

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA PESQUERA



**Diversidad de fitoplancton marino en las zonas litorales
de Pacasmayo y Magdalena de Cao**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO PESQUERO

AUTOR: Br. Herlinda Ysamar Cruz Gutiérrez

ASESOR: Dra. Alina Mabel Zafra Trelles

COASESOR: Blgo. Pesq. Santos Edilberto Alfaro Mudarra

TRUJILLO - PERÚ

2018

AUTORIDADES DE UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

Dr. ORLANDO MOISÉS GONZÁLES NIEVES

Rector

Dr. RUBÉN CÉSAR VERA VÉLIZ

Vicerrector Académico

Dr. WEYDER PORTOCARRERO CÁRDENAS

Vicerrector de Investigación

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Dr. FREDDY ROGGER MEJÍA COICO

Decano de la Facultad de Ciencias Biológicas

Dr. MOISÉS EFRAÍN DÍAZ BARBOZA

Director de la Escuela Profesional de Biología Pesquera

Dra. ALINA MABEL ZAFRA TRELLES

Directora del Departamento Académico de Pesquería

JURADO DICTAMINADOR

Dr. Luis Angelo Lujan Bulnes

PRESIDENTE

Ms. C. Geiner Manuel Bopp Vidal

SECRETARIO

Dra. Alina Mabel Zafra Trelles

VOCAL

V° B° DEL ASESOR

La que suscribe, Dra. Alina Mabel Zafra Trelles, Asesora de la Tesis: **Diversidad de fitoplancton marino en las zonas litorales de Pacasmayo y Magdalena de Cao.**

Certifica:

Que la tesis ha sido desarrollada de conformidad con los objetivos propuestos y que el informe ha sido revisado y acoge las observaciones y sugerencias alcanzadas.

Por lo tanto autorizo a la Br. HERLINDA YSAMAR CRUZ GUTIERREZ para continuar con el trámite correspondiente.

Dra. Alina Mabel Zafra Trelles

ASESORA

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento con las disposiciones reglamentarias vigentes de la facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo, someto a vuestra consideración la evaluación de la tesis: **Diversidad de fitoplancton marino en las zonas litorales de Pacasmayo y Magdalena de Cao**, siendo uno de los requisitos para optar el título de Biólogo Pesquero.

Trujillo, marzo de 2018

APROBACIÓN DE TESIS

Los profesores que suscriben, miembros del jurado dictaminador, declaran que la tesis titulada “Diversidad de fitoplancton marino en las zonas litorales de Pacasmayo y Magdalena de Cao” ha cumplido los requisitos formales y fundamentales siendo aprobada por unanimidad.

Dr. Luis Angelo Lujan Bulnes

PRESIDENTE

Ms. C. Geiner Manuel Bopp Vidal

SECRETARIO

Dra. Alina Mabel Zafra Trelles

VOCAL

DEDICATORIA

A Dios, Por permitirme gozar de buena salud y brindarme la fortaleza necesaria para culminar con esta investigación.

A mi familia, en especial a mis padres por brindarme el apoyo económico y a mi hermana Lily por ser tan comprensiva conmigo.

AGRADECIMIENTO

A la Ms.C Blga. Betsy Buitron Diaz, jefe del laboratorio costero IMARPE sede Huanchaco, por permitirme el uso de sus instalaciones y equipos necesarios en nuestros muestreos.

Al Blgo. Pesq. Santos E. Alfaro Mudarra, coordinador del proyecto “MONITOREO DE LARVAS DE *Argopecten purpuratus* CONCHA DE ABANICO EN EL LITORAL DE LA REGIÓN LA LIBERTAD”, por permitirme formar parte de su equipo investigación y por su orientación en la ejecución de esta investigación, y por consiguiente al Blgo. Pesq. Carlos E. Goicochea Vigo y al Ing. Víctor A. Rebaza Castillo también integrantes del proyecto, por compartir sus conocimientos y consejos profesionales para con mi persona.

A la Dra. Alina M. Zafra Trelles, por aceptar y comprometerse conmigo en la realización de esta investigación de una manera muy optimista y sobre todo por ser mi guía durante todo este proceso de formación profesional.

A mis amigos: Doris, Katherine, Rosario, Kelly, Soledad y Esteban con quienes compartí muchas experiencias durante el desarrollo de nuestras investigaciones, y en especial a Pamela, por estar siempre apoyándome y aconsejándome

A Roberto y Anthony, por ayudarme y participar conmigo en la identificación del fitoplancton.

ÍNDICE

AUTORIDADES DE UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO	ii
AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS	iii
JURADO DICTAMINADOR.....	iv
V° B° DEL ASESOR.....	v
PRESENTACIÓN.....	vi
APROBACIÓN DE TESIS	vii
DEDICATORIA.....	viii
AGRADECIMIENTO	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
MATERIAL Y MÉTODOS	7
RESULTADOS	15
DISCUSIÓN	47
CONCLUSIONES	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

RESUMEN

Se determinó la diversidad fitoplanctónica en las zonas litorales de Pacasmayo y Magdalena de Cao de mayo a octubre del 2017. Se establecieron seis estaciones de muestreo en Pacasmayo y ocho en Magdalena de Cao, con una frecuencia mensual. Se determinó la composición fioplanctónica, mediante el análisis cualitativo y la densidad celular con el análisis cuantitativo. Se registró 93 especies, representado por el 58% de diatomeas, con especies frecuentes: *Chaetoceros lorenzianus*, *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros debilis*, *Thalassionema nitzschioides*, *Lithodesmium undulatum*, *Coscinodiscus perforatus*, *Coscinodiscus wailessi*, seguidos con un 40% por los dinoflagelados, representado principalmente por los géneros *Protoperdinium*, *Tripes* y *Ceratium*, y el 2% perteneció a los silicoflagelados. Las mayores densidades celulares se presentaron en octubre con concentraciones mayores a 420×10^4 cel/m³ asociados a temperaturas menores de 16,5 °C. La mayor densidad promedio se encontró al noroste de la ensenada de Pacasmayo y a la altura de la Pta. El Brujo, en Magdalena de Cao con 125×10^2 - 189×10^2 cel/m³, respectivamente. El índice de diversidad de Shannon Wiener fue mayor en junio y agosto con valores mayores a 2,25 bits/cel, su variación espacial mostró una distribución más uniforme en Magdalena de Cao con valores mayores a 2 bits/cel en las estaciones más alejadas de la línea costera, mientras que en Pacasmayo su distribución fue más aleatoria, con valores comprendidos entre 1,78 a 2,23 bits /cel. Se tuvo un índice de uniformidad (Pielou) promedio de 0,4. Concluyendo que la diversidad de fitoplancton fue mayor en Magdalena de Cao.

Palabras clave: Diversidad, Fitoplancton, Pacasmayo, Magdalena de Cao.

ABSTRACT

Phytoplanktonic diversity was determined in the coastal areas of Pacasmayo and Magdalena de Cao from May to October 2017. Six sampling stations were established in Pacasmayo and eight in Magdalena de Cao, with a monthly frequency. The phytoplanktonic composition was determined by qualitative analysis and cell density with quantitative analysis. 93 species were recorded, represented by 58% of diatoms, with frequent species: *Chaetoceros lorenzianus*, *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros debilis*, *Thalassionema nitzschioides*, *Lithodesmium undulatum*, *Coscinodiscus perforatus*, *Coscinodiscus wailessi*, followed by 40% by dinoflagellates, represented mainly by the genera *Protoperdinium*, *Triplos* and *Ceratium*, and 2% belonged to the silicoflagellates. The highest cell densities occurred in October with concentrations higher than 420×10^4 cel / m³ associated with temperatures lower than 16,5 ° C. The highest average density was found at the northwest of the Pacasmayo inlet and at the height of Pta. El Brujo, in Magdalena de Cao with 125×10^2 - 189×10^2 cel / m³, respectively. The Shannon Wiener diversity index was higher in June and August with values higher than 2,25 bits / cel, its spatial variation showed a more uniform distribution in Magdalena de Cao with values greater than 2 bits / cel in the stations farthest from the coastal line, while in Pacasmayo its distribution was more random, with values between 1,78 to 2,23 bits / cel. There was an average uniformity index (Pielou) of 0,4. Concluding that the phytoplankton diversity was higher in Magdalena de Cao.

Key words: Diversity, Phytoplankton, Pacasmayo, Magdalena de Cao.

INTRODUCCIÓN

El fitoplancton marino es una comunidad formada por numerosos grupos de microalgas que generalmente se encuentran a la deriva en el medio pelágico y que tienen capacidad de fotosíntesis, formando por lo tanto la base de la cadena alimenticia en este medio acuático (Bravo, 2004), encontrándose distribuidos a lo largo de toda la costa, en ciertas áreas la mayor abundancia llega hasta las 60 millas náuticas, siendo representada por las diatomeas, como uno de los componentes principales, dinoflagelados y cocolitofóridos (Delgado, 1995).

