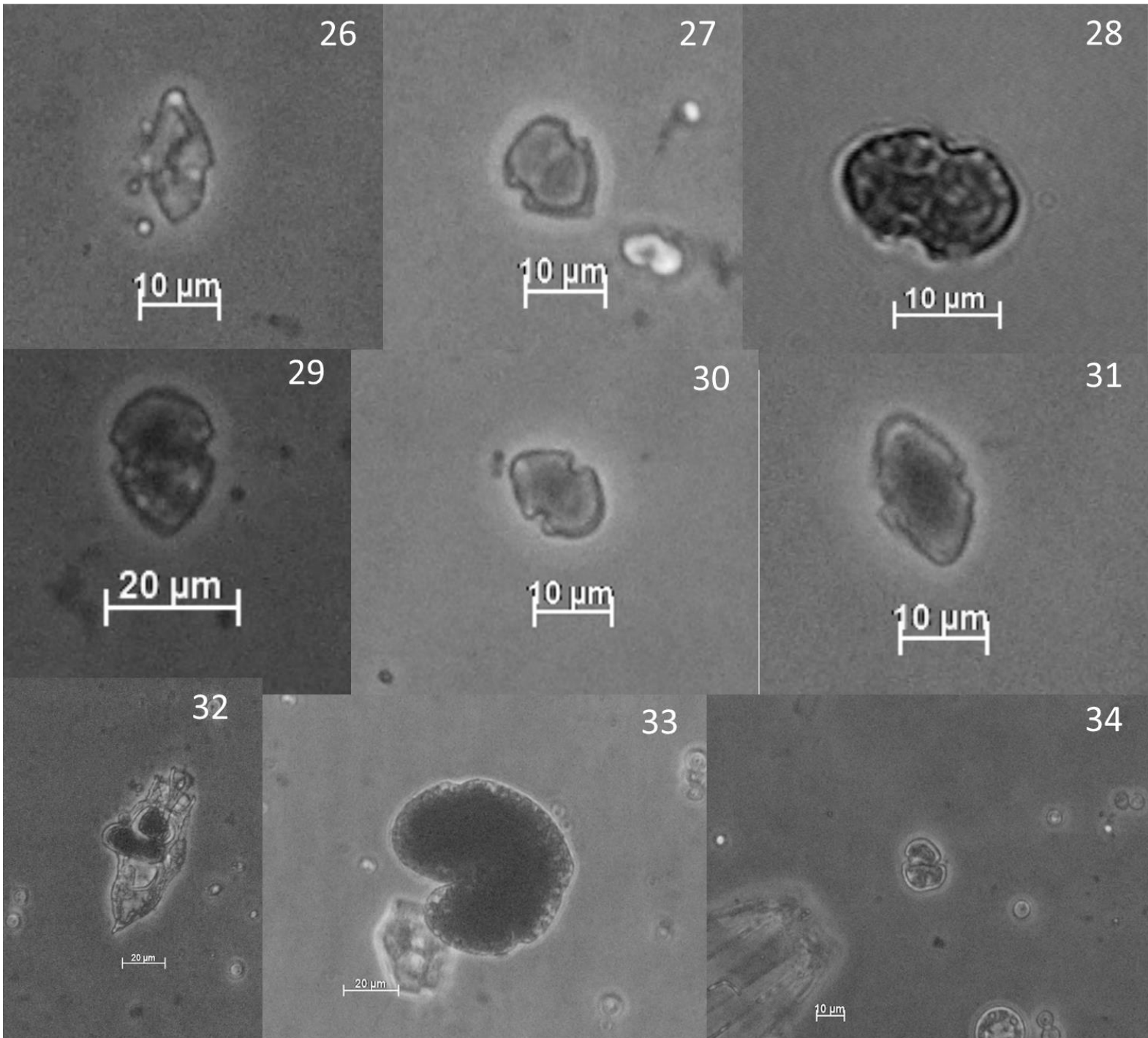
1) *Akashiwo sanguinea*, 2) *Alexandrium* aff. *minutum*, 3) *Alexandrium* aff. *tamarensis*, 4) *Alexandrium* spp., 5) *Amphidinium* aff. *flagellans*, 6) *Amphidinium* sp., 7) *Ceratium balechii*, 8) *Ceratium breve*, 9) *Ceratium candelabrum*.



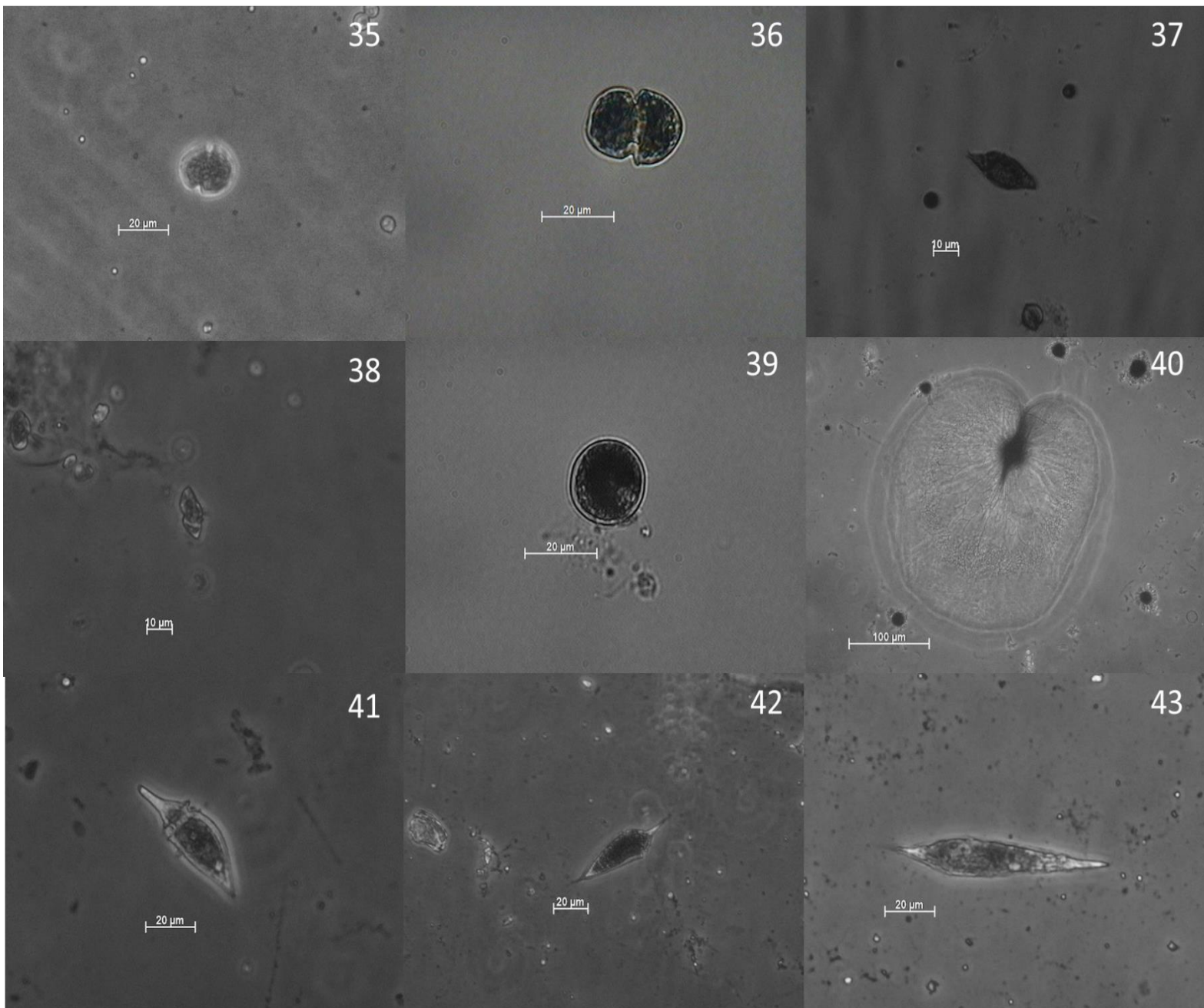
10) *Ceratium furca*, 11) *Ceratium fusus*, 12) *Ceratium lineatum*, 13) *Ceratium trichoceros*, 14) *Ceratium tripos*, 15) *Corythodinium tessellatum*, 16) *Dinophysis caudata*, 17) *Dinophysis* cf. *acuminata*, 18) *Gonyaulax* aff. *digitale*.



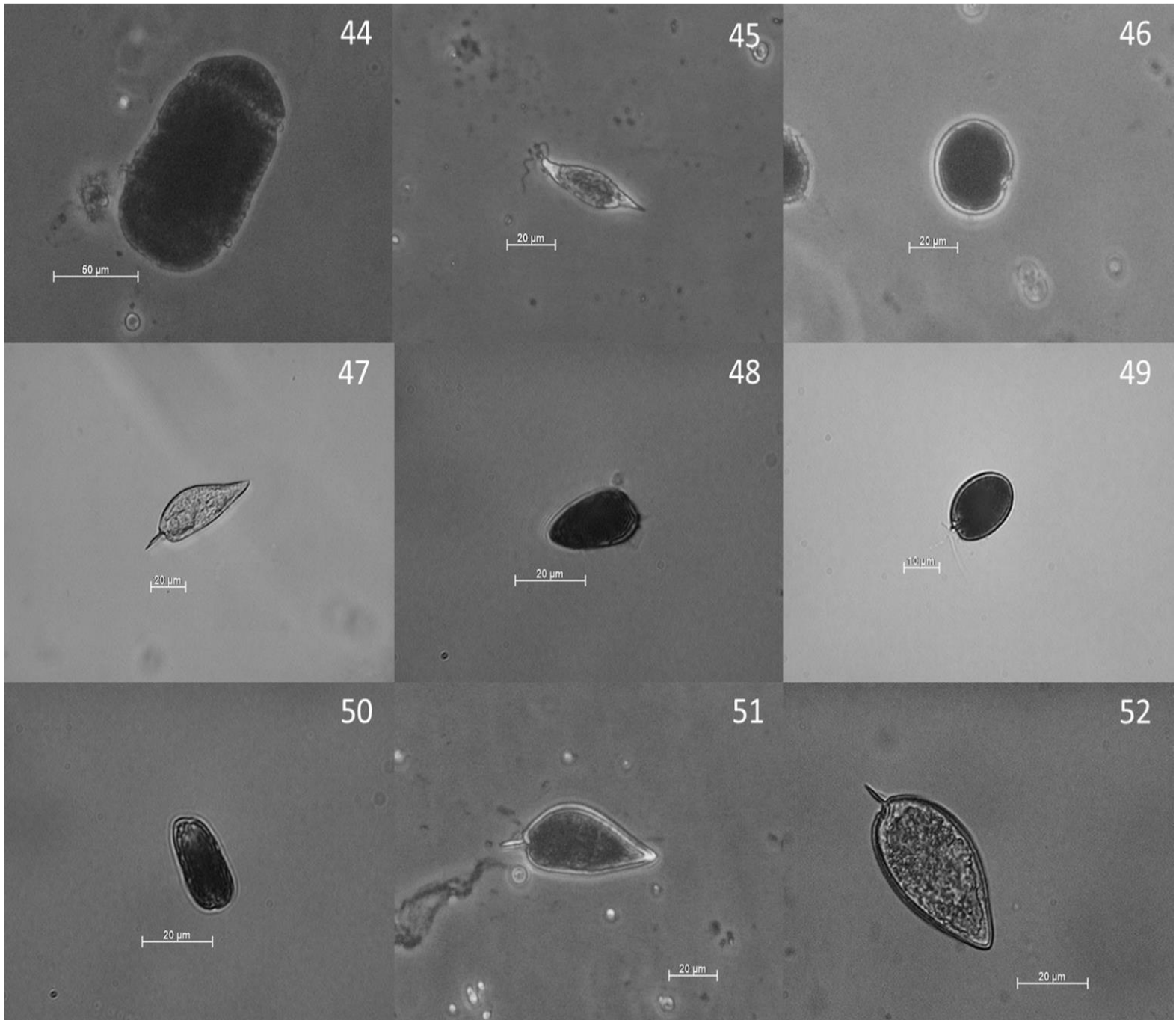
17) *Gonyaulax* aff. *polygramma*, 18) *Gonyaulax* aff. *turbynei*, 19) *Gonyaulax* sp.,
 20) *Gymnodinium catenatum*, 21) *Gymnodinium* sp., 22) *Gyrodinium* cf. *fusiforme*,
 23) *Gyrodinium* cf. *spirale*, 24) *Gyrodinium falcatum*, 25) *Gyrodinium* sp.



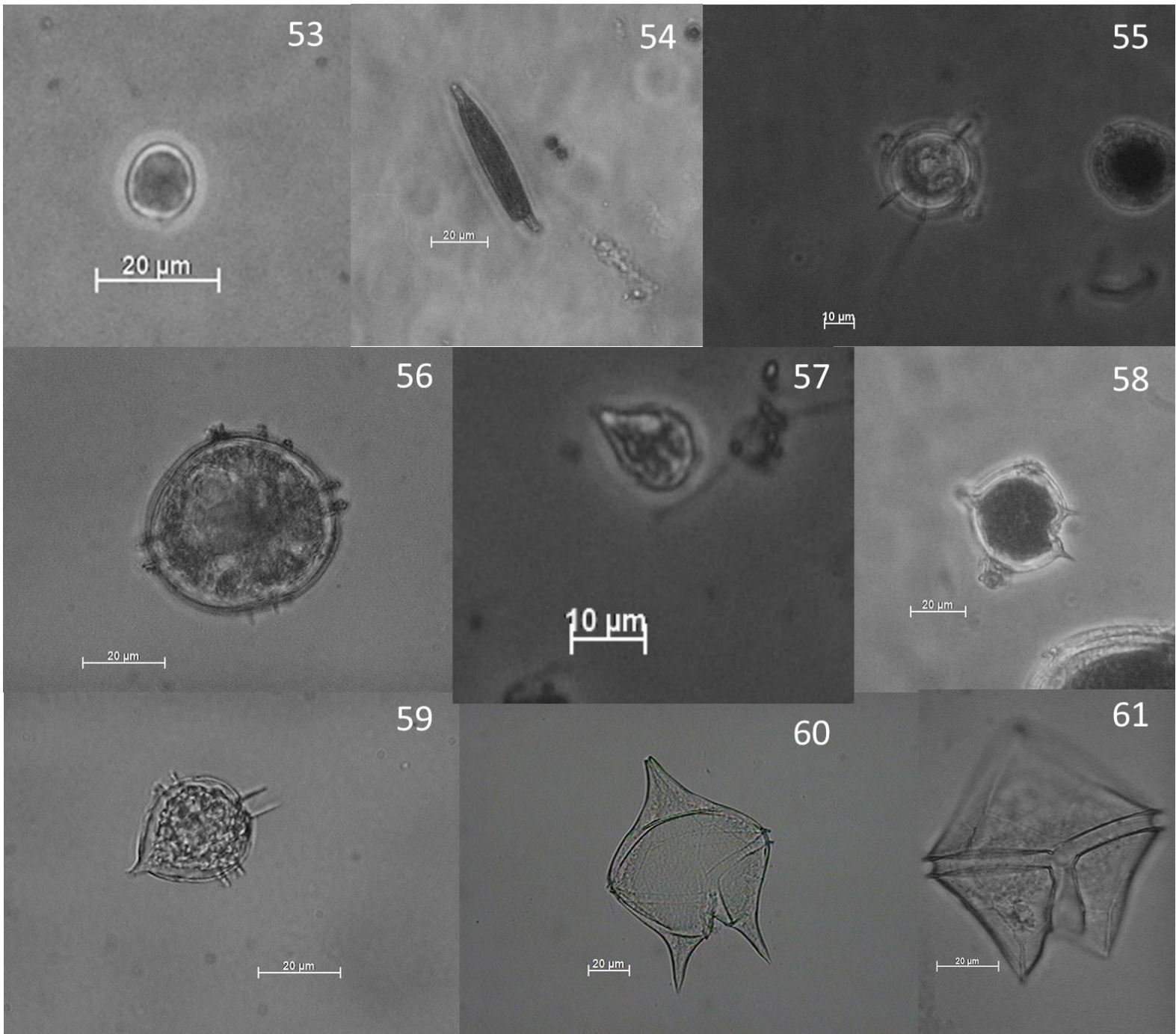
26) *Heterocapsa* aff. *lanceolata*, 27) *Heterocapsa* aff. *minima*, 28) *Heterocapsa* aff. *pygmaea*, 29) *Heterocapsa* aff. *rotundata*, 30) *Heterocapsa* sp., 31) *Heterocapsa* aff. *triquetra*, 32) *Histioneis* aff. *cymbalaria*, 33) *Karenia* aff. *brevis*, 34) *Karenia* aff. *mikimotoi*.



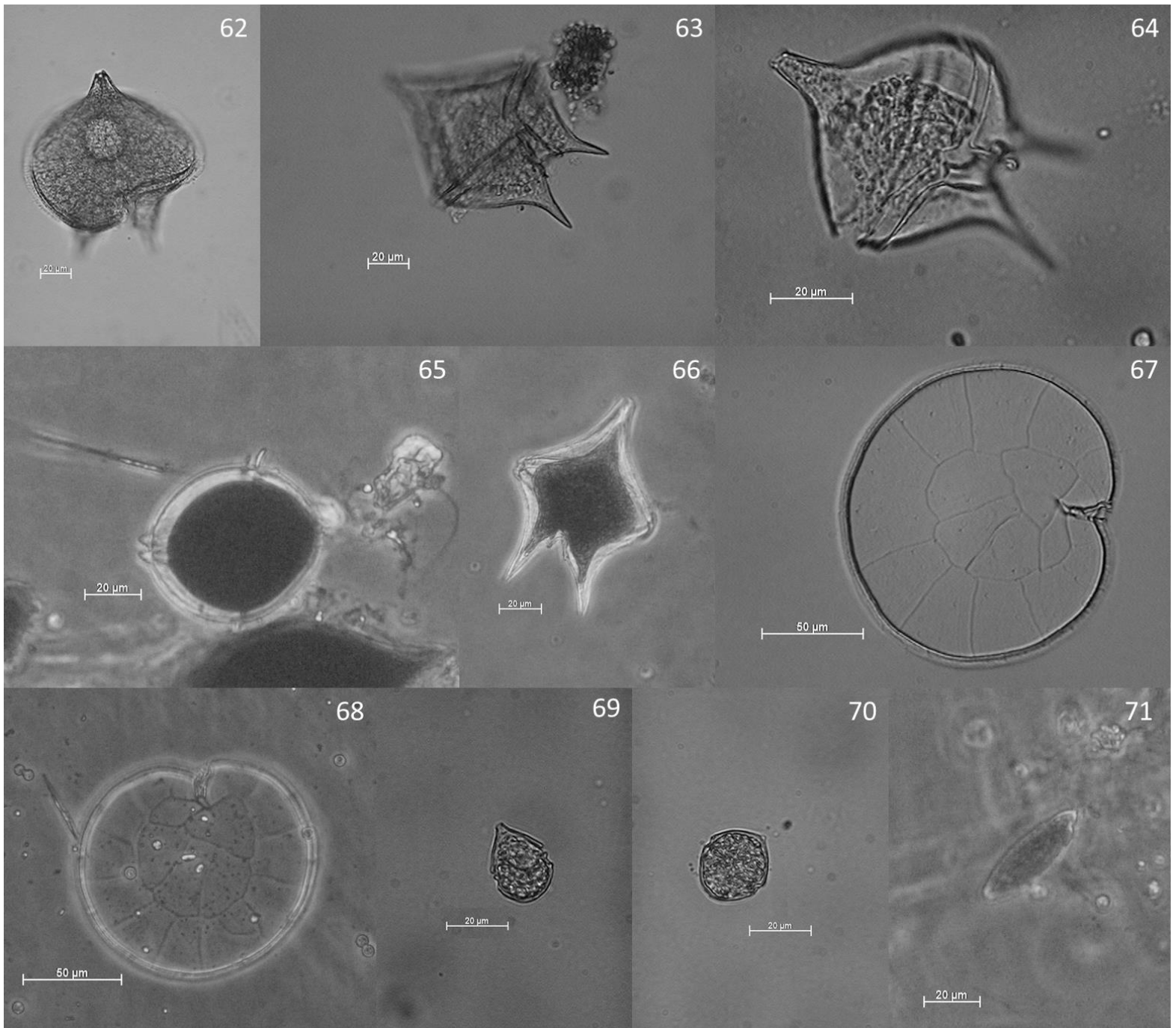
35) *Karenia* aff. *selliformis*, 36) *Karlodinium* aff. *veneficum*, 37) *Katodinium* aff. *glaucum*, 38) *Katodinium* sp., 39) *Mesoporos* aff. *perforatus*, 40) *Noctiluca scintillans*, 41) *Oxyphysis oxytoxoides*, 42) *Oxytoxum* aff. *sceptrum*, 43) *Oxytoxum* sp.



44) *Polykrikos* aff. *schwartzii*, 45) *Pronoctiluca spinifera*, 46) *Prorocentrum* aff. *balticum*, 47) *Prorocentrum* aff. *sigmoides*, 48) *Prorocentrum* aff. *triestinum*, 49) *Prorocentrum compressum*, 50) *Prorocentrum dentatum*, 51) *Prorocentrum gracile*, 52) *Prorocentrum micans*.

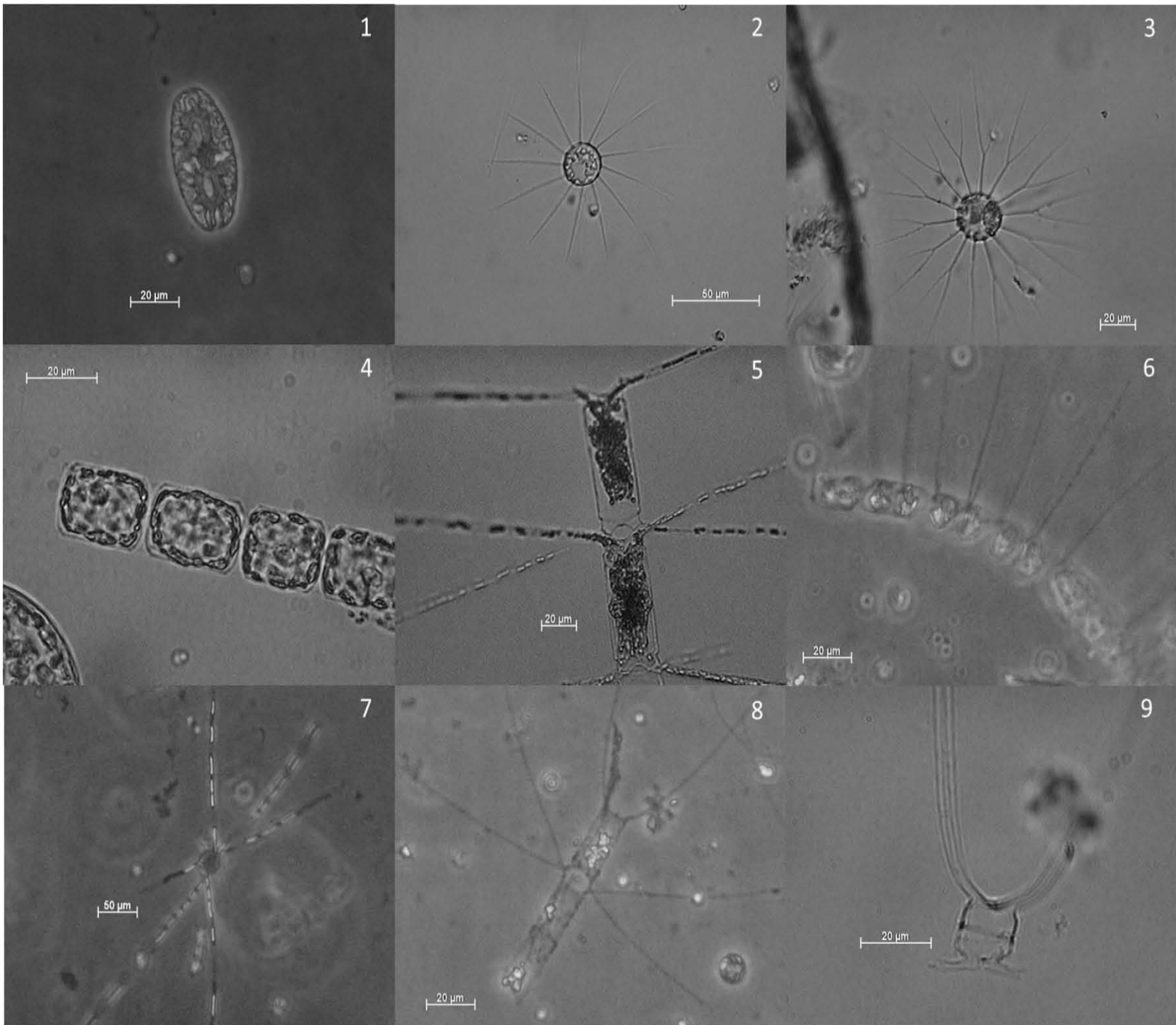


53) *Prorocentrum minimum*, 54) *Prorocentrum rostratum*, 55) *Protoperidinium* aff. *pellucidum*, 56) *Protoperidinium* aff. *quarnerense*, 57) *Protoperidinium bipes*, 58) *Protoperidinium brevipes*, 59) *Protoperidinium* cf. *steinii*, 60) *Protoperidinium claudicans*, 61) *Protoperidinium conicum*.

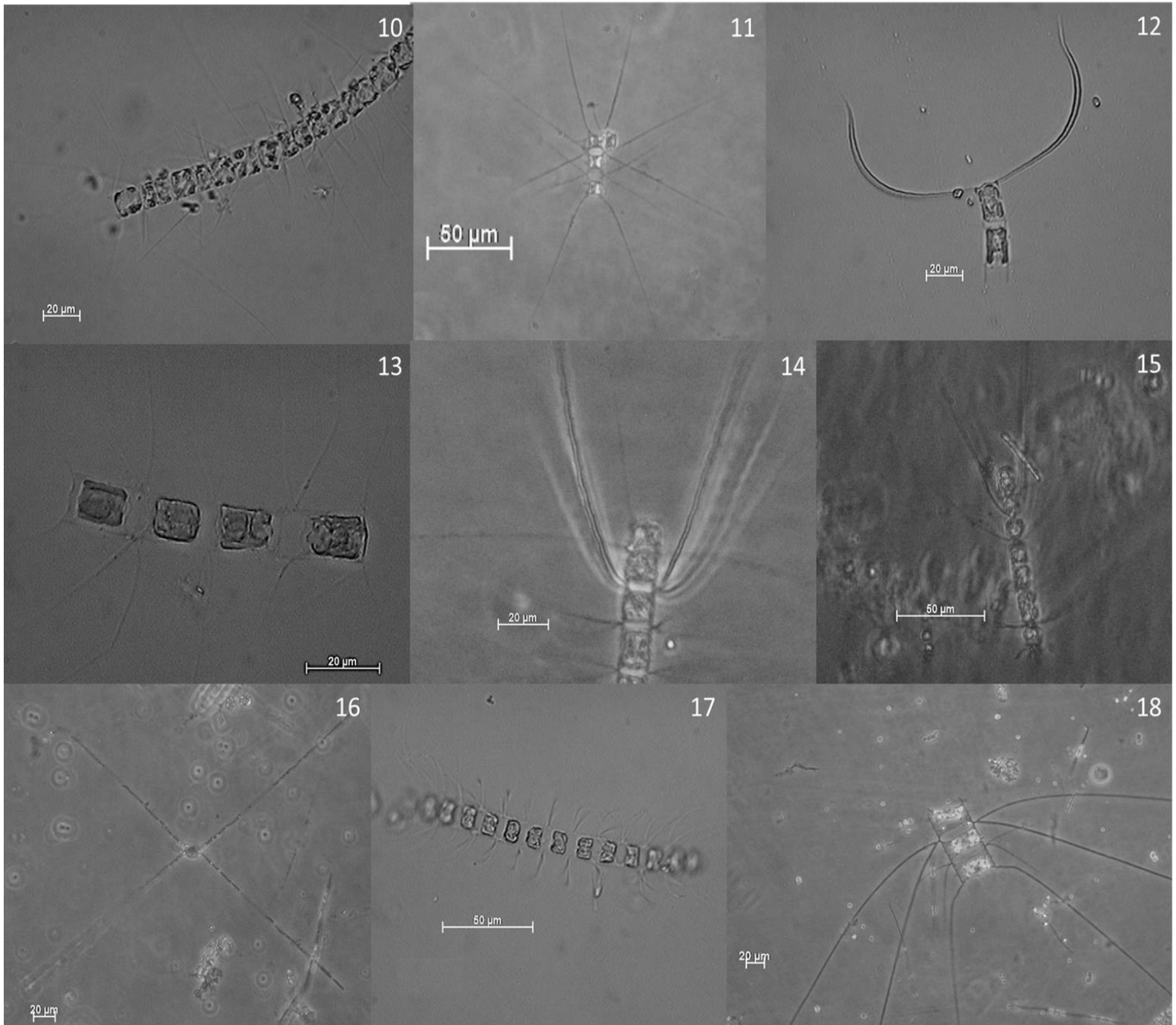


62) *Protoperidinium depressum*, 63) *Protoperidinium divergens*, 64) *Protoperidinium oceanicum*, 65) *Protoperidinium* sp., 66) *Protoperidinium venustum*, 67) *Pyrophacus* aff. *horologium*, 68) *Pyrophacus* aff. *steinii*, 69) *Scrippsiella* aff. *trochoidea*, 70) *Scrippsiella* sp., 71) *Torodinium* aff. *robustum*.

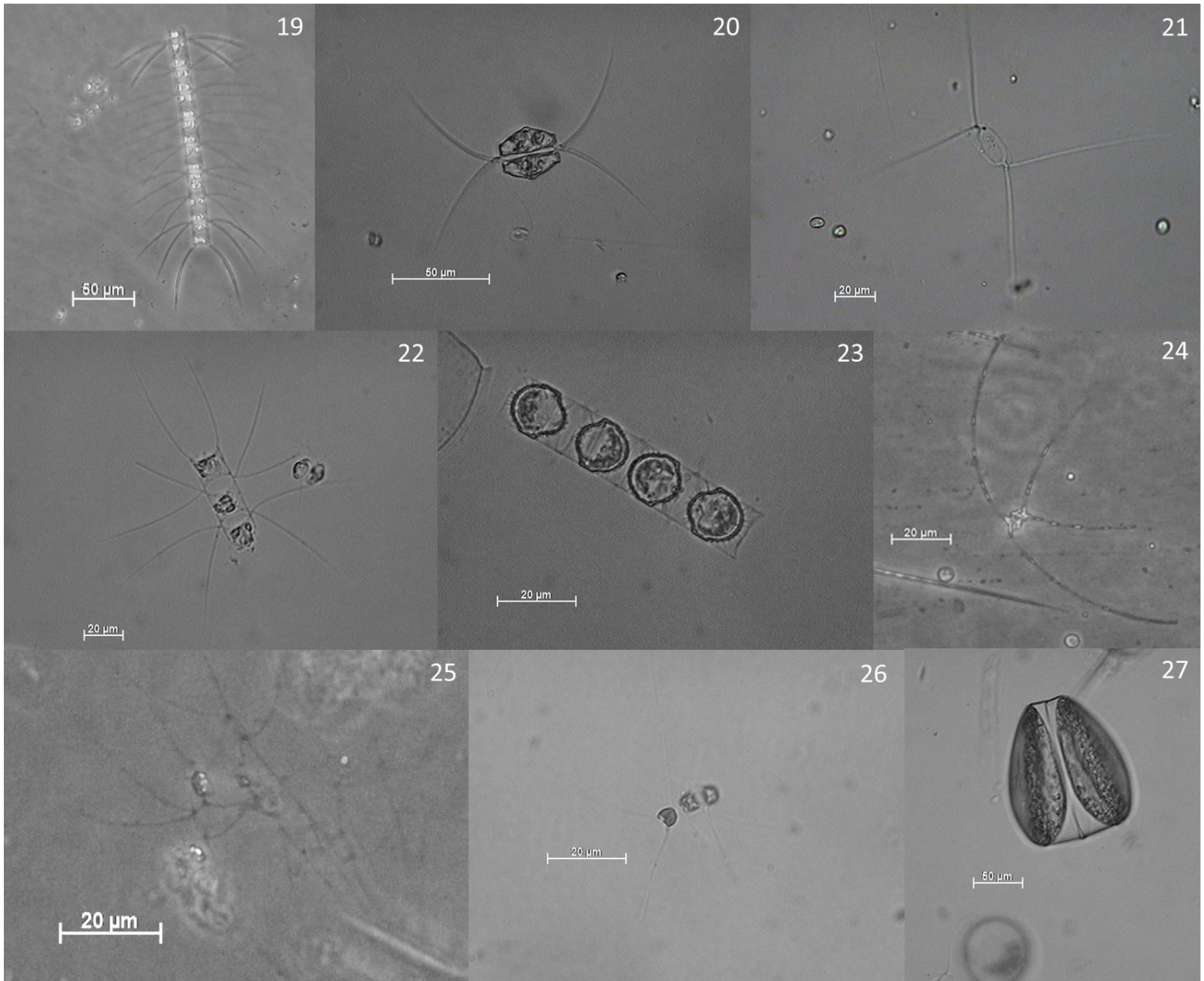
Anexo 4. Especies de diatomeas registradas en las tres zonas del Pacífico tropical mexicano.