Los estudios de fitoplancton comenzaron en los años 60, con mayor énfasis en la cuantificación de su productividad primaria, además de los que estuvieron enfocados en la taxonomía del fitoplancton en las zonas costeras del Perú (Sánchez, 1994)

El Sistema de surgencias de la corriente de Humboldt, es considerado entre los sistemas más productivos del mundo, extendiéndose a lo largo del Pacífico Sur oriental frente a Chile y Perú. En particular las aguas costeras frente a Perú atraen un considerable interés por encontrarse entre las más fértiles y productivas del mundo siendo objeto de números estudios tanto de carácter nacional (IMARPE) e internacional (Graco et. al 2007).

Para las aguas peruanas, se han registrado un total 169 especies de diatomeas agrupadas en 62 géneros, 20 familias y 2 órdenes, en tanto se tiene un registro de 208 especies de dinoflagelados incluidas en 39 géneros, 21 familias y 8 ordenes

representando el 12 y 14% del total de especies registradas para estos dos grupos a nivel mundial (Ochoa, 1999).

La productividad del mar depende de la interacción de los parámetros físicos, químicos y biológicos del medio (Delgado y Sánchez, 2015). Las características peculiares que presenta nuestro mar peruano, como la corriente peruana responsable del afloramiento costero y de la alta productividad de este, hacen de gran interés la investigación del fitoplancton como sostén del ecosistema marino (Villanueva, 1997).

Strickland et al. (1969) consideran dos condiciones biológico-oceanográficas diferentes presentes en el mar peruano, una caracterizada por altas concentraciones de nutrientes en aguas superficiales y subsuperficiales, y con reducida cantidad de fitoplancton denominada “aguas azules” y las “aguas marrones” donde el contenido de nutrientes es bajo en aguas superficiales pero con elevada producción de fitoplancton.

Calienes (2014) indica que el intercambio de los elementos químicos entre el agua y los organismos se realiza mediante un proceso cíclico que comprende una fase de síntesis (uso de nutrientes) y la regeneración (devolución de nutrientes como productos de descomposición) además que el crecimiento del fitoplancton en aguas peruanas, varía de 0,5 a 0,8 d/d (doble de carbono celular por día) y en temperaturas bajas se originan un cambio en la composición del fitoplancton reduciendo el índice de productividad.

Morón (2000) indica que el Perú, por su ubicación geográfica y la configuración de su costa, así como la presencia de los vientos alisios del SE que soplan paralelo a la costa, es uno de los países con gran intensidad de afloramiento incluyendo nuestras áreas de estudio (7°S), estando relacionado íntimamente los nutrientes: fosfatos, silicatos, nitratos y nitritos con la intensidad del afloramiento y en menor relación al aporte terrígeno.

El crecimiento explosivo del fitoplancton, también conocido como floraciones algales son un fenómeno natural que contribuye a sostener la producción de bivalvos y de pequeños peces pelágicos, como la sardina y la anchoa, especies fundamentales dentro de la cadena trófica (UNESCO, 2011) y según las concentraciones de sus componentes dependerá la supervivencia y por ende el crecimiento y reproducción de dichas especies pelágicas (Delgado y Chang, 2015).

Armijos (2007) define al plancton marino como un indicador biológico, debido a su alta sensibilidad a las propiedades físicas y químicas del océano, por lo que estos parámetros determinan su distribución tanto vertical como horizontal, siendo un potencial indicador de eventos oceanográficos como el evento El Niño y otras condiciones oceanográficas que se presentan en el ecosistema marino. Ochoa et al. (1985) sostienen que el dinoflagelado *Protoperdinium obtusum* es un principal indicador de Aguas Costeras Frías (ACF), mientras que *Ceratium praelongum* (Ochoa y Gómez, 1997), indica la presencia de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) y Rojas de Mendiola et al. (1985) señalan a la especie *Ceratium breve* como indicador de un evento El Niño (AES).

López et al. (2016) refieren que los fenómenos climáticos como El Niño, el calentamiento global, y efectos como la acidificación y la eutrofización del océano, son los principales responsable de la variación de la abundancia y la disminución del tamaño del fitoplancton observando así que el aumento de la temperatura del agua tiene como consecuencia la disminución de hasta cuatro veces el tamaño promedio del fitoplancton causando profundos impactos en la cadena alimenticia.

Delgado y Jacobo (2015) reportan que en primavera (estación de afloramiento), la composición fitoplanctónica de la zona nerítica se caracterizó por presentar especies de fases iniciales de la sucesión y conforme se incrementó la distancia a la costa la comunidad fue cambiando a especies intermedias y/o avanzadas.

A los 7°S y 79°W, en las zonas de Pacasmayo y Magdalena de Cao, la distribución de concentraciones de fitoplancton de 0 a 30 mn y a 10 m de profundidad es de 0,6 mL.m⁻³ y entre los 30 a 60 mn el volumen es de 1,4 mL.m⁻³, a una temperatura superficial de 18 °C y 34,9 ups de salinidad (Delgado et al. 2015).

Delgado et al. (2000) indican que los volúmenes de plancton en invierno fluctúan de 0,11 a 7,92 ml/m³, llegando a un valor máximo de 6,05 ml/m³ dentro de las 30 mn, con un índice de diversidad menores de 1,1 bits/cel, entre los 7°- 9° S encontrándose a las diatomeas como organismos dominantes en todas las profundidades.

La comunidad fitoplanctónica varía en la dominancia de algunas especies Castro et al. (2007) destacan que dentro del área 7° 41'29,4''S -79°26'8''W, durante febrero el dinoflagelado que más sobresale es *Protoperidinium depressum*, de marzo a julio

la diatomea dominante es *Coscinodiscus perforatus*, durante agosto *Chaetoceros didymus*, en septiembre *Skeletonema costatum*, en octubre la diatomeas *Thalassiosira mendiolana* es predominante y en los últimos meses del año *Coscinodiscus perforatus* vuelve a ser abundante.

La preocupante situación sobre el calentamiento de los océanos, pone en riesgo la existencia del fitoplancton, Thomas et al. (2012) predicen que los efectos del calentamiento de los océanos, en la diversidad fitoplanctónica sufriría una fuerte disminución frente al calentamiento en ausencia a una respuesta evolutiva, ya que consideran que el fitoplancton está bien adaptado a las temperaturas locales actuales, y no podría adaptarse con suficiente rapidez a los cambios drásticos de temperatura.

Margalef (1969) sostiene que la diversidad constituye un importante carácter sintético o “macroscópico” de las poblaciones mixtas, que está muy relacionado con las propiedades estructurales y funcionales de los ecosistemas, siendo así imposible de calcular la diversidad del conjunto, por la dificultad que representa obtener e identificar todos los organismos presentes en el volumen de agua que se intenta estudiar.

La diversidad de fitoplancton en los ecosistemas marinos varía fuertemente en el espacio, es así que Barton et al. (2010) en un estudio realizado indican una disminución en la diversidad del fitoplancton al aumentar la latitud.

Ochoa y Tarazona (2003) consideran que el estudio de las características y la dinámica de la comunidad fitoplanctónica en áreas de importante actividad

extractiva, es fundamental, ya que permite conocer el funcionamiento del ecosistema y de sus recursos. Sabiendo que dentro de la latitud comprendida entre 7°S y 10°S se encuentra la zona más ancha de la plataforma continental presentando una vida abundante y variada de recursos hidrobiológicos (Moron, 2000) por tal motivo es que esta investigación tiene como objetivo principal determinar la diversidad de fitoplancton marino en las zonas litorales de Pacasmayo y Magdalena de Cao.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el litoral de Pacasmayo ubicada en el área comprendida de $7^{\circ}23'15,26''\text{S}$ – $79^{\circ}34'50,58''\text{W}$ a $7^{\circ}20'18,44''\text{S}$ - $79^{\circ}36'20,62''\text{W}$ y en Magdalena de Cao, ubicada entre $7^{\circ}56'31,93''\text{S}$ - $79^{\circ}18'10,83''\text{W}$ a $7^{\circ}51'42,73''\text{S}$ - $79^{\circ}22'0,65''\text{W}$.

En Pacasmayo se establecieron cuatro perfiles con seis estaciones, ubicadas entre la playa Barranca y la quebrada Olitares (Figura 1) las que fueron:

Estaciones

- E1: $7^{\circ}23'15,26''\text{S}$ - $79^{\circ}34'50,58''\text{W}$
- E2: $7^{\circ}22'58,99''\text{S}$ - $79^{\circ}35'58,93''\text{W}$
- E3: $7^{\circ}22'9,09''\text{S}$ - $79^{\circ}35'19,88''\text{W}$
- E4: $7^{\circ}21'14,85''\text{S}$ - $79^{\circ}35'37,23''\text{W}$
- E5: $7^{\circ}21'9,43''\text{S}$ - $79^{\circ}36'33,64''\text{W}$
- E6: $7^{\circ}20'18,44''\text{S}$ - $79^{\circ}36'20,62''\text{W}$

En Magdalena de Cao se establecieron cinco perfiles con ocho estaciones paralelas a la franja costera a la altura de la Pta. El Brujo (Figura 1) siendo:

Estaciones

- E1: $7^{\circ}56'31,93''\text{S}$ - $79^{\circ}18'10,83''\text{W}$
- E2: $7^{\circ}57'21,42''\text{S}$ - $79^{\circ}19'22,31''\text{W}$
- E3: $7^{\circ}55'47,95''\text{S}$ - $79^{\circ}19'48,70''\text{W}$
- E4: $7^{\circ}53'46,98''\text{S}$ - $79^{\circ}20'30,48''\text{W}$
- E5: $7^{\circ}54'47,47''\text{S}$ - $79^{\circ}21'49,65''\text{W}$
- E6: $7^{\circ}53'15,10''\text{S}$ - $79^{\circ}22'3,95''\text{W}$
- E7: $7^{\circ}51'42,73''\text{S}$ - $79^{\circ}22'0,65''\text{W}$
- E8: $7^{\circ}52'33,31''\text{S}$ - $79^{\circ}23'33,02''\text{W}$

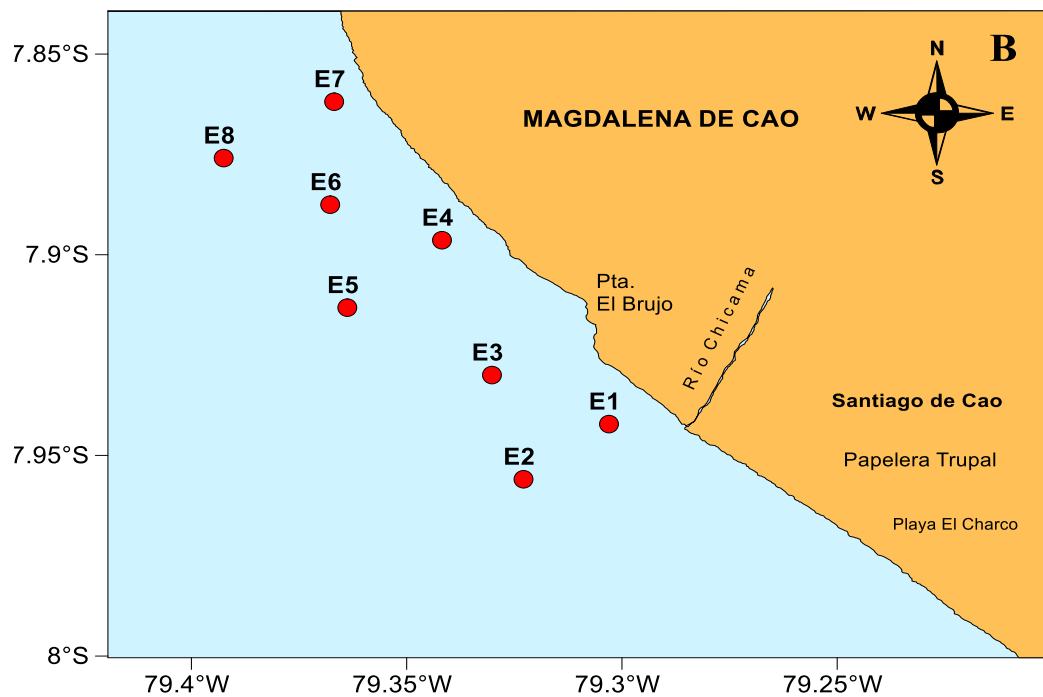
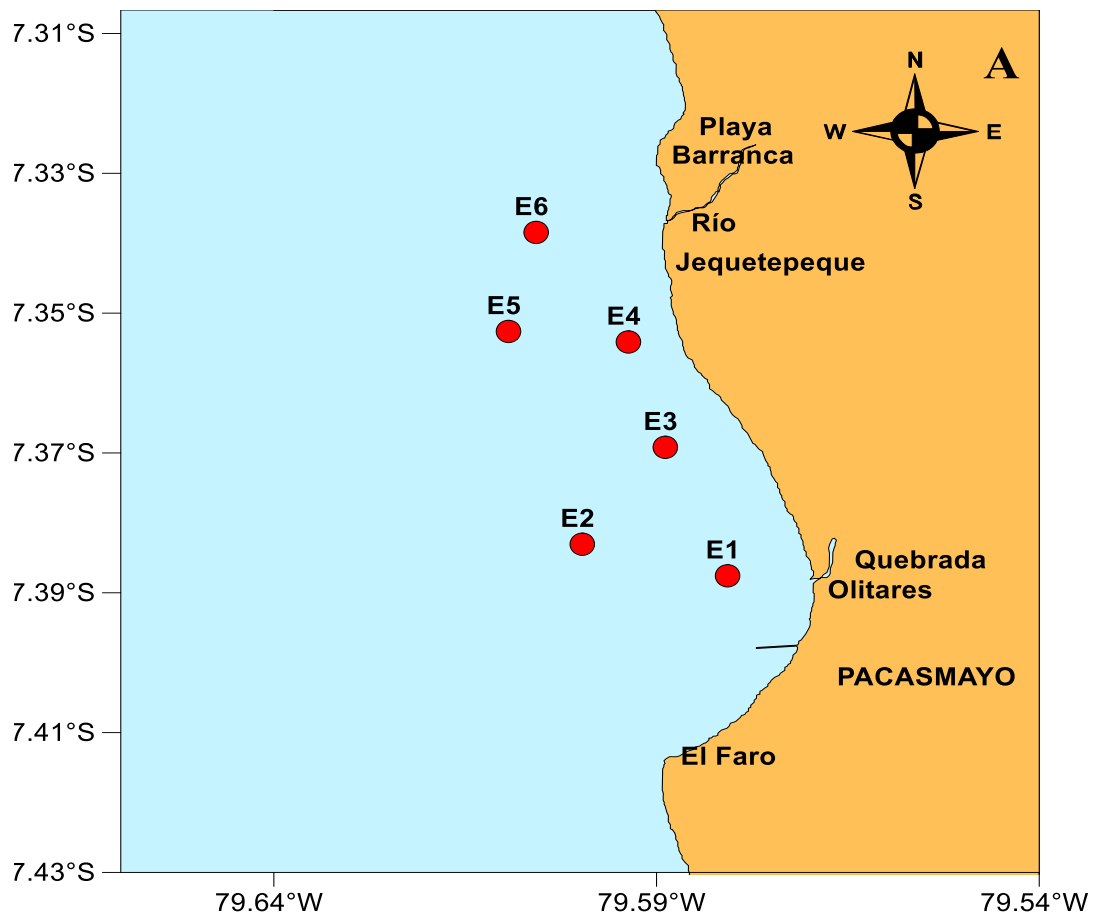


Figura 1.- Carta de estaciones de monitoreo de Pacasmayo (A) y Magdalena de Cao (B), 2017.

El monitoreo se realizó de mayo a octubre 2017, con una frecuencia mensual, a bordo de la embarcación “Don Paco” de 2 TM de capacidad, propulsado a motor fuera de borda marca Yamaha de 50 hp. Cada estación se georeferenció con un GPS Garmin programado al Datum WGS-84.

La toma de la muestra de fitoplancton superficial por estación, se realizó mediante un arrastre horizontal durante 5 minutos y a 3 nudos de velocidad, se utilizó una red de fitoplancton de 75μ de abertura de malla y 13,5 cm de diámetro de boca de red (Figura 2). Se obtuvo un total de 84 muestras, las mismas que se preservaron con formalina al 5 %, en frascos de 250 ml de capacidad, etiquetados con la zona, estación y fecha de muestreo, para su posterior traslado al laboratorio costero de Huanchaco – IMARPE.



Figura 2.- Toma de las muestras; A, B y C: biológica (fitoplancton) con red de 75μ y D: química (oxígeno mediante el método de WINKLER) en las estaciones de muestreo de mayo a octubre, 2017.

La composición fitoplanctónica se determinó mediante el análisis cualitativo, para ello se realizó la observación de una submuestra (concentrada) de un mililitro, en un microscopio óptico compuesto ACCU-SCOPE a un aumento de 20 y 40X, y mediante consulta de claves taxonómicas de Cupp (1943), Balech, (1988), Al-Kandari, et al. (2009), Espinosa et al. (2013) y Pesantes (2014).



Figura 3.- Análisis de las muestras de fitoplancton procedentes de la zonas litorales de Pacasmayo y Magdalena de Cao, 2017.

La determinación de la densidad celular (células por m³), se realizó mediante un análisis cuantitativo. El recuento se realizó en un microscopio compuesto a un aumento de 10X de una submuestra de un mililitro de la muestra original homogenizada con movimiento circulares y suaves que impidieron la destrucción de algunos fitopláctones; para ello se utilizó una cámara de Sedgewick Rafter (Figura 4), método de conteo celular que consta de una base transparente sobre la que se encuentra montada una cámara de 50×20×1 mm, por lo que su capacidad fue de 1 ml.

Los resultados de la concentración celular se expresaron en cel/m³. Donde el volumen de agua filtrada se calculó mediante la fórmula (IMARPE, 2015):

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

Donde:

K = Volumen de agua de mar filtrada por la red en m³.

r = Radio de la boca de la red estándar en metros

h = Distancia recorrida por la red, en metros

h, se obtiene de la fórmula:

$$h = v * t$$

Donde:

V = velocidad de arrastre (millas/hora)

t = tiempo de arrastre (5 minutos)

El número total de células se determinó dividiendo el número total de células encontradas en la muestra (250 ml) por el volumen de agua filtrada.



Figura 4.- Cámara Sedgewick Rafter, usada en el análisis cuantitativo de fitoplancton.