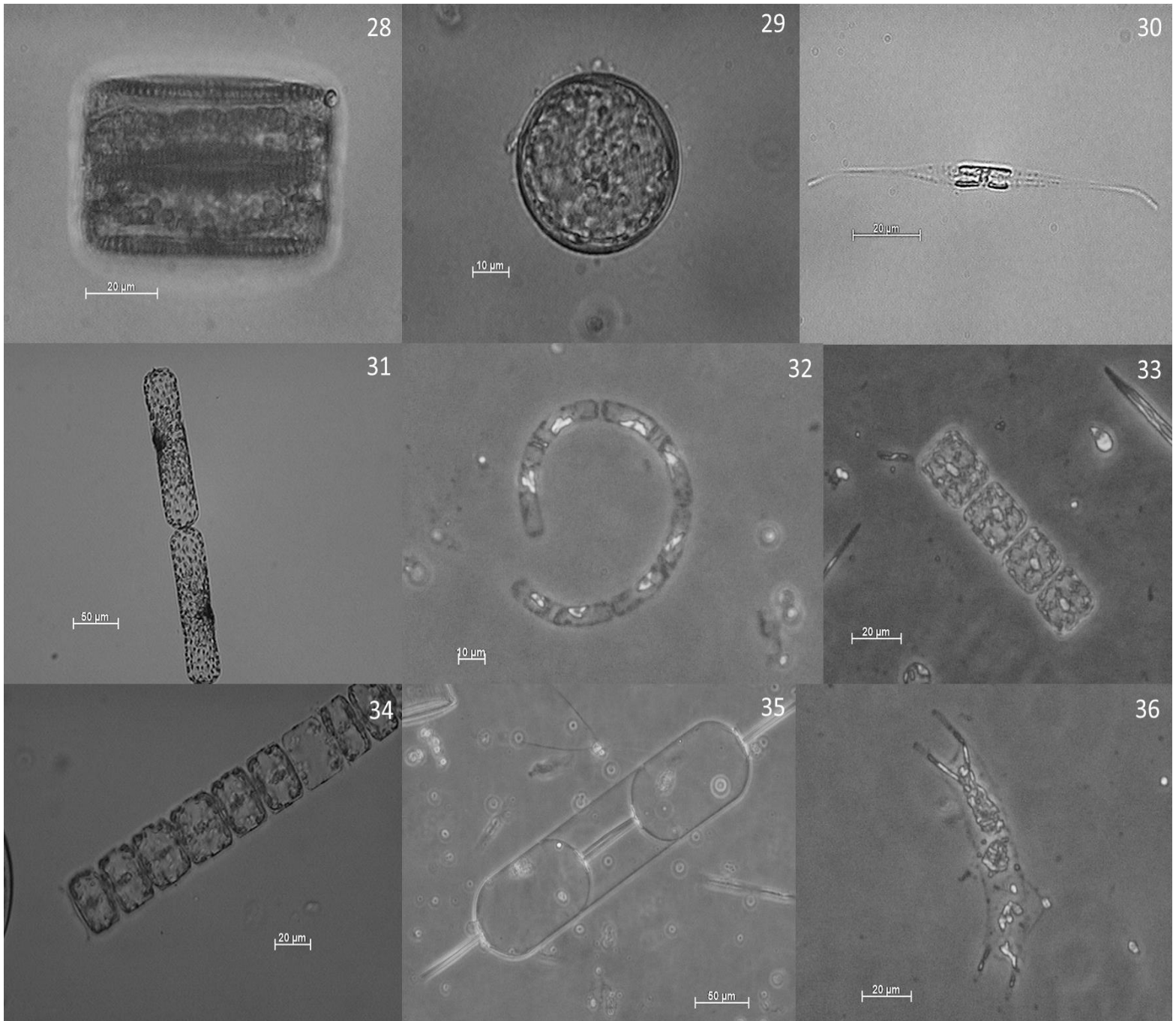
1) *Amphora lineolata*, 2) *Bacteriastrium elongatum*, 3) *Bacteriastrium hyalinum*, 4) *Cerataulina pelagica*, 5) *Chaetoceros* aff. *borealis*, 6) *Chaetoceros* aff. *curvisetus*, 7) *Chaetoceros* aff. *densus*, 8) *Chaetoceros* aff. *lorenzianus*, 9) *Chaetoceros* aff. *peruvianus*.



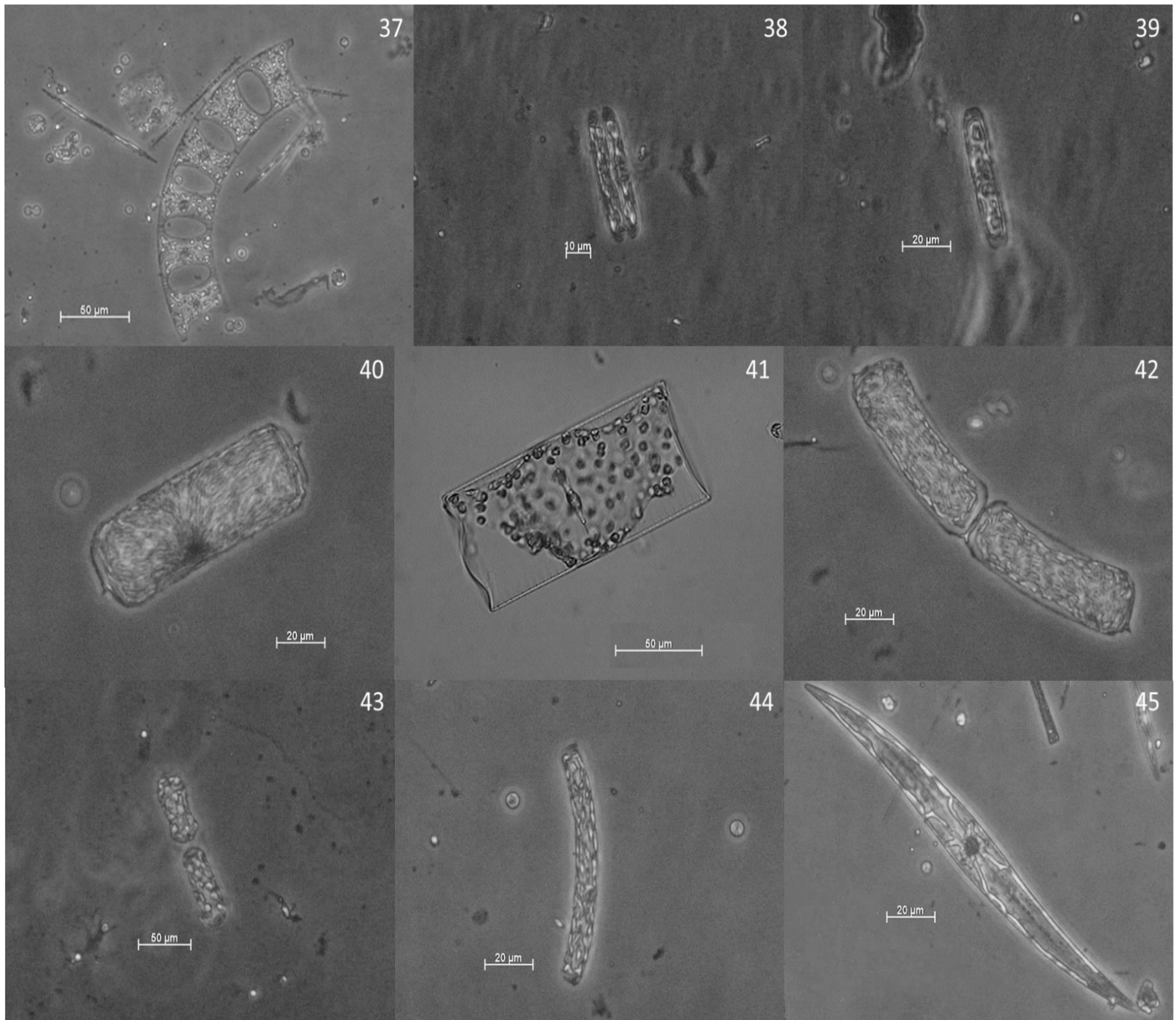
10) *Chaetoceros* aff. *radicans*, 11) *Chaetoceros* aff. *similis*, 12) *Chaetoceros affinis*, 13) *Chaetoceros brevis*, 14) *Chaetoceros compressus*, 15) *Chaetoceros contortus*, 16) *Chaetoceros danicus*, 17) *Chaetoceros debilis*, 18) *Chaetoceros decipiens*



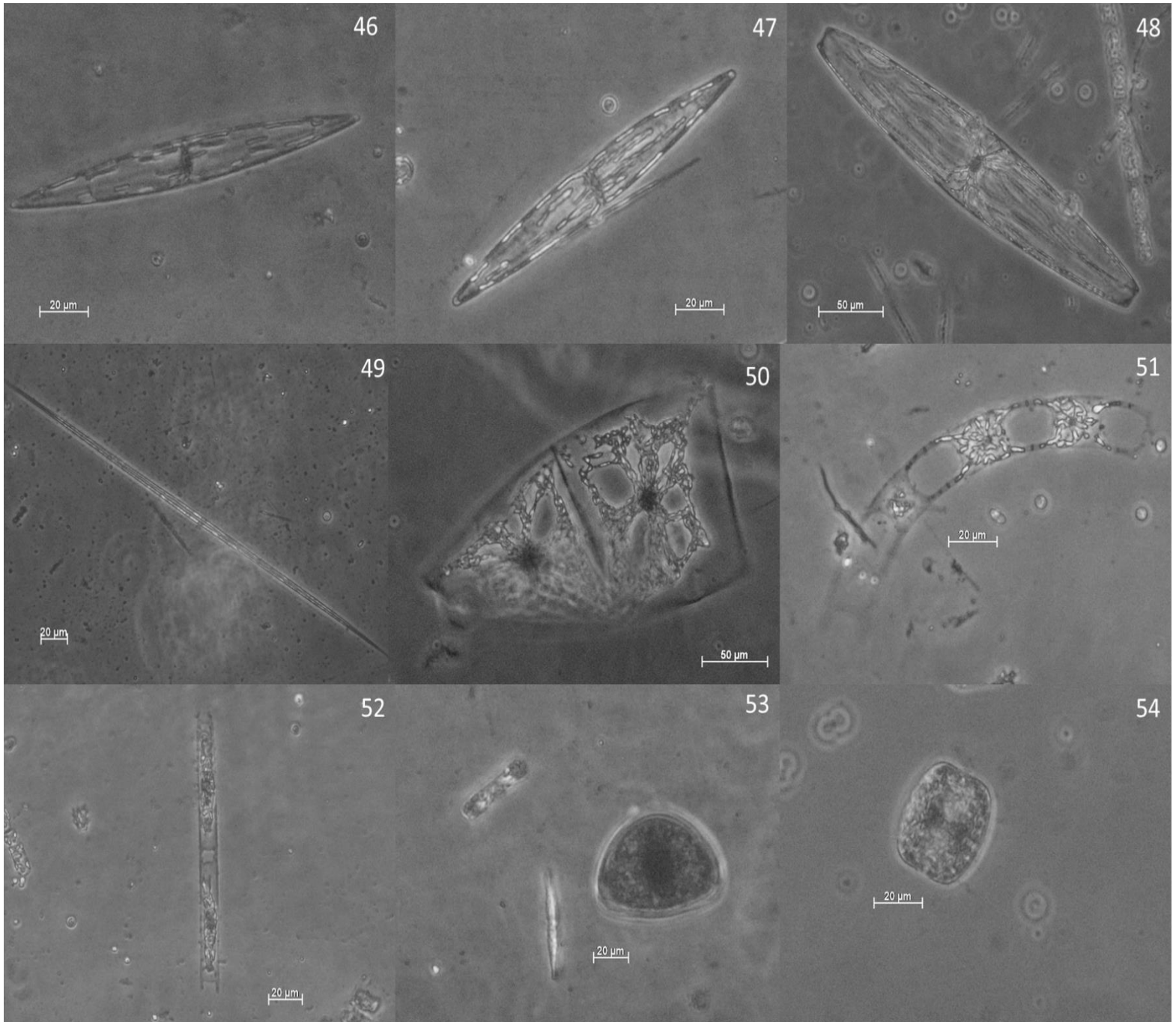
19) *Chaetoceros diadema*, 20) *Chaetoceros didymus*, 21) *Chaetoceros eibonii*, 22) *Chaetoceros lacinosus*, 23) *Chaetoceros lauderi*, 24) *Chaetoceros pendulus*, 25) *Chaetoceros socialis*, 26) *Chaetoceros* sp., 27) *Coscinodiscus granii*.



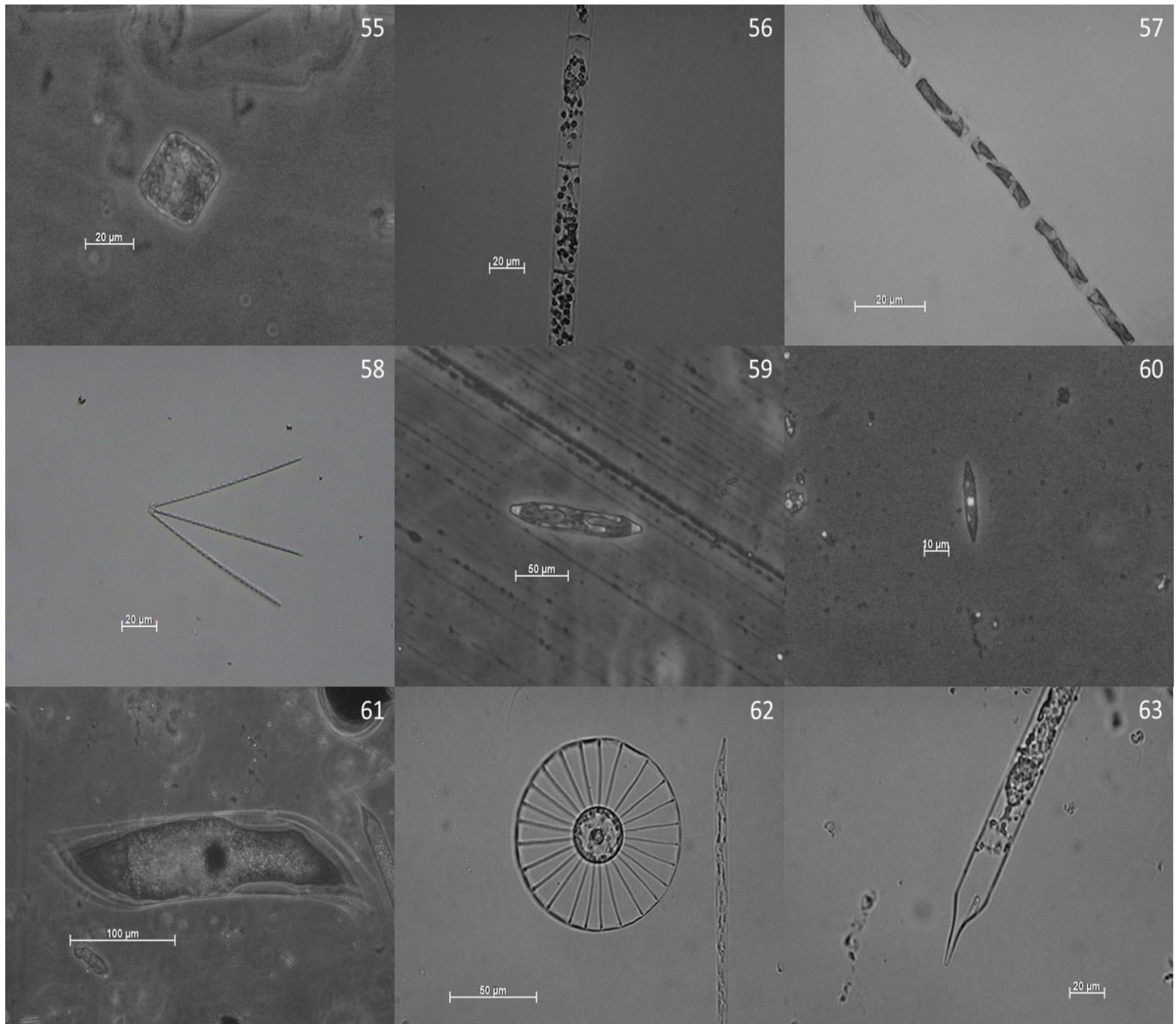
28) *Coscinodiscus wailesii*, 29) *Coscinodiscus* sp., 30) *Cylindrotheca closterium*, 31) *Dactyliosolen fragilissimus*, 32) *Dactyliosolen phuketensis*, 33) *Detonula* aff. *confervacea*, 34) *Detonula pumila*, 35) *Ditylum brightwellii*, 36) *Eucampia cornuta*.



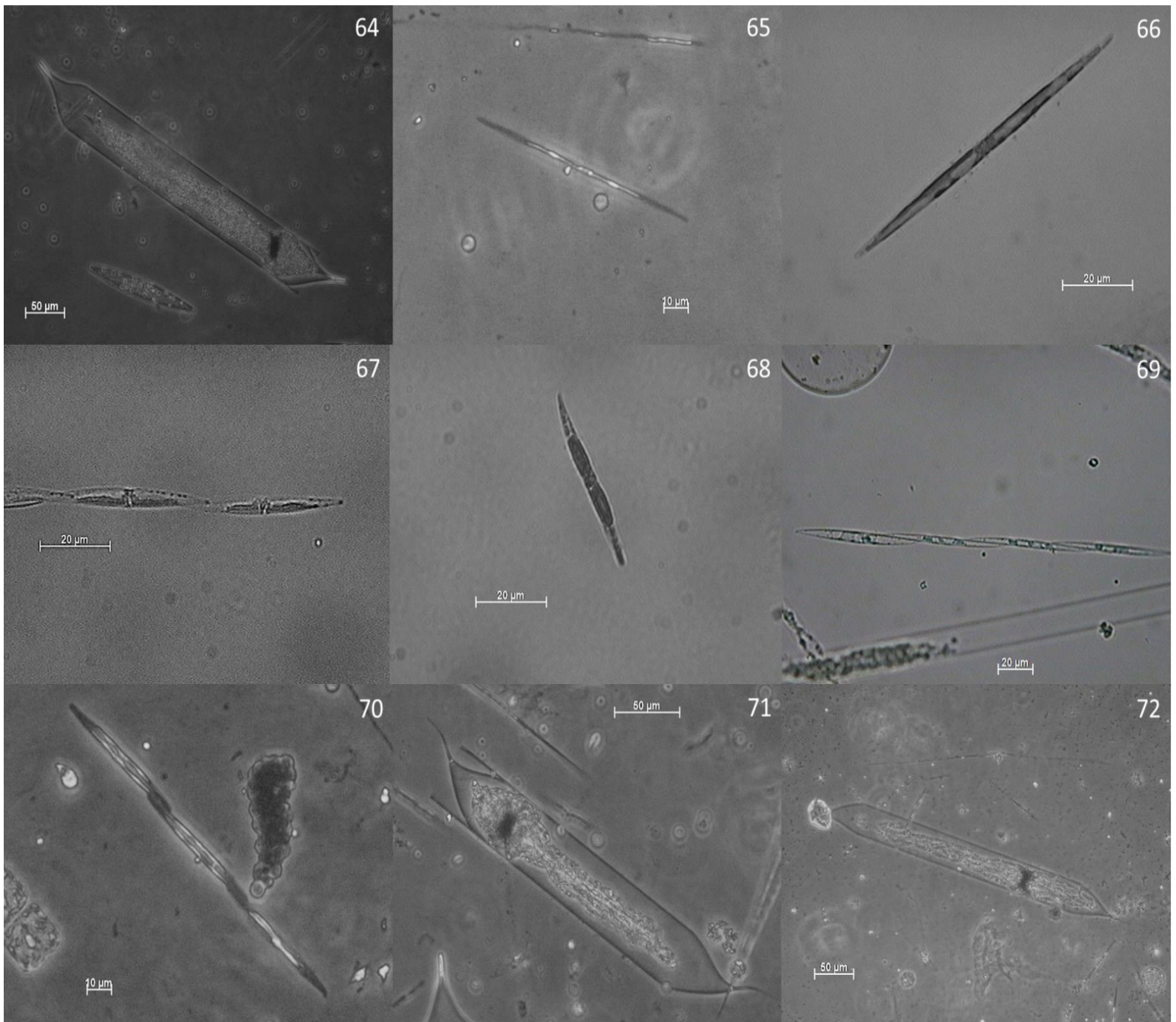
37) *Eucampia zodiacus*, 38) *Grammatophora marina*, 39) *Grammatophora oceanica*, 40) *Guinardia delicatula*, 41) *Guinardia flaccida*, 42) *Guinardia striata*, 43) *Guinardia* sp., 44) *Guinardia* sp2., 45) *Gyrosigma* sp.



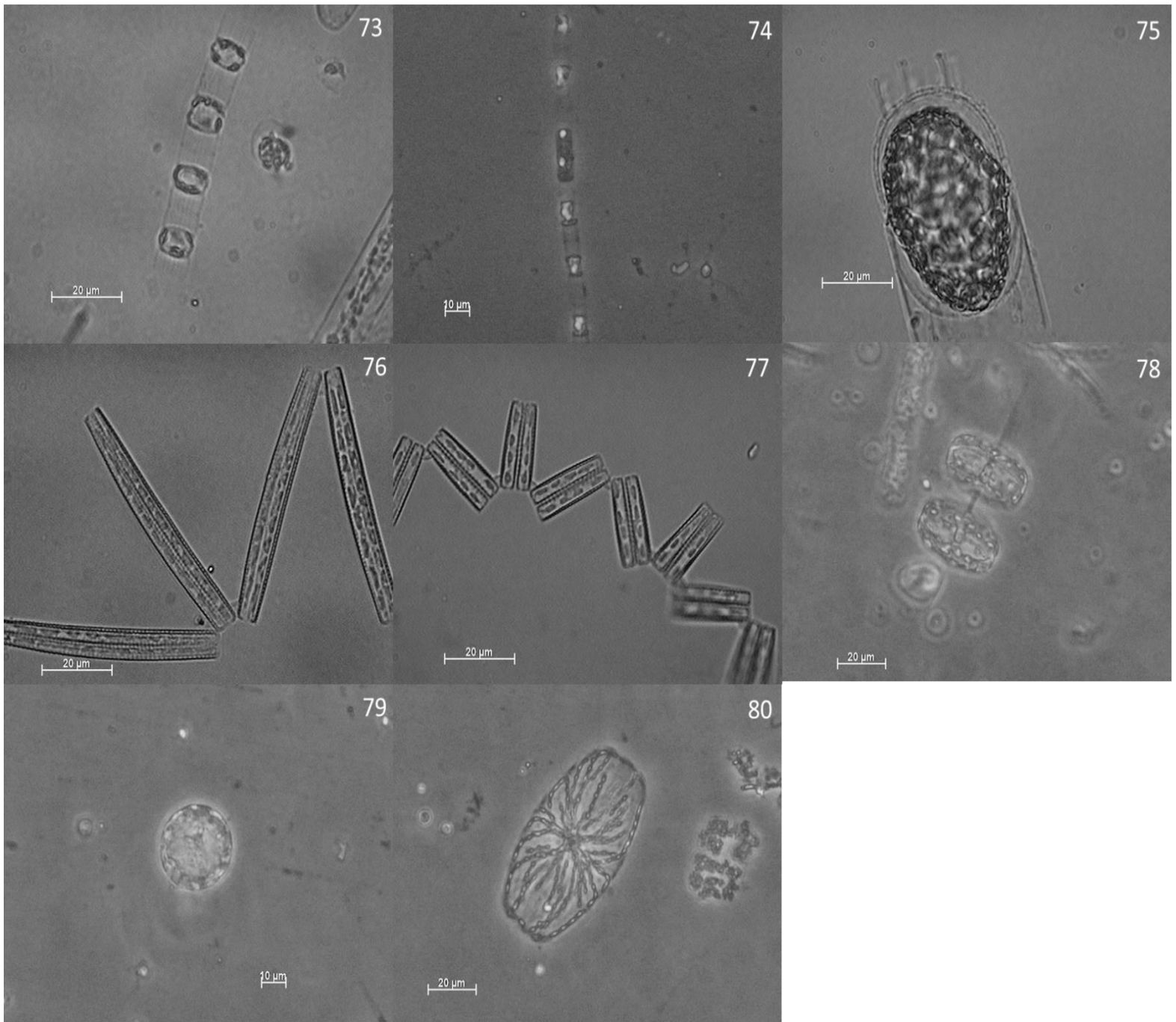
46) *Haslea crucigera*, 47) *Haslea* sp., 48) *Haslea* sp2, 49) *Haslea wawriake*, 50) *Helicotheca tamesis*, 51) *Hemiaulus hauckii*, 52) *Hemiaulus sinensis*, 53) *Hemidiscus cuneiformis*, 54) *Lauderia annulata*.



55) *Lauderia* sp., 56) *Leptocylindrus danicus*, 57) *Leptocylindrus minimus*, 58) *Lioloma elongatum*, 59) *Mastogloia* sp., 60) *Navicula* aff. *pelagica*, 61) *Neocalyptrella robusta*, 62) *Planktoniella sol*, 63) *Proboscia alata*.

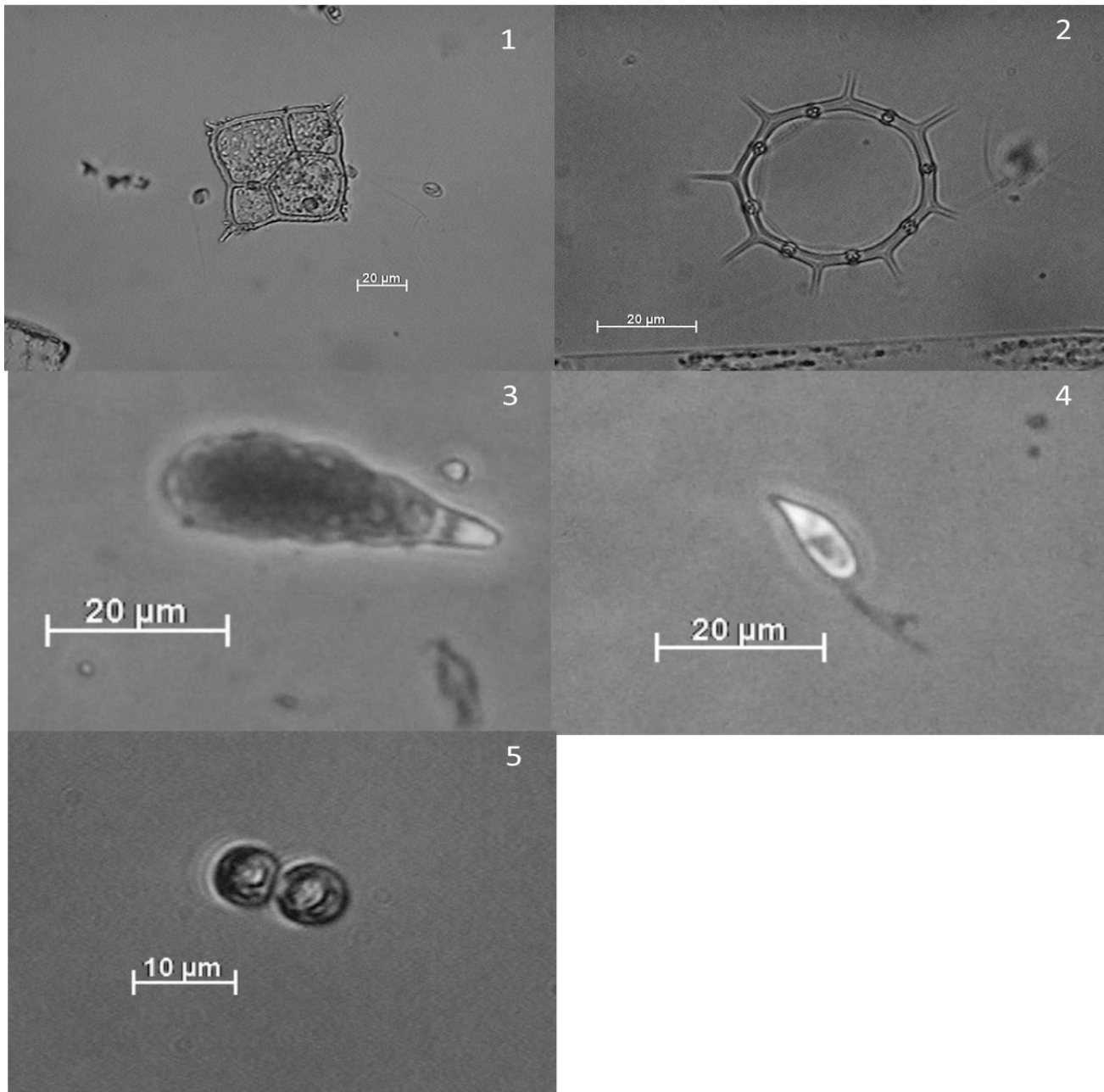


64) *Proboscia indica*, 65) *Pseudo-nitzschia* aff. *delicatissima*, 66) *Pseudo-nitzschia* aff. *pungens*, 67) *Pseudo-nitzschia* aff. *subpacifica*, 68) *Pseudo-nitzschia multistriata*, 69) *Pseudo-nitzschia seriata*, 70) *Pseudo-nitzschia* sp., 71) *Pseudosolenia calcar-avis*, 72) *Rhizosolenia imbricata*.



73) *Skeletonema costatum*, 74) *Skeletonema* sp., 75) *Stephanopyxis turris*, 76) *Thalassionema bacillare*, 77) *Thalassionema nitzschioides*, 78) *Thalassiosira* cf. *rotula*, 79) *Thalassiosira* sp., 80) *Tropiconeis antarctica*.

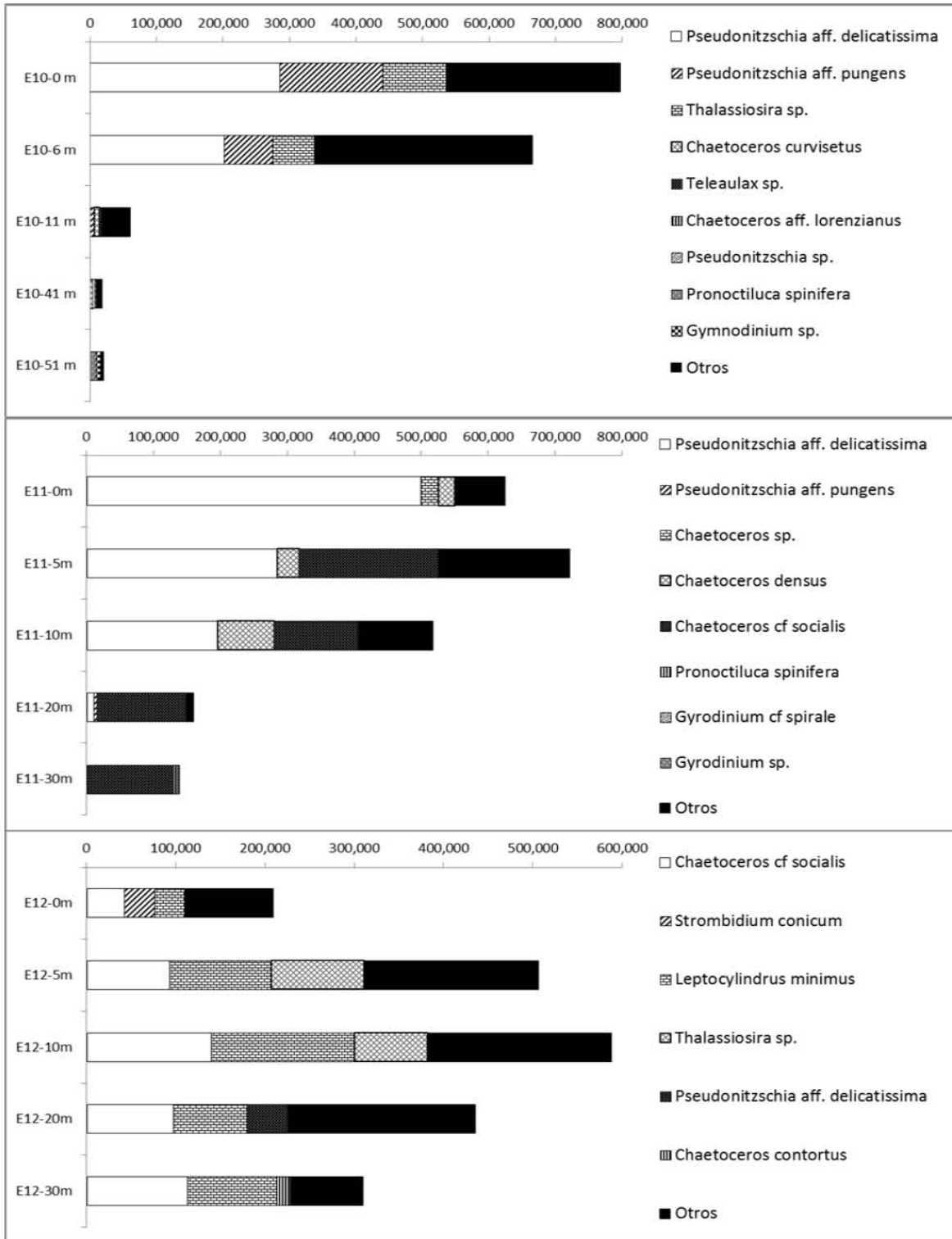
Anexo 5. Otros grupos registrados en las tres zonas del Pacifico tropical mexicano.