Para la relación de las variables biológicas con las variables oceanográficas. Se tomaron los siguientes parámetros físico-químicos a nivel superficial: la temperatura (°C) se registró con un termómetro, de rango -2 a 32 °C con una sensibilidad de 0,1 °C. El oxígeno disuelto (ml/L) se determinó mediante el método de WINKLER modificado por Carrit y Carpenter (1966) y la salinidad (ups) se registró con un CTD- Sea-Bird 19 plus.

Índices de diversidad

Shannon y Wiener (H')

Basado en la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, cuyos resultados son expresados en bits/cel. Adquiriendo valores comprendidos en 0 (1 sola especie) y 5 (cuando las especies están representados por el mismo número de individuos) (Moreno, 2001).

$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i$$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la i ésima especie (n_i / n)

n_i = número de individuos de una especie

n = total de individuos

Pielou (J')

Fundamentado en base a la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1 (todas las especies son igualmente abundantes) (Moreno, 2001).

$$J' = (H' / H'_{\max})$$

Donde:

$$H'_{\max} = \ln(S).$$

Tratamiento estadístico

La data de abundancia celular se ingresó en el programa estadístico Primer V6, con lo que se logró estimar los índices anteriormente mencionados, además con este programa se determinó el grado de similitud entre todas las estaciones de muestreo, en base al análisis de clasificación mediante el índice de Bray-Curtis. Con el programa Surfer v.12 se graficó las cartas con las distribuciones de las estaciones de muestreo y las isoclinas de distribución. Con el software SPSS v.24 Se estimó el grado de correlación entre las variables cuantitativas (densidad, temperatura, salinidad y oxígeno). Para ello se realizó el test de Bondad de Ajuste Shapiro – Wilk para determinar la distribución normal de las variables en relación a su grado de significancia ($p > 0,05$ presentan una distribución normal). Y determinar el índice de correlación con las pruebas estadísticas paramétricas de Pearson (variables con distribución normal) y no paramétricas de Spearman (variables con distribución no normal).

RESULTADOS

I. COMPOSICIÓN CUALITATIVA FITOPLANCTÓNICA

La comunidad fitoplanctónica entre mayo a octubre estuvo conformada por la presencia de 93 especies en total (Tabla 1), en la zona de Pacasmayo se encontró un total de 82 especies de las cuales: 47 fueron diatomeas representando el 57,32% del total, 33 dinoflagelados indicando un 40,24% y 2 silicoflagelados representando el 2,44%. En cuanto a Magdalena de Cao se identificaron 87 especies, teniendo como grupo predominante también a las diatomeas, con 50 especies y un 57,47% del total, 35 especies de dinoflagelados conformando el 40,23%, mientras que en los silicoflagelados tuvieron un total de 2 especies denotando el 2,30% (Figura 5).

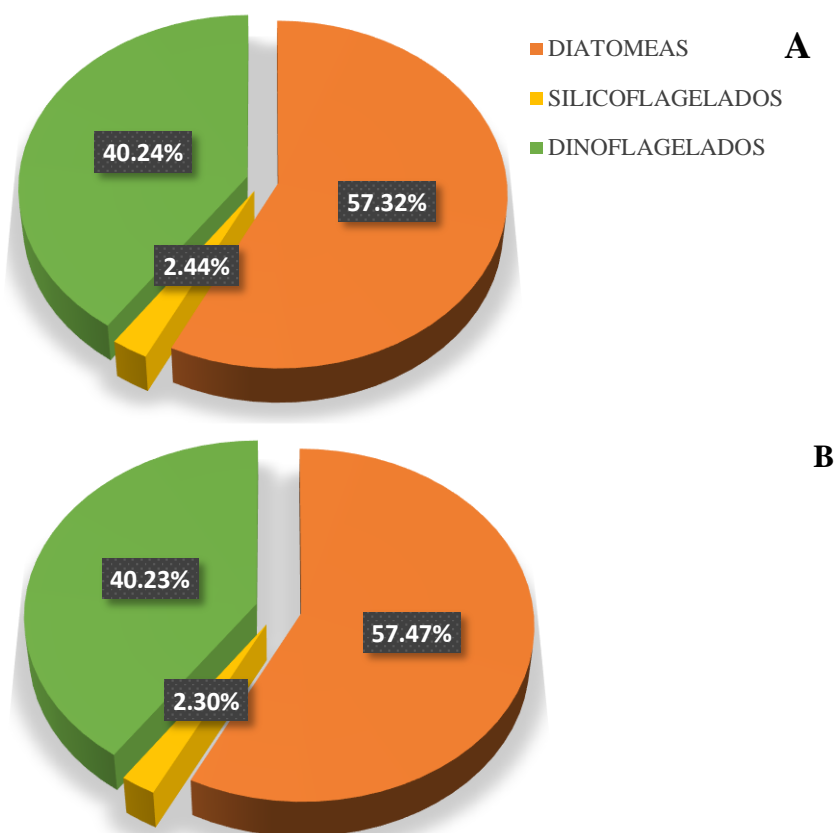


Figura 5. Variación porcentual de los grupos del fitoplancton en Pacasmayo (A) y Magdalena de Cao (B) de mayo a octubre, 2017.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de especies de Dinoflagelados, Diatomeas y Silicoflagelados, identificadas en los muestreos de mayo a octubre, en Pacasmayo y Magdalena de Cao, 2017.

Clase	Orden	Familia	Genero	Especie
B A C I L L A R I O P H Y C E A	Coscinodiscales	Coscinodiscaceae	Coscinodiscus	<i>Coscinodiscus centralis</i> <i>Coscinodiscus granii</i> <i>Coscinodiscus perforatus</i> <i>Coscinodiscus gigas</i> <i>Coscinodiscus wailessi</i> <i>Coscinodiscus concinnus</i> <i>Coscinodiscus sp.</i>
		Heliopeltaceae	Actinoptychus	<i>Actinoptychus sp.</i> <i>Actinoptychus splendens</i> <i>Actinoptychus senarius</i>
	Fragilariales	Fragilariaceae	Asterionellopsis	<i>Asterionellopsis glacialis</i>
	Biddulphiales	Biddulphiaceae	Biddulphia	<i>Biddulphia antediluviana</i>
			Trigonio	<i>Trigonium alternans</i>
		Chaetocerotaceae	Chaetoceros	<i>Chaetoceros affinis</i> <i>Chaetoceros debilis</i> <i>Chaetoceros danicus</i> <i>Chaetoceros decipiens</i> <i>Chaetoceros didymus</i> <i>Chaetoceros diversus</i> <i>Chaetoceros lorenzianus</i> <i>Chaetoceros socialis</i> <i>Chaetoceros compressus</i>
	Bacillariales	Bacillariaceae	Cylindrotheca	<i>Cylindrotheca closterium</i>
			Pseudo-nitzschia	<i>Pseudo-nitzschia sp.</i>
	Hemiaulales	Hemiaulaceae	Cerataulina	<i>Cerataulina sp.</i>
	Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	Thalassiosira	<i>Thalassiosira gravida</i> <i>Thalassiosira anguste-lineata</i>
			Planctoniella	<i>Planctoniella sol</i>
	Thalassionematales	Thalassionemataceae	Thalassionema	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> <i>Thalassionema nitzschioides</i>
			Thalassiothrix	<i>Thalassiothrix sp.</i>
		Skeletonemaceae	Skeletonema	<i>Skeletonema costatum</i>
			Detonula	<i>Detonula pumila</i>
	Lithodesmiales	Lithodesmiaceae	Lithodesmium	<i>Lithodesmium undulatum</i>
			Ditylum	<i>Ditylum brightwellii</i>
			Tropidoneis	<i>Tropidoneis sp.</i>
	Striatellales	Striatellaceae	Grammatophora	<i>Grammatophora marina</i>
	Licmophorales	Licmophoraceae	Licmophora	<i>Licmophora abbreviata</i>
	Surirellales	Entomoneidaceae	Entomoneis	<i>Entomoneis alata</i>
	Leptocylindrales	Leptocylindraceae	Leptocylindrus	<i>Leptocylindrus minimus</i>
	Naviculales	Naviculaceae	Membraneis	<i>Membraneis challengeri</i>
		Pleurosigmaaceae	Pleurosigma	<i>Pleurosigma angulatum</i> <i>Pleurosigma elongatum</i>
	Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	Rhizosolenia	<i>Rhizosolenia imbricata</i> <i>Rhizosolenia setigera</i>
			Guinardia	<i>Guinardia flaccida</i>
			Neocalyptrella	<i>Neocalyptrella robusta</i>
			Proboscia	<i>Proboscia alata</i> <i>Proboscia indica</i>
			Pseudosolenia	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>
	Triceratiales	Triceratiaceae	Odontella	<i>Odontella aurita</i>
	Melosirales	Stephanopyxidaceae	Stephanopyxis	<i>Stephanopyxis palmeriana</i> <i>Stephanopyxis turris</i>