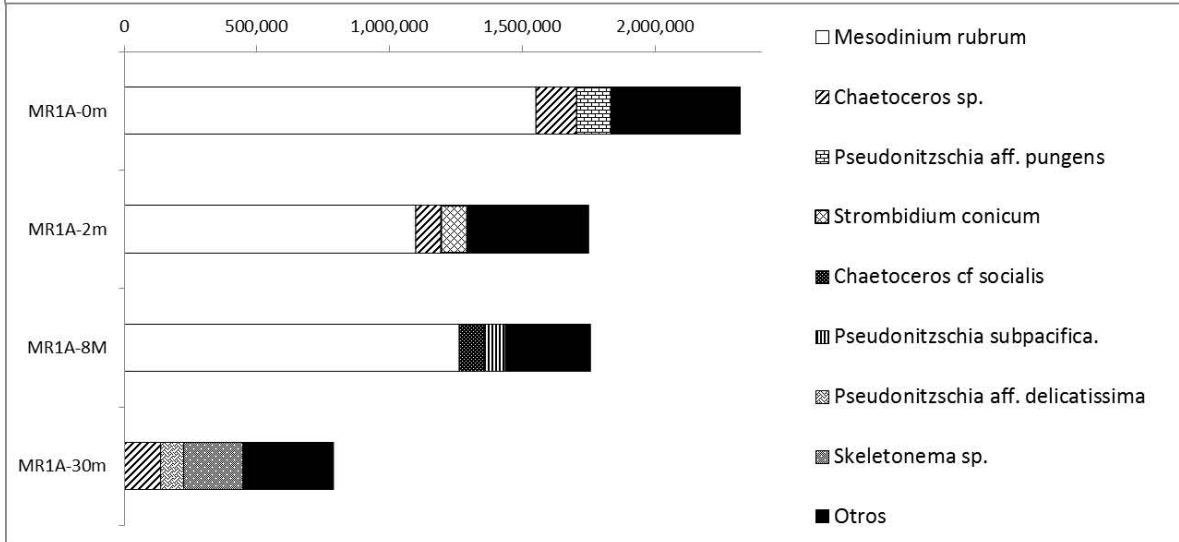
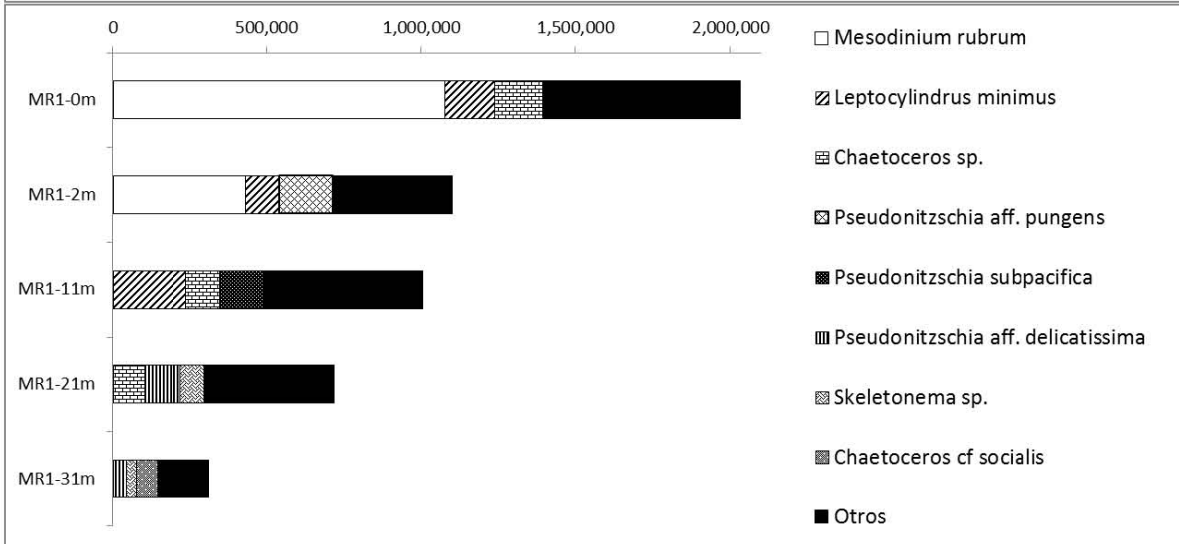
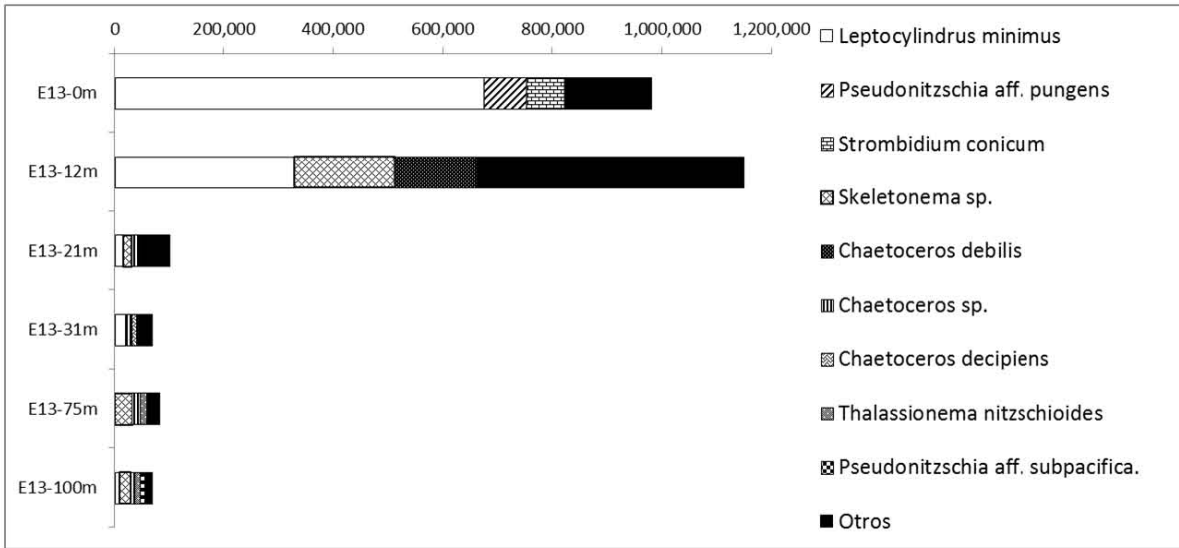


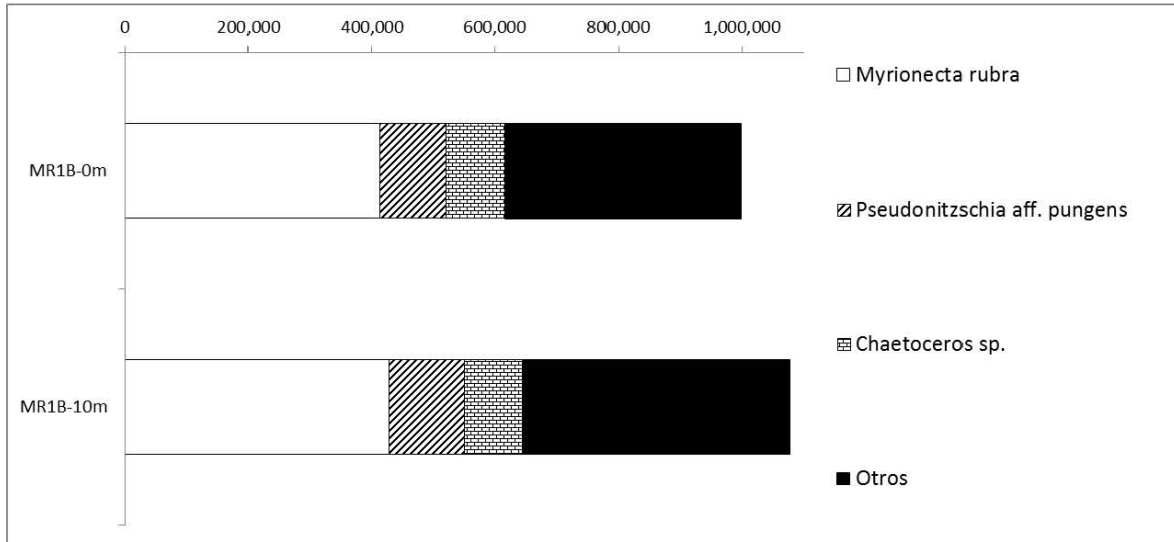
1) *Dictyocha fibula*, 2) *Dictyocha octonaria*, 3) *Chaettonella* sp., 4) *Teleaulax* sp., 5) *Prasinoderma* sp.

Anexo 6. Distribución vertical de la abundancia (cél L⁻¹) de las especies para las zonas de A) Cabo Corrientes, B) Lázaro Cárdenas y C) Guerrero

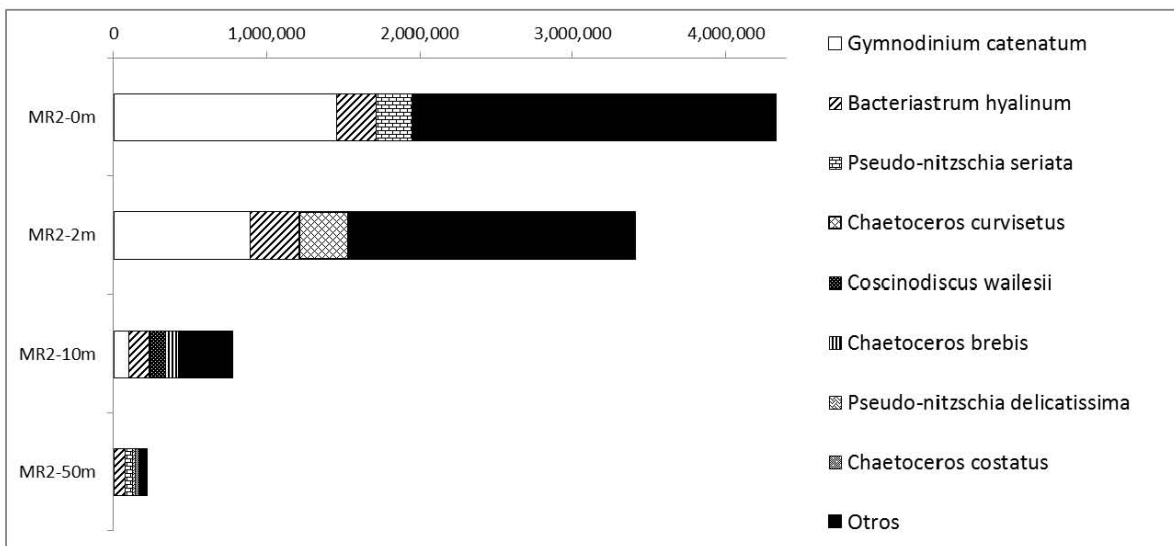
A)



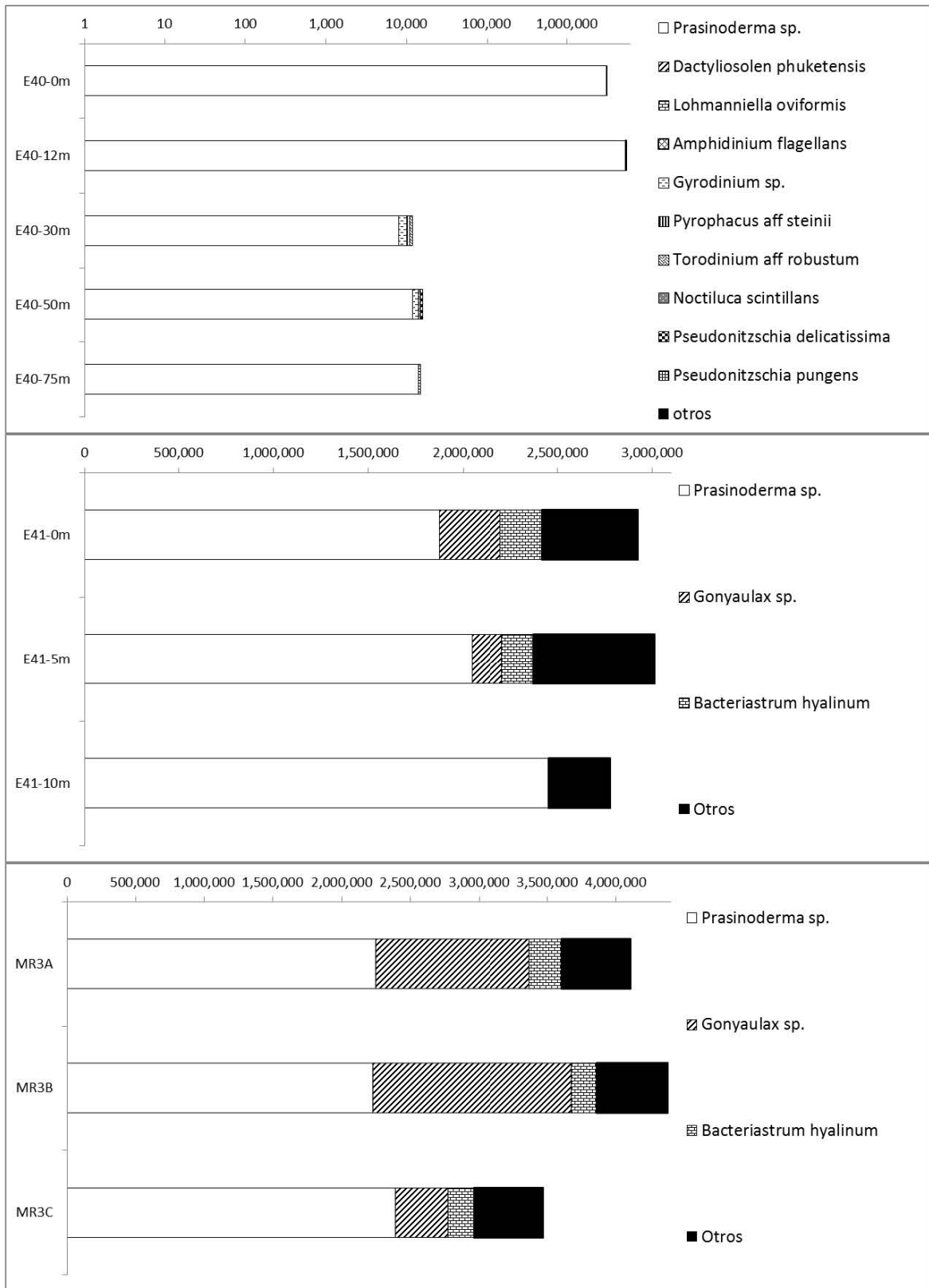




B)

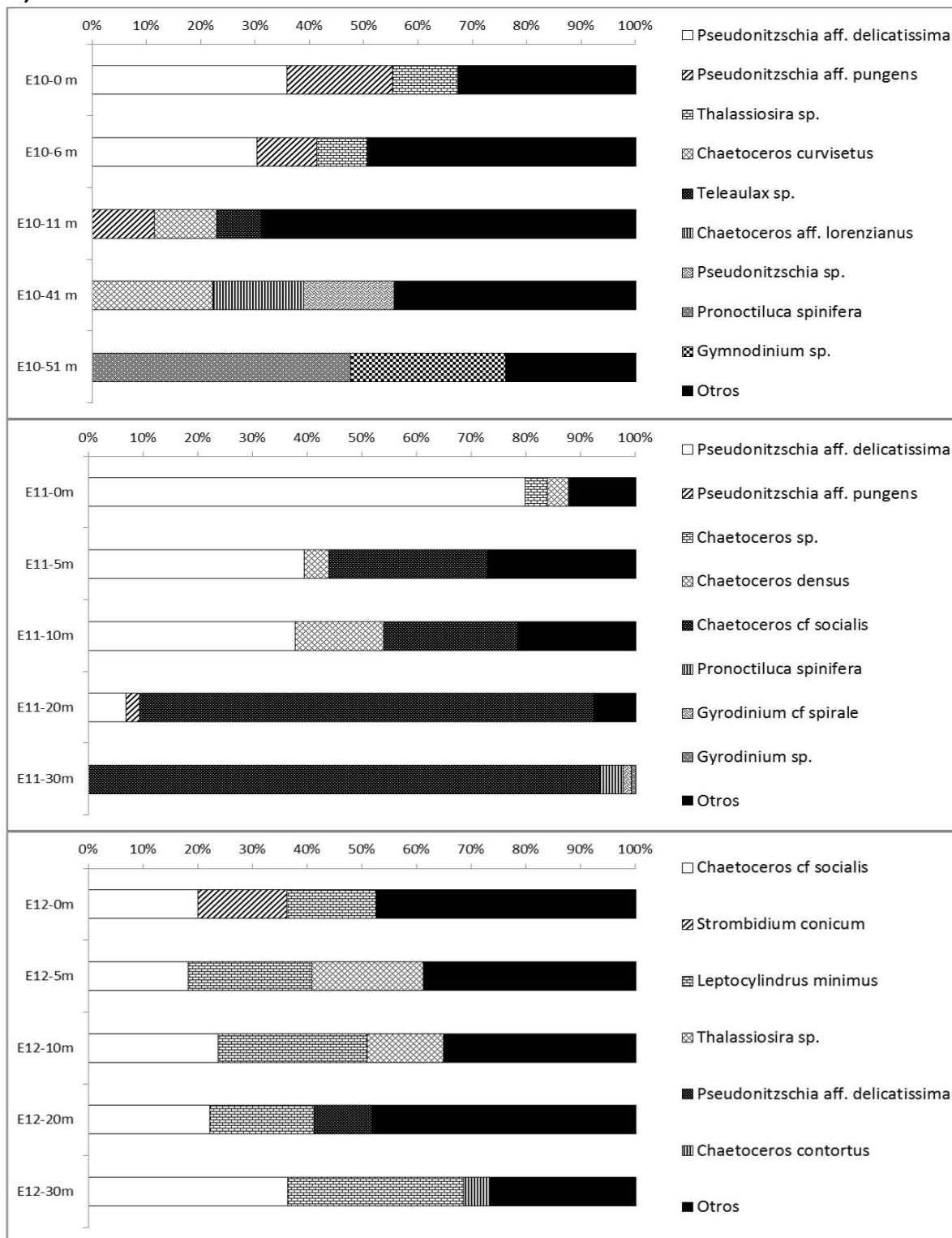


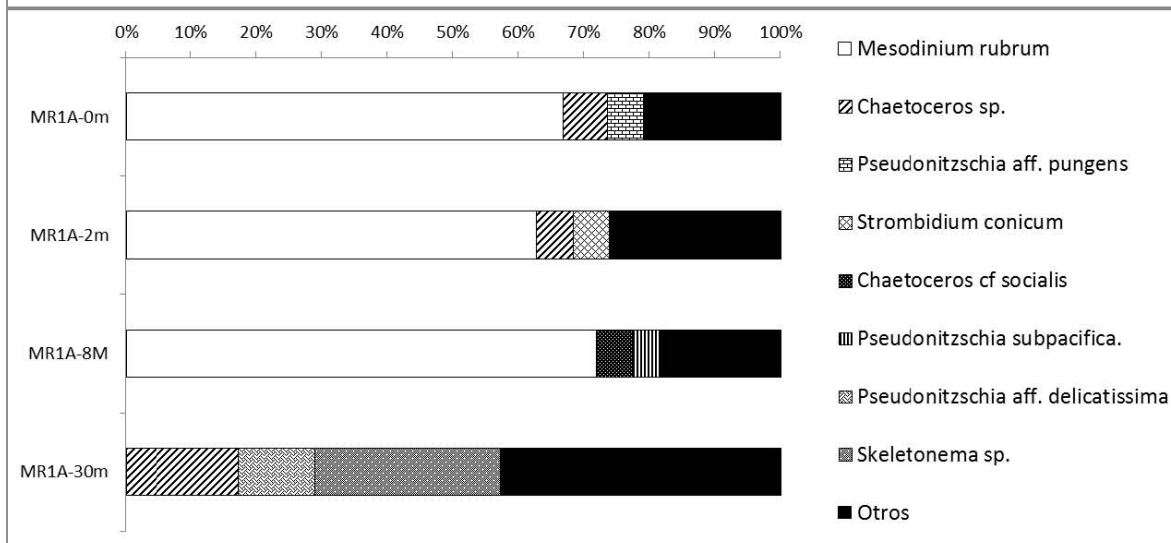
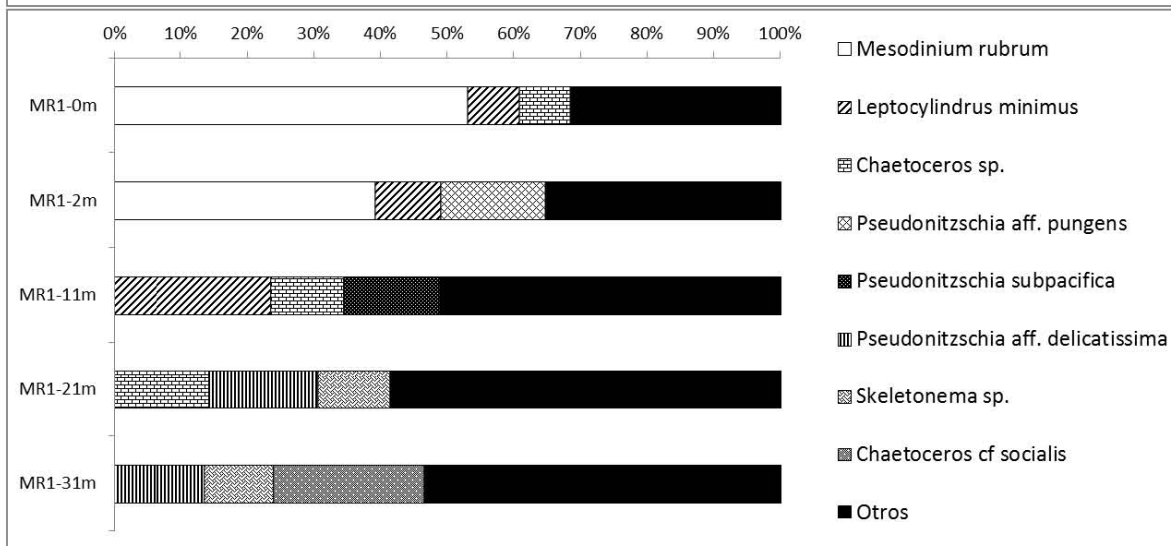
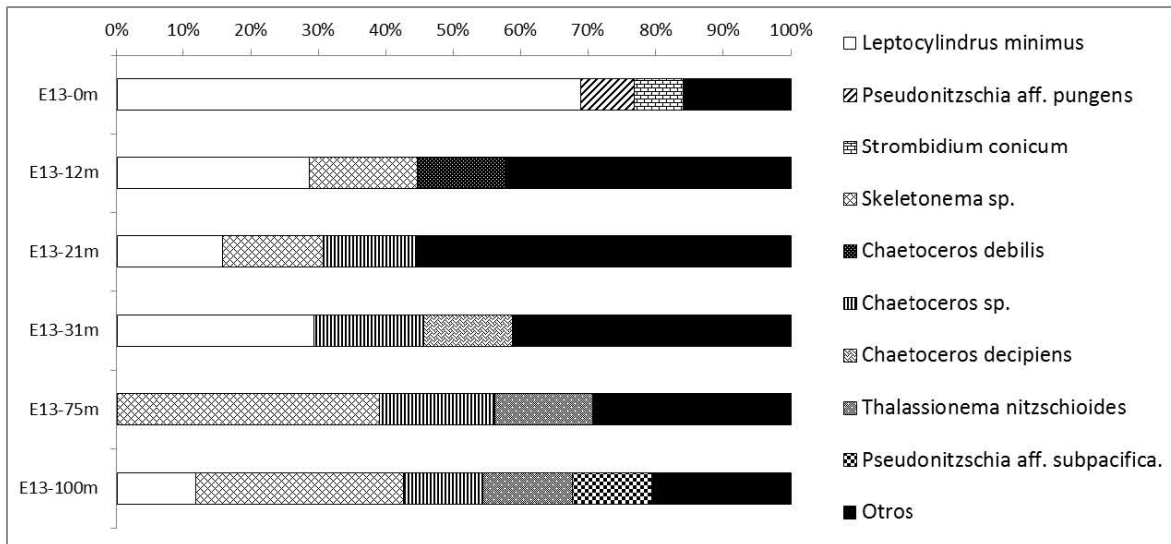
C)

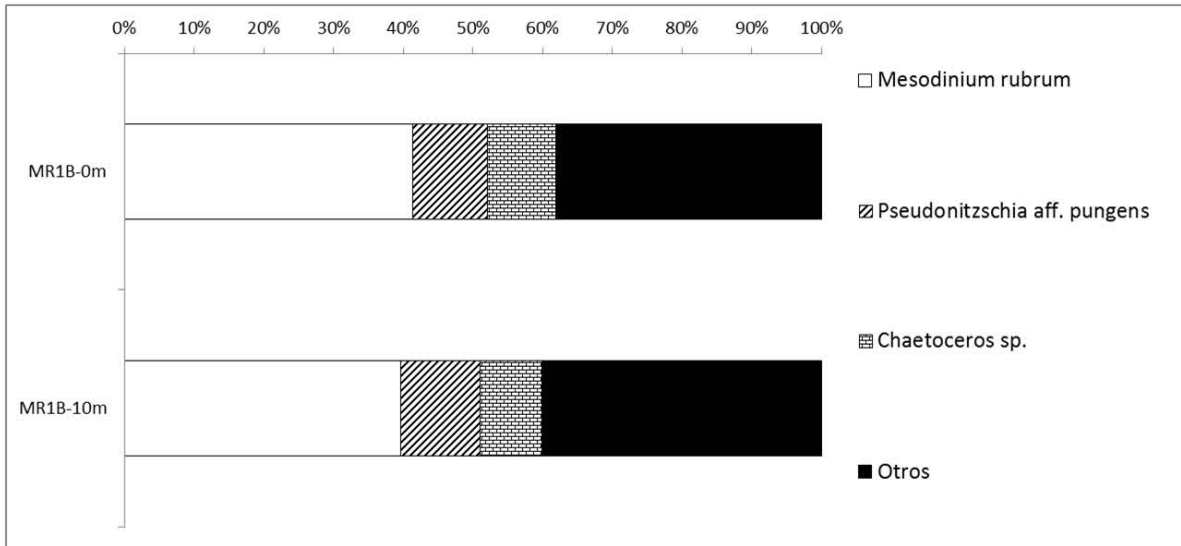


Anexo 7. Distribución vertical de la abundancia relativa de las especies en las zonas de A) Cabo Corrientes, B) Lázaro Cárdenas y C) Guerrero.

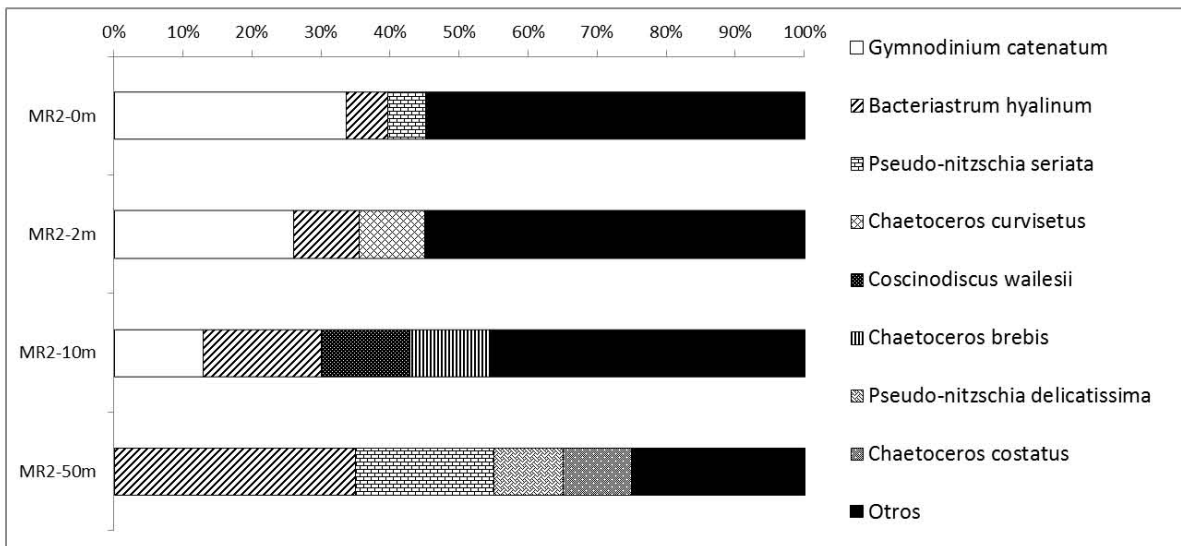
A)



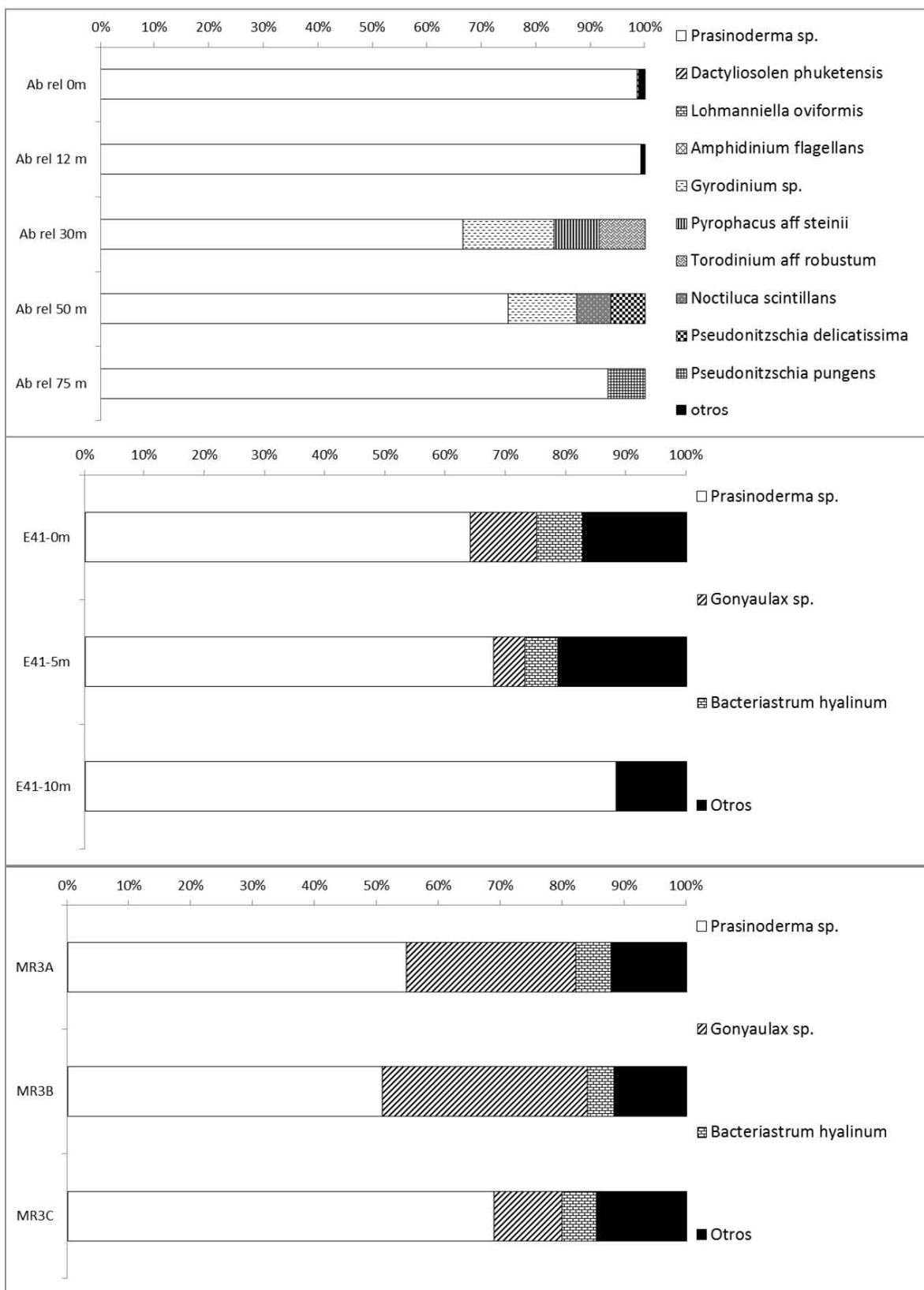




B)



c)



Anexo 8. Analisis de correlacion de los atributos de las comunidades que conformaron las proliferaciones algales registradas en las zonas de A) Cabo Corrientes, B) Lázaro Cárdenas, C) Guerrero.

A)

	<i>Profundidad</i>	<i>Taxa_S</i>	<i>Individuos (cél/L⁻¹)</i>	<i>Dominancia</i>	<i>Diversidad Shannon</i>	<i>Riqueza Margalef</i>	<i>Equidad</i>
Profundidad	1						
Taxa_S	-0.68	1					
Individuos (cél/L)	-0.55	0.68	1				
Dominancia	-0.10	-0.23	0.19	1			
Diversidad Shannon	-0.10	0.42	-0.07	-0.95	1		
Riqueza Margalef	-0.65	0.99	0.57	-0.31	0.51	1	
Equidad	0.41	-0.14	-0.44	-0.91	0.80	-0.05	1

B)

	<i>Profundidad (m)</i>	<i>Taxa_S</i>	<i>Individuos (cél/L⁻¹)</i>	<i>Dominancia</i>	<i>Diversidad Shannon</i>	<i>Riqueza Margalef</i>	<i>Equidad</i>
Profundidad	1						
Taxa_S	-0.73	1					
Individuos (cél/L)	-0.65	0.97	1				
Dominancia	0.54	0.16	0.28	1			
Diversidad Shannon	-0.95	0.52	0.39	-0.76	1		
Riqueza Margalef	-0.73	1.00	0.96	0.15	0.52	1	
Equidad	0.32	-0.87	-0.92	-0.62	-0.03	-0.85	1

C)

	<i>Profundidad</i>	<i>Taxa_S</i>	<i>Individuos (cél/L)</i>	<i>Dominancia</i>	<i>Diversidad Shannon</i>	<i>Riqueza Margalef</i>	<i>Equidad</i>
Profundidad	1						
Taxa_S	-0.79	1					
Individuos (cél/L)	-0.81	0.68	1				
Dominancia	0.32	-0.61	-0.02	1			
Diversidad Shannon	-0.46	0.77	0.17	-0.96	1		
Riqueza Margalef	-0.79	1.00	0.66	-0.63	0.78	1	
Equidad	0.35	-0.11	-0.66	-0.70	0.54	-0.09	1

Anexo 9. Resultados del Analisis de Correspondencia canonica para A) Cabo Corrientes, B) Lázaro Cárdenas, c) Guerrero.