Continuación de tabla.				
D I N O P H Y C E A E	Dinophysiales	Amphisoleniaceae	Amphisolenia	<i>Amphisolenia globifera</i>
			Triposolenia	<i>Triposolenia depressa</i>
	Dinophysiales	Dinophysiaceae	Dinophysis	<i>Dinophysis caudata</i>
				<i>Dinophysis tripos</i>
	Gonyaulacales	Ceratiaceae	Ceratium	<i>Ceratium fusus</i>
				<i>Ceratium horridum</i>
				<i>Ceratium Tripos</i>
				<i>Ceratium trichoceros</i>
				<i>Ceratium symmetricum</i>
				<i>Ceratium sp.</i>
			Tripos	<i>Tripos dens</i>
				<i>Tripos furca</i>
				<i>Tripos lineatus</i>
			<i>Tripos longipes</i>	
			<i>Tripos macroceros</i>	
			<i>Tripos lunula</i>	
			<i>Tripos platycornis</i>	
			<i>Tripos Pulchellus</i>	
	Noctilucales	Noctilucaceae	Noctiluca	<i>Noctiluca sp.</i>
	Peridinales	Peridiniaceae	Scrippsiella	<i>Scrippsiella trochoidea</i>
		Protoperidiniaceae	Protoperidinium	<i>Protoperidinium conicum</i>
				<i>Protoperidinium claudicans</i>
				<i>Protoperidinium crassipes</i>
				<i>Protoperidinium depressum</i>
				<i>Protoperidiniummexcentricum</i>
				<i>Protoperidinium grande</i>
				<i>Protoperidinium leonis</i>
				<i>Protoperidinium obtusum</i>
				<i>Protoperidinium oceanicum</i>
				<i>Protoperidinium pentagonum</i>
				<i>Protoperidinium minutum</i>
				<i>Protoperidinium pellucidum</i>
				<i>Protoperidinium mendiolae</i>
				<i>Protoperidinium thulesense</i>
				<i>Protoperidinium humile</i>
				<i>Protoperidinium sp.</i>
				<i>Protoperidinium sp1</i>
	Pyrocystales	Pyrocystaceae	Pyrocystis	<i>Pyrocystis lunula</i>
DICTYOCOPHYCEAE	Dictyochales	Dictyochaceae	Dictyocha	<i>Dyctiocha fibula</i>
			Octactis	<i>Octactis octonaria</i>

Distribución mensual de los grupos de fitoplancton

Durante los seis meses de muestreo el grupo de las diatomeas fue predominante, presentando el mayor número de especies, por el contrario los silicoflageados tuvieron la menor representatividad de especies en las dos zonas de estudio. En

Pacasmayo, las diatomeas variaron de 26 a 32 especies , presentando el mayor pico en septiembre con 34 especies. Los dinoflagelados durante todos los meses tuvieron una tendencia ascendente de 14 a 25 especies a excepción de septiembre, en donde se registró el punto de inflexión más bajo con 11 especies, en cuanto a los silicoflagelados se presentaron las dos únicas especies en julio y septiembre (Figura 6). En Magdalena de Cao la diatomeas tuvieron una variación mínima durante los meses de muestreo a diferencia de Pacasmayo, de 31 a 35, en los dinoflagelados los valores oscilaron entre 14 a 22 especies presentenado el pico mas bajo en junio con 10 especies, mientras que los silicoflagelados tuvieron una tendencia mensual más constante de dos especies a excepción de los dos últimos meses presentando solo una especie (Figura 7).

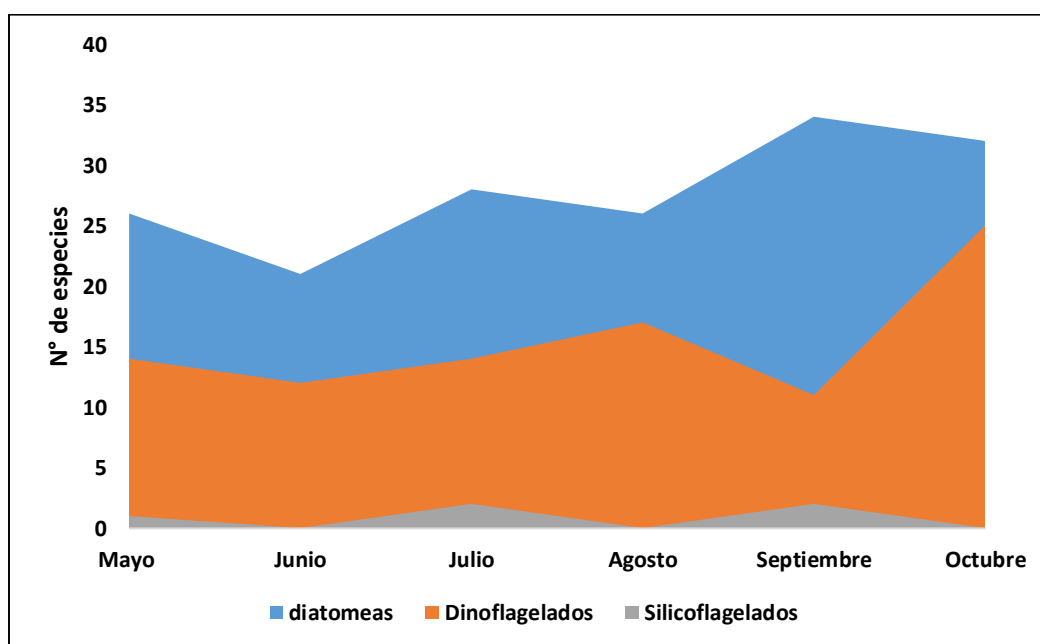


Figura 6. Variación mensual la riqueza de los grupos taxonómicos de fitoplancton en la zona de Pacasmayo de mayo a octubre, 2017.

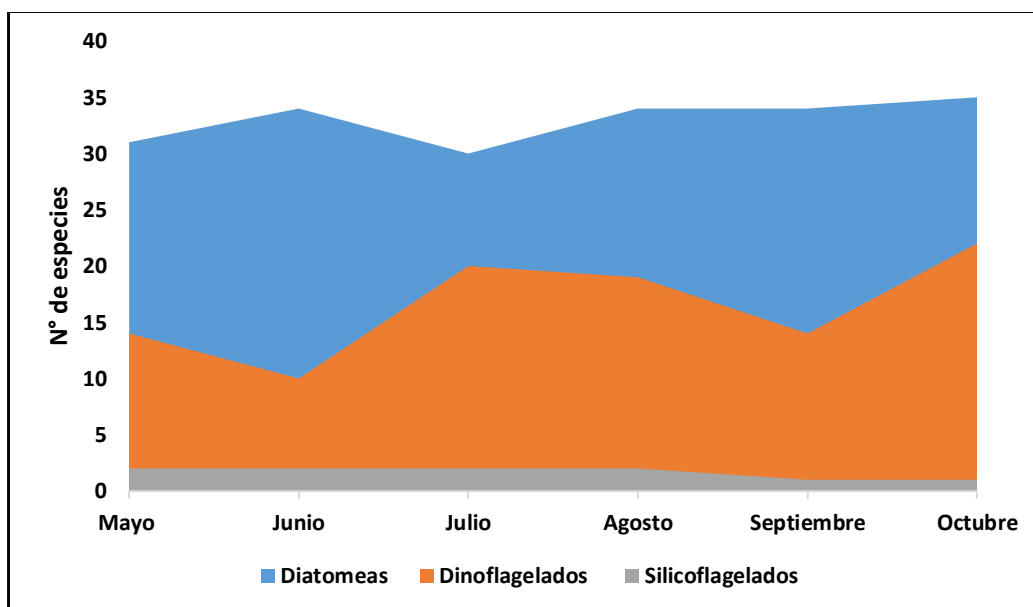


Figura 7. Variación mensual de la riqueza de los grupos taxonómicos de fitoplancton en la zona de Magdalena de Cao, de mayo a octubre, 2017.

Variación mensual de la riqueza específica

Las variaciones de la riqueza específica en Pacasmayo y Magdalena de Cao mostraron una tendencia ascendente de mayo a octubre, de 47 a 58 especies en Magdalena de Cao y en Pacasmayo de 40 a 57 especies, aunque con algunas inclinaciones menores en junio para Magdalena de Cao y agosto para Pacasmayo, las más marcadas se observaron en septiembre en Magdalena de Cao y junio en Pacasmayo, llegando las dos zonas a su máximo riqueza en octubre (Figura 8).

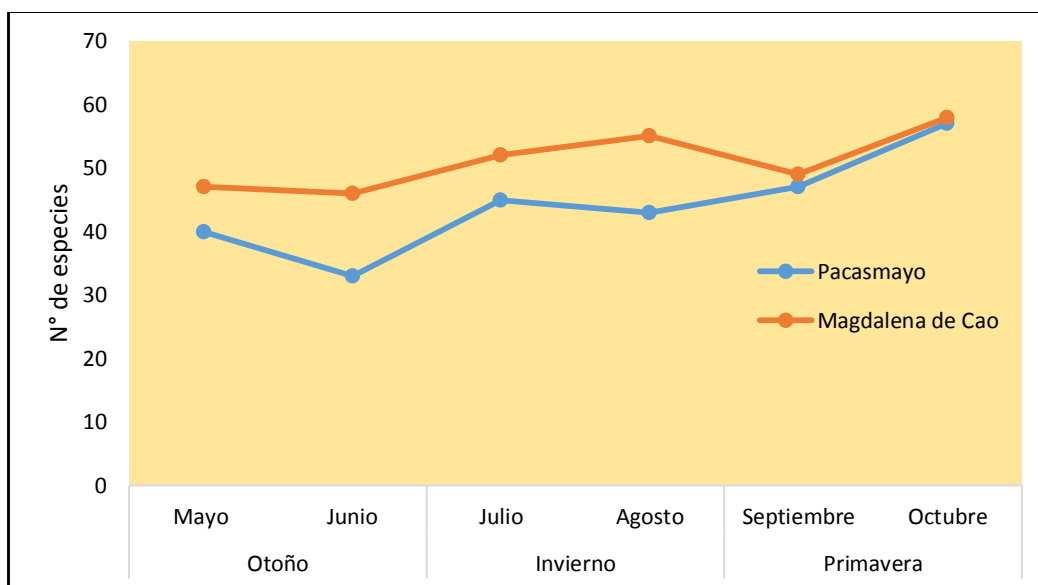


Figura 8. Riqueza específica mensual de fitoplancton en las zonas litorales de Pacasmayo y Magdalena de Cao de mayo a octubre, 2017.

Frecuencia Relativa (%) de especies de fitoplancton.

Las especies del grupo de las diatomeas típicas de afloramiento presentaron la mayor presencia en la zona de Magdalena de Cao, en tanto Pacasmayo presentó la mayor frecuencia de especies de dinoflagelados.

Los silicoflagelados fueron los que tuvieron menor representatividad dentro del fitoplancton, sin embargo el mayor porcentaje se observó en Magdalena de Cao (figura 9)

En Pacasmayo las especies más frecuentes dentro del grupo de las diatomeas fueron: *Coscinodiscus granii* (100%), *Coscinodiscus perforatus* (100%), *Chaetoceros lorenzianus* (100%), *Actinoptychus sp* (92%), *Chaetoceros debilis* (69%), *Coscinodiscus centralis* (97%), *Coscinodiscus gigas* (67%), *Coscinodiscus waillessi* (97%), *Coscinodiscus sp.* (50%), *Lithodesmiun undulatum* (97%),

Odontella aurita (89%), *Pleurosigma angulatum* (94%), *Skeletonema costatum* (81%), *Thalassionema nitzschioides* (69%) y *Thalassiosira gravida* (61%) (Figura 9).

En tanto en el grupo de los dinoflagelados las especies con más número de apariciones fueron: *Ceratium fusus* (69%), *Ceratium horridum* (94%), *Dinophysis caudata* (81%), *Protoperidinium conicum* (64%), *Protoperidinium crassipes* (78%), *Protoperidinium depressum* (97%), *Protoperidinium pentagonum*, *Tripos dens* (78%) y *Tripos furca* (81%) (Figura 10), encontrando a estas especies presentes en todos los meses de muestreo a excepción de algunas especies de diatomeas y dinoflagelados como: *Coscinodiscus gigas*, que estuvo ausente en mayo y junio, *Coscinodiscus sp.* observado en agosto, septiembre y noviembre, *Thalassionema nitzschioides* y *Thalassiosira gravida* ausentes en junio y agosto respectivamente y *Ceratium fusus* ausente en septiembre.

Además se podría considerar como especie frecuente a *Actinoptychus splendens*, encontrada en todos los meses de análisis pero con pocas apariciones en las muestras.

En Magdalena de Cao, las diatomeas más frecuentes fueron: *Coscinodiscus perforatus* (100%), *Chaetoceros lorenzianus* (100%), *Coscinodiscus centralis* (100%), *Lithodesmiun undulatum* (100%), *Actinoptychus sp.* (83%), *Actinoptychus splendens* (50%), *Asterionellopsis glacialis* (50%), *Chaetoceros debilis* (92%), *Chaetoceros compressus* (65%), *Coscinodiscus granii* (98%), *Coscinodiscus waillessi* (94%), *Neocalyptrella robusta* (54%), *Odontella aurita* (83%),

Pleurosigma angulatum (94%), *Pseudo-nitzschia sp* (58%), *Skeletonema costatum* (98%), *Thalassionema nitzschioides* (83%) y *Thalassiosira gravida* (85%) (Figura 9).

En el grupo de los dinoflagelados las especies más frecuentes fueron: *Ceratium fusus* (70%), *Ceratium horridum* (77%), *Dinophysis caudata* (50%), *Protoperidinium crassipes* (52%), *Protoperidinium depressum* (94%), *Protoperidinium pentagonum* (67%), *Tripos dens* (73%) y *Tripos furca* (67%) (Figura 10), todas estas especies estuvieron presentes en todos los meses de muestreo a excepción de *Protoperidinium crassipes* que se observó solo de mayo a julio, esta zona presentó la mayor frecuencia de este grupo.

La frecuencia en los silicoflagelados fue baja en ambas zonas, presentando *Octactis octonaria* la mayor frecuencia de 33%, en Magdalena de Cao (Figura 11).

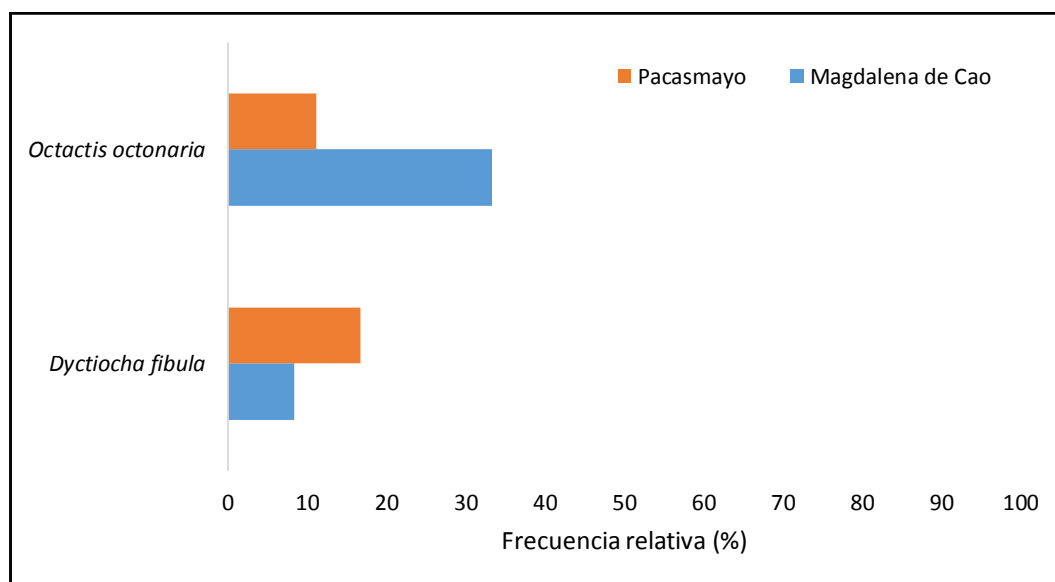


Figura 9. Variación de la Frecuencia relativa (%) de especies de silicoflagelados, en las zonas de Pacasmayo y Magdalena de Cao de mayo a octubre, 2017.