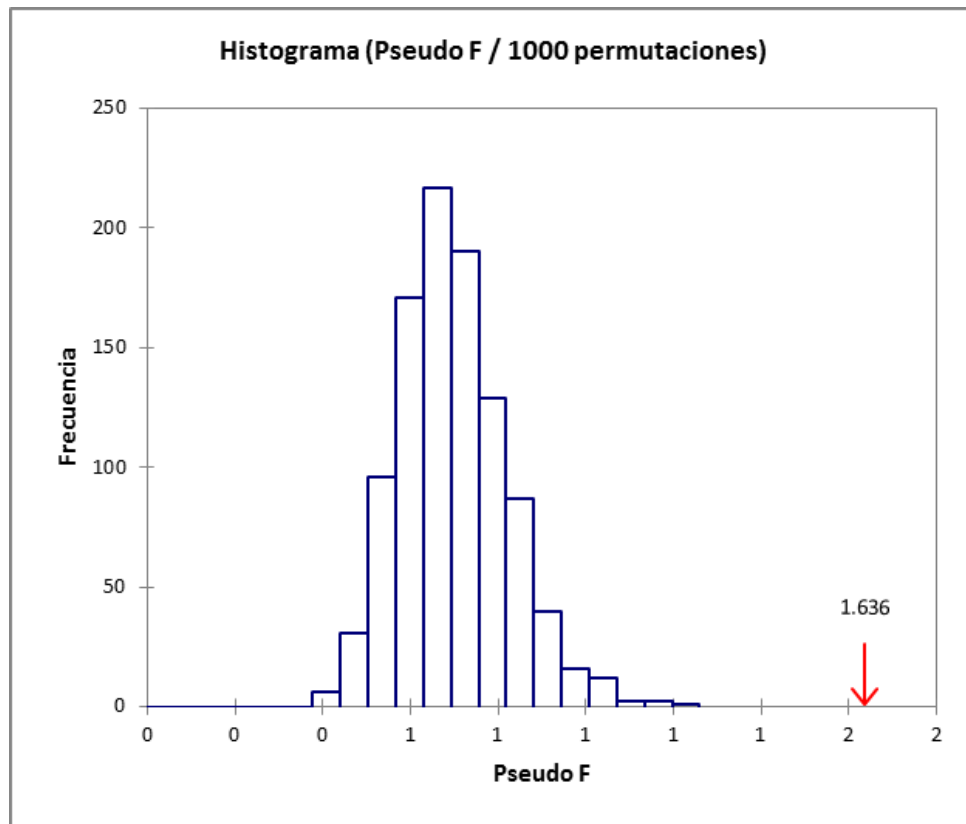


Figura 1 Anexo 9. Histograma de la prueba de permutación

Anexo 9 Tabla 1. Valores propios y porcentaje de inercia del ACC.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Valor propio	0.18	0.07	0.06	0.04	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00
Inercia restringida (%)	45	16	14	9	6	4	3	2	1	0
% acumulado	45	62	75	84	90	94	97	99	100	100

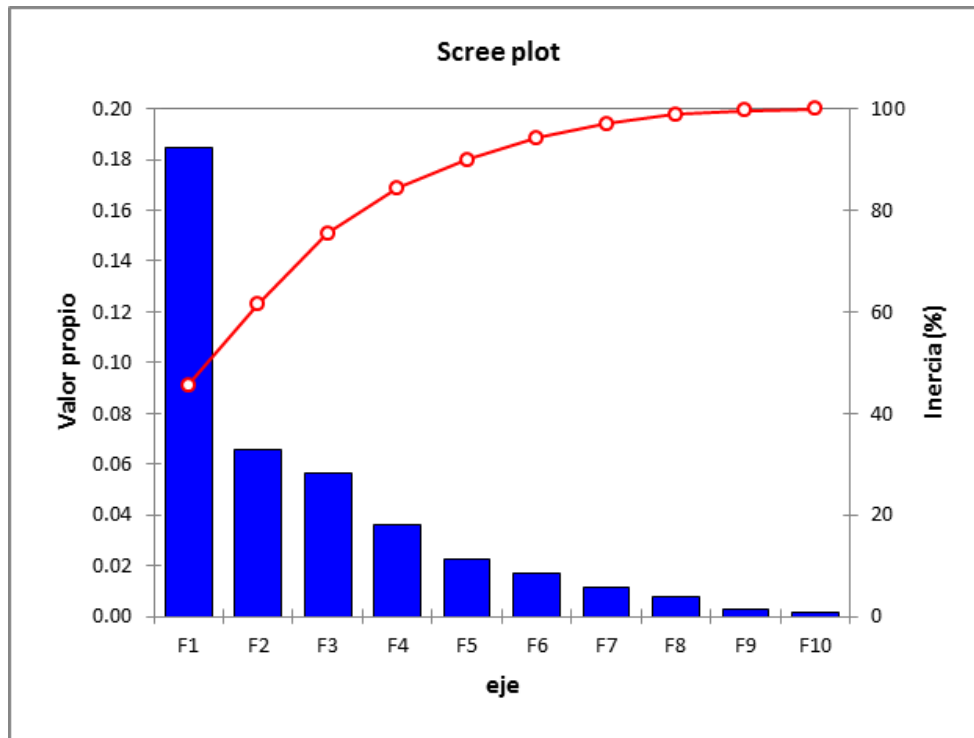


Figura 2 Anexo 9. Gráfico de sedimentación, la línea roja indica el porcentaje acumulado y las barras la disminución de los valores propios para cada eje.

Anexo 9 Tabla 2. Coordenadas estándar de los sitios dentro de cada eje

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
E10-0m	-1.88	-2.33	-0.70	1.47	1.82	-1.64	1.06	-0.27	0.04	0.03
E10-6m	-2.07	-3.12	-0.67	-0.02	1.67	0.04	-0.15	0.03	0.28	0.23
E10-11m	-2.44	-2.24	1.64	-2.12	1.21	-0.03	-0.75	0.31	-0.78	-0.84
E10-41m	-0.66	-2.49	-1.41	-0.01	0.78	3.35	0.81	1.66	-3.96	-1.40
E10-51m	0.50	-1.25	-0.86	0.41	2.69	1.64	-1.97	-1.84	-1.65	1.60
E11-0m	-1.59	0.43	-0.09	-0.23	-1.00	-2.27	2.92	1.33	0.28	-0.69
E11-5m	-1.80	0.39	0.90	-0.23	-1.18	0.68	-0.01	-0.86	0.67	-0.04
E11-10m	-2.04	0.01	0.56	-0.98	-2.51	0.96	-0.33	0.02	0.63	-0.30
E11-20m	-1.76	1.26	1.39	-2.08	0.88	-1.62	-0.53	0.17	0.30	1.01
E11-30m	-1.95	1.10	-1.20	-1.44	1.14	-1.17	2.50	1.94	-0.66	-0.29
E12-0m	0.12	0.79	0.50	2.29	-1.21	-0.82	-0.15	0.12	-1.16	0.04
E12-5m	-0.40	0.86	-0.24	1.46	-0.12	-0.33	-0.40	-0.69	-0.08	-1.70
E12-10m	-0.52	1.28	0.20	1.01	-0.25	0.37	-0.85	-1.07	0.32	-1.07
E12-20m	-1.39	0.90	-0.25	0.90	0.31	1.85	-0.17	-0.45	0.04	2.89

E12-30m	-1.19	2.30	-1.37	-0.20	1.11	-0.85	1.92	0.90	-0.16	0.54
E13-0m	0.15	-1.19	-0.33	1.76	-0.53	-2.52	-1.26	0.66	-0.44	0.79
E13-12m	0.38	-0.64	-0.57	0.16	-0.31	-0.09	-1.69	-0.26	1.01	0.45
E13-21m	0.15	0.93	0.00	-2.13	-0.62	-1.51	-0.08	1.38	0.92	-0.16
E13-31m	0.26	0.07	-0.61	-1.54	0.35	-1.57	-1.44	0.06	1.69	0.03
E13-75m	1.13	0.74	-2.52	-0.54	0.39	0.14	-0.42	-0.99	-0.39	1.42
E13-100m	1.35	1.12	-3.28	-0.58	0.00	-0.34	0.03	-0.75	-1.03	-0.23
MR1-0m	0.61	-1.06	0.15	-1.22	-1.26	-0.63	1.42	-2.99	-1.29	0.33
MR1-2m	0.46	0.09	1.72	0.46	0.68	0.22	-0.28	0.09	-1.08	-0.97
MR1-11m	0.30	-0.34	-0.61	0.06	-0.15	0.64	0.37	1.01	-0.32	-1.68
MR1-21m	0.65	0.58	1.00	-1.08	1.31	-0.71	-1.58	-0.09	-0.80	0.52
MR1-31m	0.08	0.14	-0.39	-0.48	0.33	1.02	-0.12	0.87	-1.48	-0.16
MR1a-0m	1.18	0.07	1.37	0.62	0.77	0.21	1.36	0.04	0.58	0.60
MR1a-2m	0.83	0.24	1.21	-0.02	1.64	0.25	0.97	-0.66	1.14	-0.51
MR1a-8m	0.78	-0.64	-1.15	0.30	0.22	0.91	0.49	-0.28	2.33	-0.31
MR1a-30m	0.07	0.03	-0.09	-0.73	0.29	0.85	-0.56	0.65	-0.94	0.12
MR1b-0m	1.32	-0.58	0.70	0.45	-1.47	0.20	0.86	1.67	0.00	1.64
MR1b-10m	0.55	-0.49	0.09	-0.80	-0.90	0.44	-0.47	0.82	0.61	-0.64

Anexo 9 Tabla 3. Coordenadas principales de las especies dentro de cada eje del ACC.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Mes rub	0.48	-0.06	0.13	0.08	0.04	0.15	0.05	-0.10	0.00	-0.02
Str con	0.24	-0.09	0.24	0.42	-0.07	-0.13	0.19	-0.09	0.03	0.06
Cer pel	-0.35	-0.12	-0.47	-0.05	0.19	-0.04	-0.01	-0.21	0.03	-0.02
Cha com	-0.12	0.03	0.14	-0.01	-0.31	0.02	-0.07	0.01	-0.07	-0.01
Cha deb	0.50	0.06	0.36	0.17	0.00	0.15	-0.18	0.22	0.09	-0.06
Cha dec	-0.24	-0.11	-0.16	0.37	0.32	-0.12	-0.09	0.11	0.08	0.00
Cha den	-1.36	0.04	0.39	-0.24	-0.09	-0.03	-0.13	-0.15	0.13	-0.04
Cha lor	-0.39	-0.85	-0.14	-0.08	-0.29	0.09	0.06	0.07	0.02	-0.01
Cha soc	-0.74	0.71	0.11	-0.01	0.03	0.05	0.07	0.05	-0.06	0.01
Cha sp.	0.25	0.16	-0.08	-0.07	-0.09	-0.22	0.04	0.04	0.01	-0.06
Gui str	0.54	0.00	-0.03	0.17	-0.04	-0.06	-0.13	-0.12	-0.09	-0.05
Lep min	0.15	0.21	-0.11	0.01	-0.10	-0.06	-0.10	-0.03	0.02	0.06
Pse del	-0.26	-0.08	-0.02	-0.03	0.00	-0.13	0.10	0.09	-0.03	-0.01
Pse mul	0.09	0.04	0.19	0.07	-0.08	0.17	-0.04	-0.03	0.05	0.03
Pse pun	-0.24	-0.25	0.11	-0.04	0.16	0.02	-0.09	0.03	-0.09	0.04
Pse sub	-0.36	0.21	-0.65	0.26	-0.03	0.43	0.10	0.05	-0.03	-0.04
Ske sp.	0.62	0.01	-0.17	-0.43	0.09	0.02	-0.10	0.04	0.01	0.02
Tha nit	0.35	0.09	-0.24	-0.20	-0.05	0.03	0.14	0.03	0.06	0.04
Tel sp.	0.26	-0.04	0.50	-0.26	0.30	0.11	0.22	-0.04	-0.01	-0.03

Anexo 9 Tabla 4. Correlación de las variables fisicoquímicas con cada eje del ACC.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Profundidad	-0.14	0.37	-0.51	-0.46	0.24	0.34	-0.42	0.13	-0.03	-0.06
Temperatura	-0.30	-0.32	0.63	0.28	-0.27	-0.20	0.22	-0.19	0.30	-0.22
Clorofila	0.26	-0.22	0.46	0.04	0.01	0.16	0.39	0.03	0.70	-0.01
O2	0.28	-0.31	0.57	0.21	-0.29	-0.10	0.18	-0.13	0.44	-0.33
Densidad	0.28	0.34	-0.56	-0.19	0.32	0.23	-0.30	0.36	-0.19	0.19
N-NH4	0.19	-0.91	0.11	-0.07	0.31	0.05	-0.09	0.11	-0.06	-0.08
P-PO4	0.66	-0.16	0.36	-0.41	0.24	0.30	0.26	-0.01	-0.16	-0.02
SiO2	0.53	-0.30	-0.04	-0.59	0.37	-0.05	-0.09	0.24	-0.23	0.12
N-NO2	0.50	0.27	-0.22	-0.44	0.24	-0.21	-0.45	0.07	-0.18	0.30
N-NO3	0.00	-0.02	-0.36	-0.59	-0.03	0.01	-0.54	0.35	-0.31	0.14

Anexo 9 Tabla 5. Coeficientes canónicos de las variables fisicoquímicas con cada eje del ACC.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Profundidad	-0.44	0.29	-0.19	-0.72	0.94	0.16	-0.40	-0.80	0.61	-1.39
Temperatura	-1.47	1.41	3.61	0.66	2.32	-0.43	-1.44	2.64	-0.65	-0.48
Clorofila	-0.13	-0.35	-0.18	-0.42	-0.34	0.52	0.32	-0.02	1.24	1.61
O2	1.22	-0.01	-0.84	0.16	-0.94	-0.47	-0.21	0.12	0.28	-2.15
Densidad	-0.01	1.19	1.88	1.72	1.40	0.18	-0.96	3.35	-0.62	-0.72
N-NH4	0.09	-1.03	0.01	0.69	0.36	0.92	-1.13	-0.87	0.05	0.70
P-PO4	0.21	0.25	1.40	0.14	-0.18	1.68	-0.59	-0.37	-0.97	0.59
SiO2	-0.25	0.32	-0.98	-1.33	1.12	-2.75	2.22	1.51	0.21	-2.25
N-NO2	0.36	0.16	0.82	0.33	0.48	0.07	-1.66	-1.37	0.35	1.41
N-NO3	-0.08	-0.47	0.33	-0.46	-1.88	0.90	-0.55	0.71	-0.21	1.12

B)

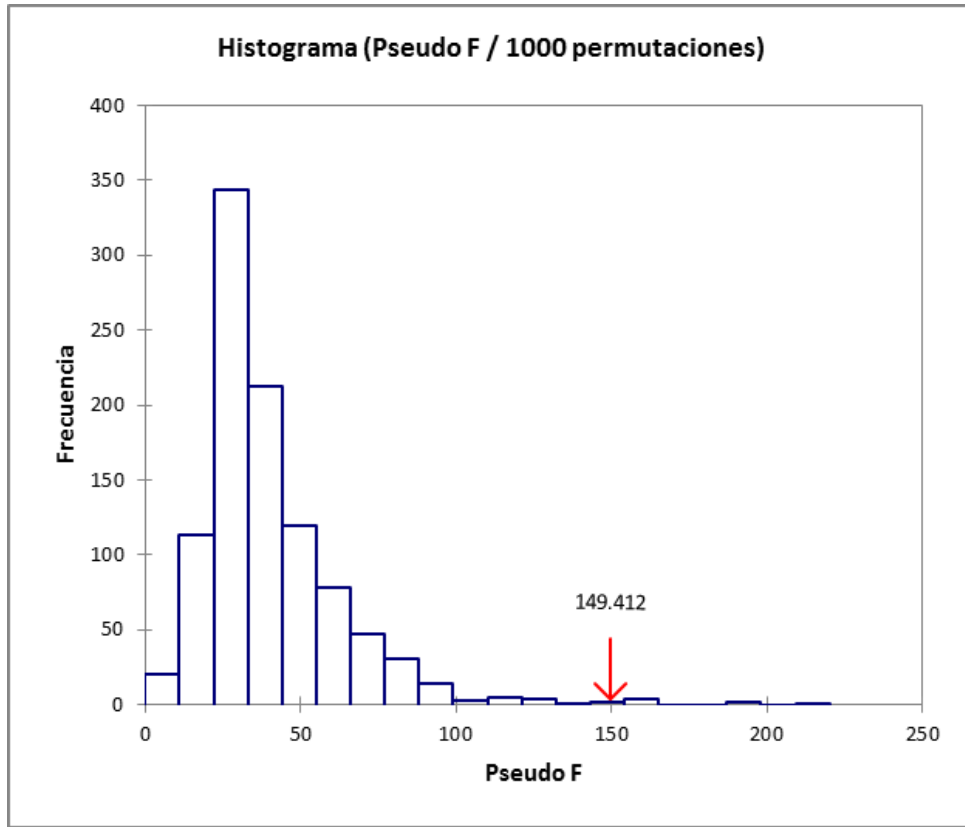


Figura 3 Anexo 9. Histograma de la prueba de permutación para la zona de Lázaro Cárdenas

Anexo 9 Tabla 6. Valores propios y porcentaje de inercia del ACC para la zona de Lázaro Cárdenas.