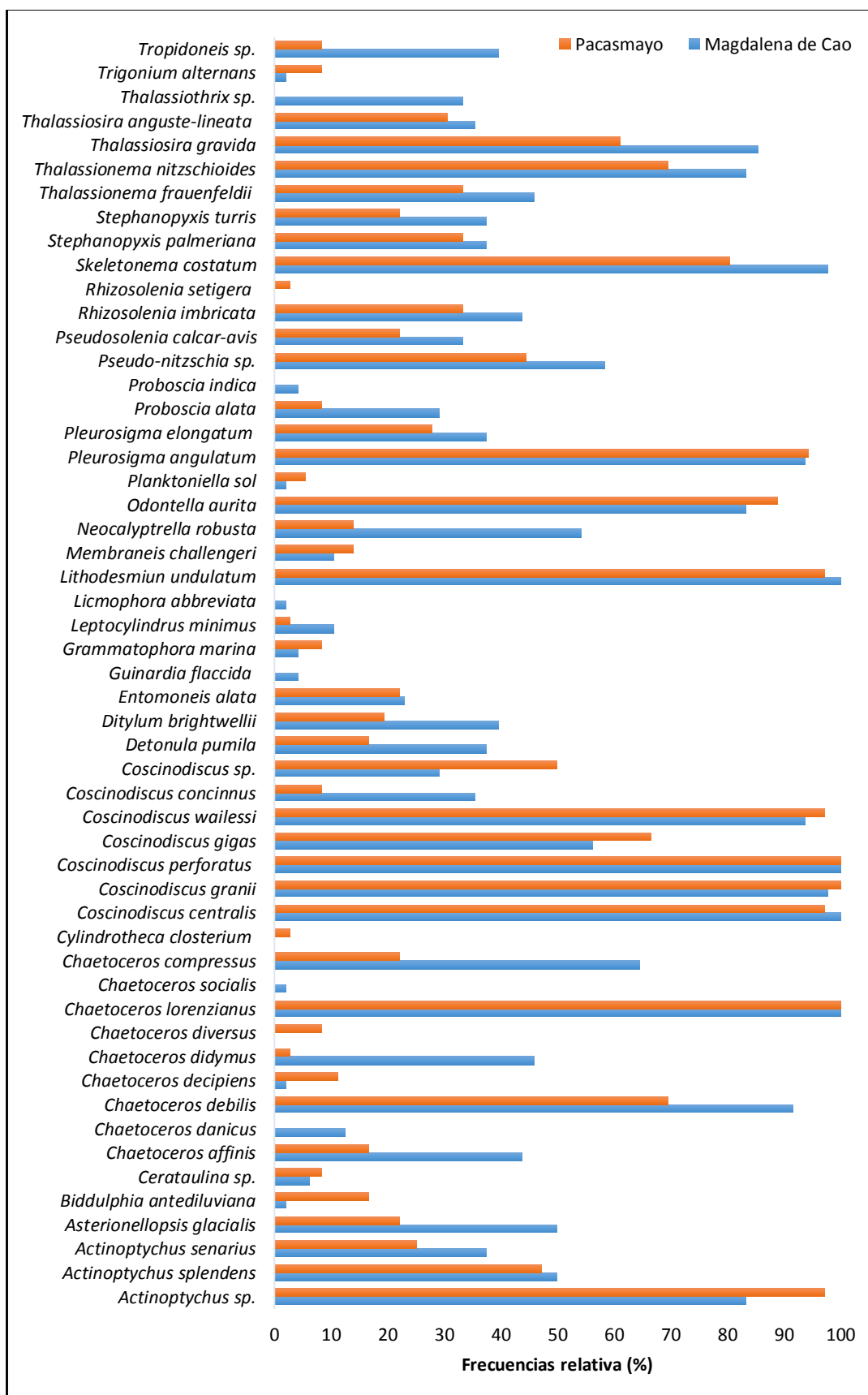


Figura 9. Variación de la Frecuencia relativa (%) de especies de diatomeas en las zonas de Pacasmayo y Magdalena de Cao de mayo a octubre, 2017.

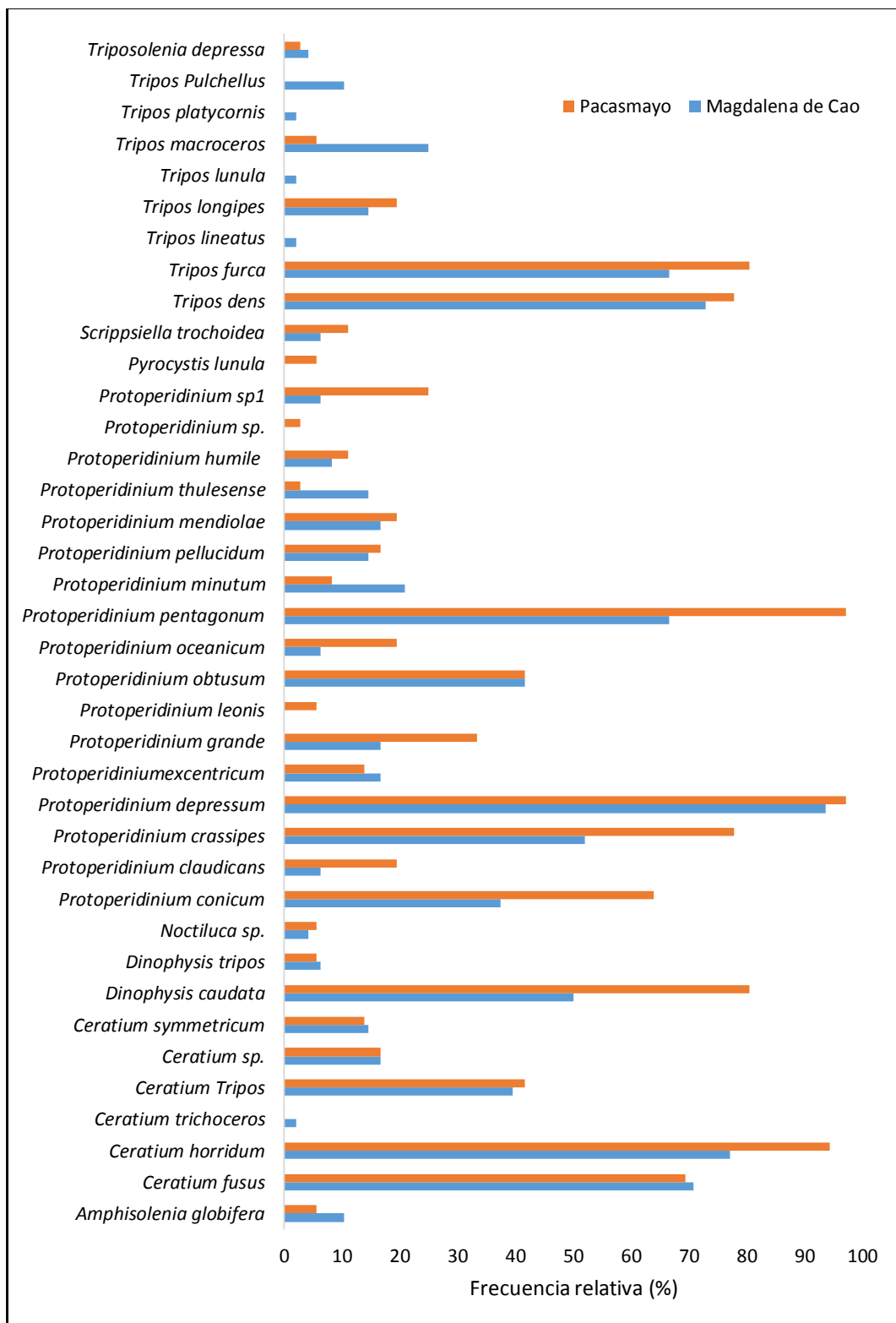


Figura 10. Variación de la Frecuencia relativa (%) de especies de dinoflagelados, en las zonas de Pacasmayo y Magdalena de Cao de mayo a octubre, 2017

Fotografías de algunas especies de Diatomeas, Silicoflagelados y Dinoflagelados identificadas en las zonas de Pacasmayo y Magdalena de Cao de mayo a octubre, 2017.

DIATOMEAS

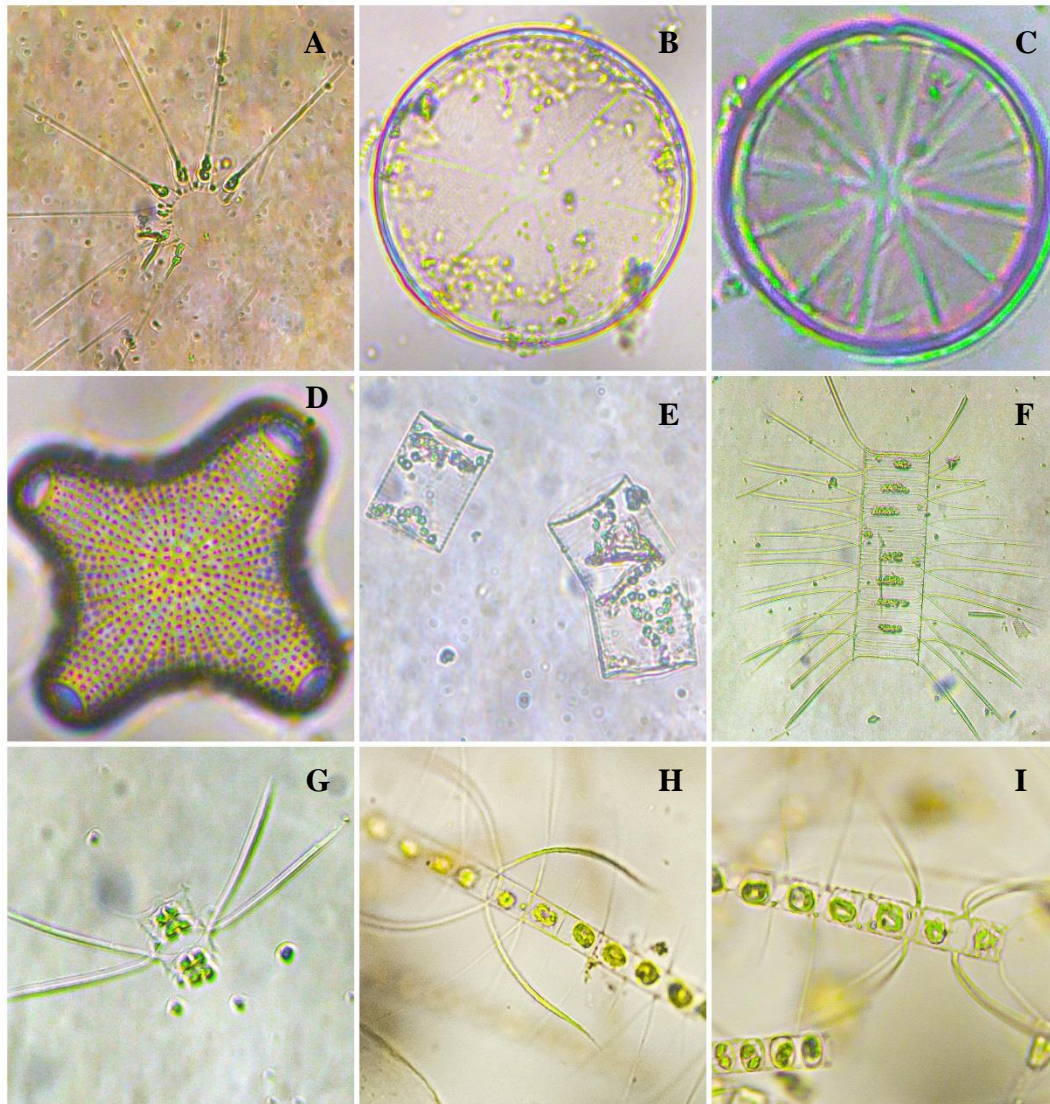


Figura 12.- A: *Asterionellopsis glacialis*, B: *Actinoptychus senarius*, C: *A. splendens*, D: *Biddulphia antediluviana*, E: *Guinardia flaccida*, F: *Chaetoceros lorenzianus*, G: *C. didymus*, H: *C. affinis*, I: *C. compressus*