	F1	F2	F3	F4
Valor propio	0.16	0.03	0.00	0.00
Inercia restringida (%)	81	16	2	0
% acumulado	81	98	100	100

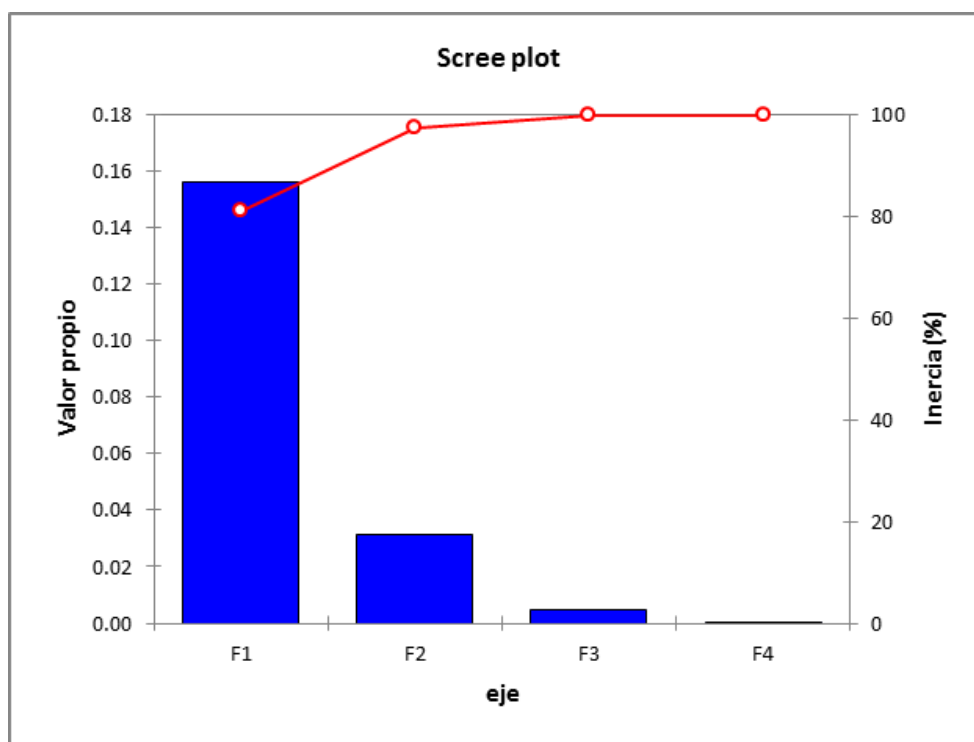


Figura 4 Anexo 9. Gráfico de sedimentación, la línea roja indica el porcentaje acumulado y las barras la disminución de los valores propios para cada eje.

Anexo 9 Tabla 7. Coordenadas estándar de los sitios dentro de cada eje para Lázaro Cárdenas.

	F1	F2	F3	F4
MR2 0m	-0.66	-0.13	0.10	-1.25
MR2 2m	-0.73	-0.14	-0.10	1.19
MR2 10m	1.10	1.68	-0.07	0.03
MR2 50m	1.77	-1.75	0.41	0.08
E34 0m	2.19	-3.24	-21.60	-1.16
E34 5m	1.86	-1.88	-20.23	-1.49
E34 10m	2.05	-2.22	-23.33	-1.72
E34 20m	2.26	-2.66	-21.73	-1.43
E34 30m	2.20	-2.51	-18.26	-0.99
E34 40m	2.26	-2.50	-17.53	-1.06
E34 50m	2.13	-2.02	-6.55	-0.51
E34 72m	2.14	-2.41	-5.84	-1.49
E36 0m	1.92	-3.37	-27.87	-2.30
E36 5m	1.67	-2.85	-24.31	-1.17
E36 11m	1.89	-3.95	-32.43	-3.79

E36 30m	2.31	-2.86	-29.86	-2.56
E36 50m	2.36	-4.51	-33.52	-4.15
E36 75m	2.11	-3.29	-15.20	-2.45
E37 0m	1.59	-3.32	-11.74	-3.03
E37 25m	2.60	-2.77	-35.60	-0.76
E37 30m	3.28	-1.42	-17.75	-0.11
E37 50m	1.87	-3.08	-20.89	-1.34
E37 75m	1.82	-2.75	-9.49	-0.98

Anexo 9 Tabla 8. Coordenadas principales de las especies dentro de cada eje del ACC para la zona de Lázaro Cárdenas.

	F1	F2	F3	F4
Bac hay	0.34	-0.09	-0.11	0.00
Gym cat	0.20	-0.02	0.06	-0.01
Lep min	-0.70	-0.14	-0.01	0.03
Lio elo	-0.16	0.40	-0.02	0.00
Pro ala	-0.70	-0.14	0.00	-0.03
Pse del	0.28	-0.05	0.07	0.01

Anexo 9 Tabla 9. Correlación de las variables fisicoquímicas con cada eje del ACC para la zona de Lázaro Cárdenas..

	F1	F2	F3	F4
Temperatura °C	-0.78	0.61	-0.14	-0.01
Salinidad	0.38	-0.85	0.03	0.36
Clorofila mg/m ³	-0.68	0.72	-0.09	-0.05
O2 mg/L	-0.60	0.78	-0.09	-0.15
Densidad (sigma-t, Kg/m ³)	0.70	-0.69	0.11	0.12
P-PO4	0.87	0.02	0.06	0.49
SiO2	0.99	-0.12	0.05	0.08
N-NO3	0.96	0.19	0.06	-0.20

Anexo 9 Tabla 10. Coeficientes canónicos de las variables fisicoquímicas con cada eje del ACC para la zona de Lázaro Cárdenas.

	F1	F2	F3	F4
Temperatura °C	-0.28	-2.24	-29.23	-3.29
Salinidad	0.85	-0.18	2.65	1.10
Clorofila mg/m ³	-0.13	-0.12	-1.70	0.40
O2 mg/L	0.20	0.98	6.43	-0.44
Densidad (sigma-t, Kg/m ³)	-1.16	-2.22	-21.15	-4.60
P-PO4	-0.17	0.86	6.54	1.73

SiO2	0.81	-0.19	-12.47	-0.13
N-NO3	0.67	-0.18	0.39	-1.17

C)

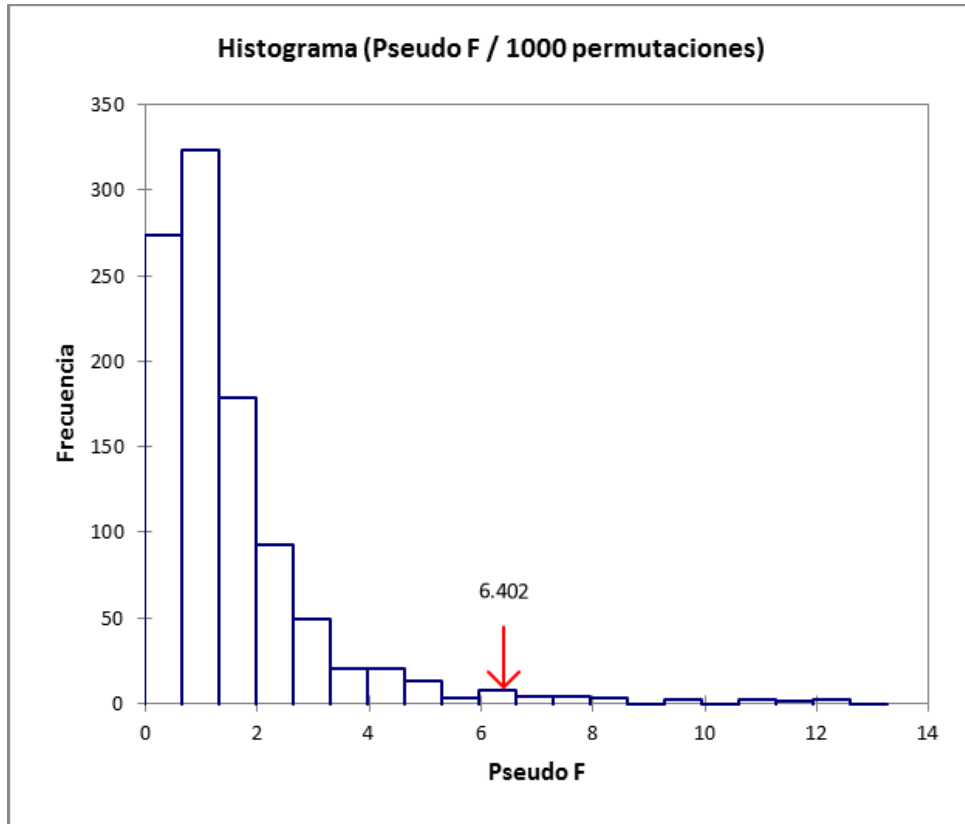


Figura 5 Anexo 9. Histograma de la prueba de permutación para la zona de Guerrero.

Tabla 11 Anexo 9. Valores propios y porcentaje de inercia del ACC para la zona de Guerrero.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Valor propio	0.18	0.09	0.06	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00
Inercia restringida (%)	41.21	19.72	12.68	11.41	6.28	3.74	3.14	1.58	0.23
% acumulado	41.21	60.93	73.61	85.02	91.30	95.04	98.19	99.77	100.00

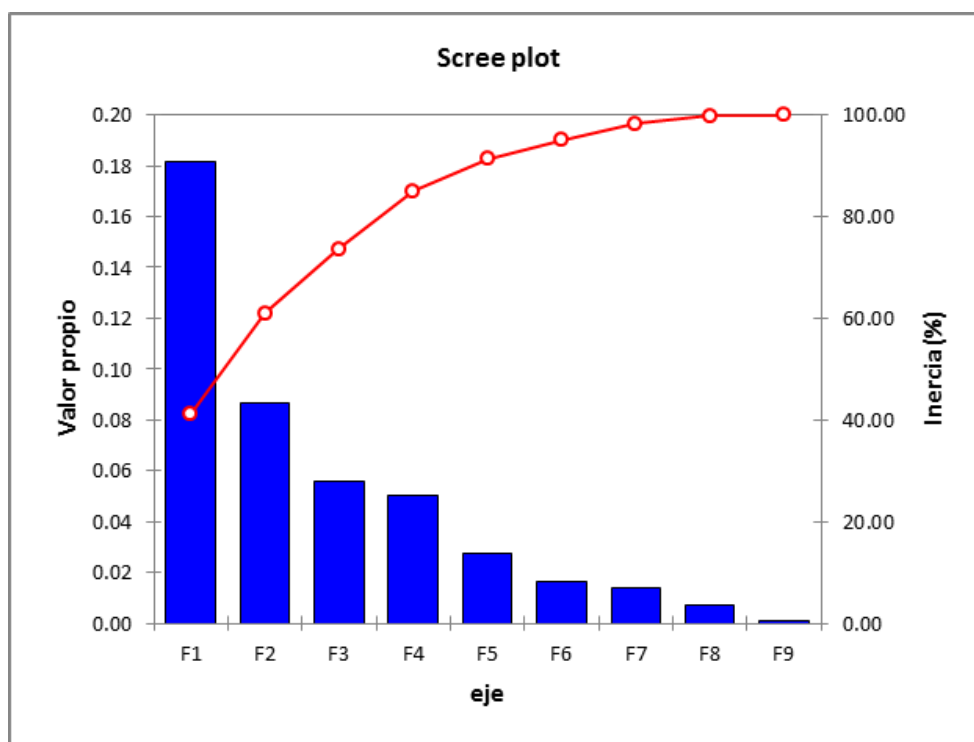


Figura 6 Anexo 9. Gráfico de sedimentación, la línea roja indica el porcentaje acumulado y las barras la disminución de los valores propios para cada eje.

Tabla 12 Anexo 9. Coordenadas estándar de los sitios dentro de cada eje para la zona de Guerrero.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
E40 0m	-0.72	1.75	-2.12	0.53	1.32	-0.93	1.72	-0.48	0.36
E40 12m	-1.58	1.03	2.26	2.31	0.15	0.77	-0.13	-1.37	-0.07
E40 30m	-5.62	-0.81	-2.95	-3.02	-1.48	6.65	-1.66	-1.44	0.44
E40 50m	-4.68	-1.55	-1.79	-2.78	-0.16	-0.71	-0.12	0.64	-0.49
E40 75m	-4.11	-3.24	1.46	0.43	-0.21	-4.53	0.26	2.30	0.20
E41 MR3 0m	0.40	-0.24	0.56	-0.93	-1.24	-0.18	1.42	-0.94	-0.23
E41 Mr3 5m	0.27	-0.06	0.91	-1.20	1.94	0.30	-0.13	0.22	-0.39
E41 MR3 10m	-0.02	1.86	0.17	-0.59	-1.10	-0.48	-1.17	1.11	-0.28
3a 0m	0.40	-0.75	-0.82	0.88	-0.10	0.14	-0.39	0.03	-1.86
3b 0m	0.48	-0.55	-0.43	0.07	0.03	-0.55	-1.25	-1.06	1.28
3C 0m	0.39	-0.46	-0.04	0.66	-0.18	0.93	0.68	1.47	1.09

Tabla 13 Anexo 9. Coordenadas principales de las especies dentro de cada eje del ACC para la zona de Guerrero.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Stro sp	-0.09	0.40	-0.19	0.57	-0.04	-0.03	-0.18	0.01	0.05
Cer bal	0.39	-0.42	0.01	-0.08	0.07	0.11	0.04	-0.08	0.01
Gon sp	0.39	-0.42	0.00	-0.07	0.07	0.11	0.03	-0.08	-0.02
Het sp	0.42	-0.50	-0.18	0.16	-0.38	0.08	0.13	-0.14	0.06
Bac hy	0.22	0.11	-0.17	-0.10	0.06	-0.06	0.08	0.05	-0.02
Cha cur	0.33	-0.02	-0.11	0.01	-0.53	-0.04	-0.13	0.11	-0.03
Cha sp	0.28	0.26	0.34	-0.69	-0.02	-0.20	-0.27	-0.13	0.05
Cyl clo	0.20	0.14	-0.22	-0.09	0.09	-0.09	0.13	0.01	0.00
Dac fra	-0.01	0.30	0.07	0.16	0.11	0.00	0.03	-0.08	-0.02
Dac phu	-0.03	0.30	0.05	0.23	0.07	-0.01	0.04	-0.14	0.00
Gui str	0.22	0.15	-0.14	-0.14	0.05	-0.06	0.05	0.08	-0.03
Has lin	0.11	0.10	0.31	0.07	-0.06	0.11	-0.14	-0.02	-0.07
Lep dan	0.39	-0.46	-0.11	0.12	0.40	0.19	-0.29	0.15	0.03
Pro ala	-0.02	0.34	0.70	-0.05	-0.07	0.27	0.20	0.15	0.05
Pse pun	-0.35	-0.58	0.43	0.26	0.05	-0.34	0.04	0.05	0.00
Tel sp	0.21	0.13	-0.19	-0.08	0.04	-0.06	0.07	0.07	0.04
Pra sp	-0.97	-0.09	-0.14	-0.15	-0.03	0.07	-0.02	-0.01	0.00

Tabla 14 Anexo 9. Correlación de las variables fisicoquímicas con cada eje del ACC para la zona de Guerrero.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Profundidad	-0.65	0.29	0.47	-0.23	0.12	-0.07	-0.34	0.25	-0.15
Temperatura	0.81	0.14	-0.24	0.15	0.14	0.22	0.22	-0.34	0.11
Salinidad	-0.70	-0.53	-0.10	-0.09	-0.04	-0.39	0.10	0.19	0.05
Chl-a	0.86	0.01	0.25	-0.01	-0.10	0.09	-0.41	-0.10	-0.04
N-NH4	0.16	0.06	0.37	-0.50	-0.34	-0.03	0.56	-0.38	-0.11
P-PO4	-0.41	-0.02	-0.35	0.33	0.02	-0.21	-0.69	-0.18	-0.23
SiO2	-0.77	0.21	0.29	-0.18	-0.15	0.02	0.22	0.37	-0.21
N-NO2	-0.72	-0.45	0.00	0.22	0.02	-0.44	-0.08	0.13	-0.03
N-NO3	-0.58	0.05	0.29	-0.12	0.12	0.14	-0.32	0.42	-0.50

Tabla 15 Anexo 9. Coeficientes canónicos de las variables fisicoquímicas con cada eje del ACC para la zona de Guerrero.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Profundidad	0.76	2.01	-0.19	-1.29	2.15	-3.62	0.10	0.75	-0.40
Temperatura	3.98	5.22	-3.21	-1.57	3.63	-11.14	2.63	4.55	-5.62
Salinidad	3.00	3.21	-3.91	-3.65	1.67	-8.55	1.02	4.42	-3.43

Chl-a	2.50	2.28	-1.12	-0.65	-0.20	-5.72	0.45	3.16	-2.41
N-NH4	-0.55	-0.79	0.75	-0.18	-0.29	1.10	0.06	-1.70	-0.20
P-PO4	0.53	1.52	-1.53	-0.52	-0.40	-2.43	-0.15	0.43	-1.52
SiO2	2.76	4.73	-2.56	-0.27	-0.60	-8.16	1.88	4.77	-3.69
N-NO2	-0.53	-1.06	2.39	2.78	0.38	0.63	0.60	-1.21	0.08
N-NO3	-0.49	-1.72	0.50	-0.05	0.84	2.45	-0.14	-0.75	-0.99