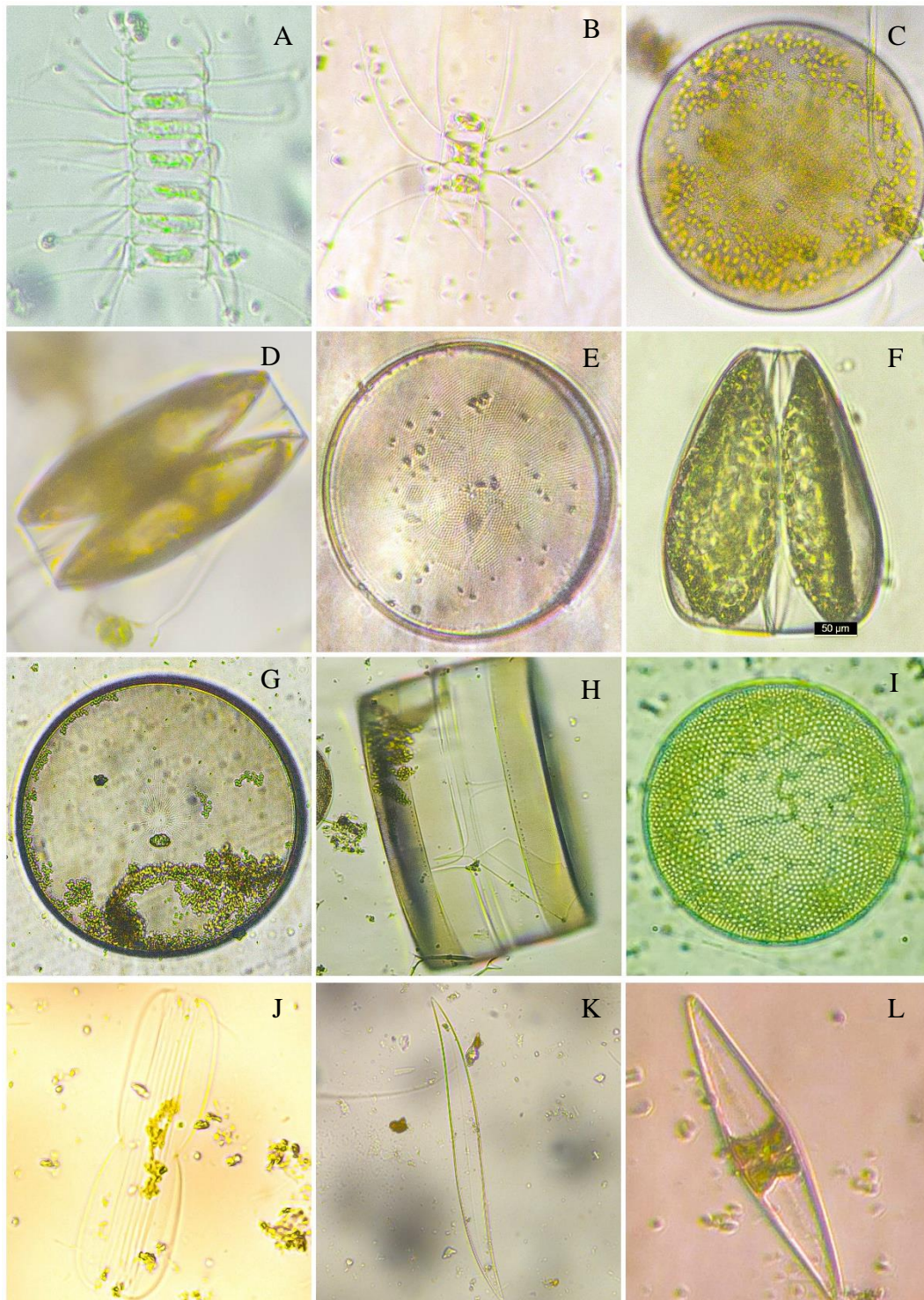


Figura 13.- A: *Chaetoceros debilis*, B: *C. diversus*, C: *C. granii*, D: *Coscinodiscus concinnus*, E y F: *C. granii*, G y H: *C. wailessi*, I: *C. perforatus*, J: *Entomoneis alata*, K: *Pleurosigma elongatum* L: *P. angulatum*,

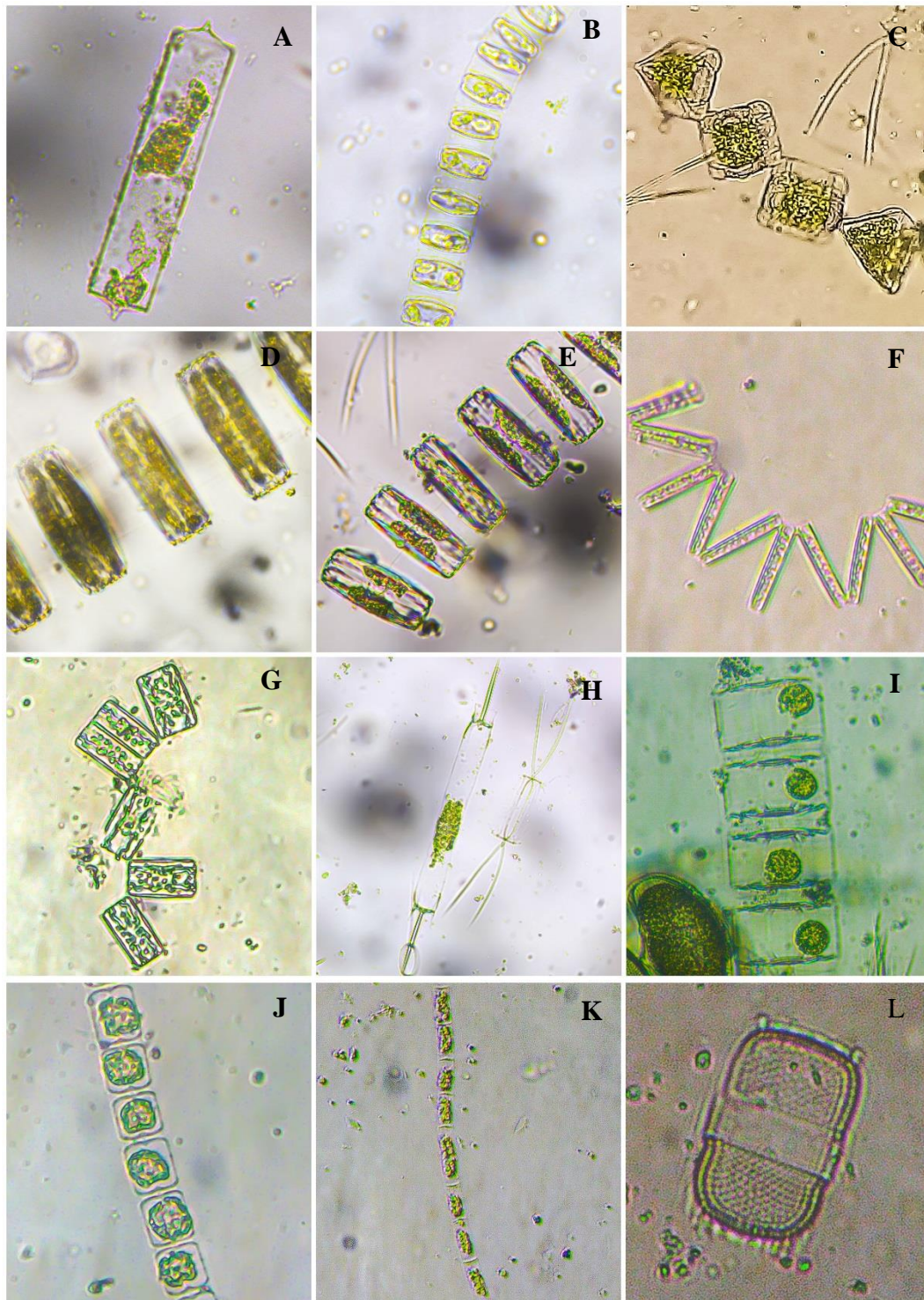


Figura 14.- A: *Rhizosolenia imbricata*, B: *Skeletonema costatum*, C: *Trigonium alternans*, D: *Thalassiosira anguste-lineata*, E: *T. gravida*, F: *Thalassionema nitzschioides*, G: *Grammatophora marina*, H: *Ditylum brightwellii*, I: *Lithodesmium undulatum*, J: *Detonula pumila*, K: *Leptocylindrus minimus*, L: *Stephanopyxis turris*,

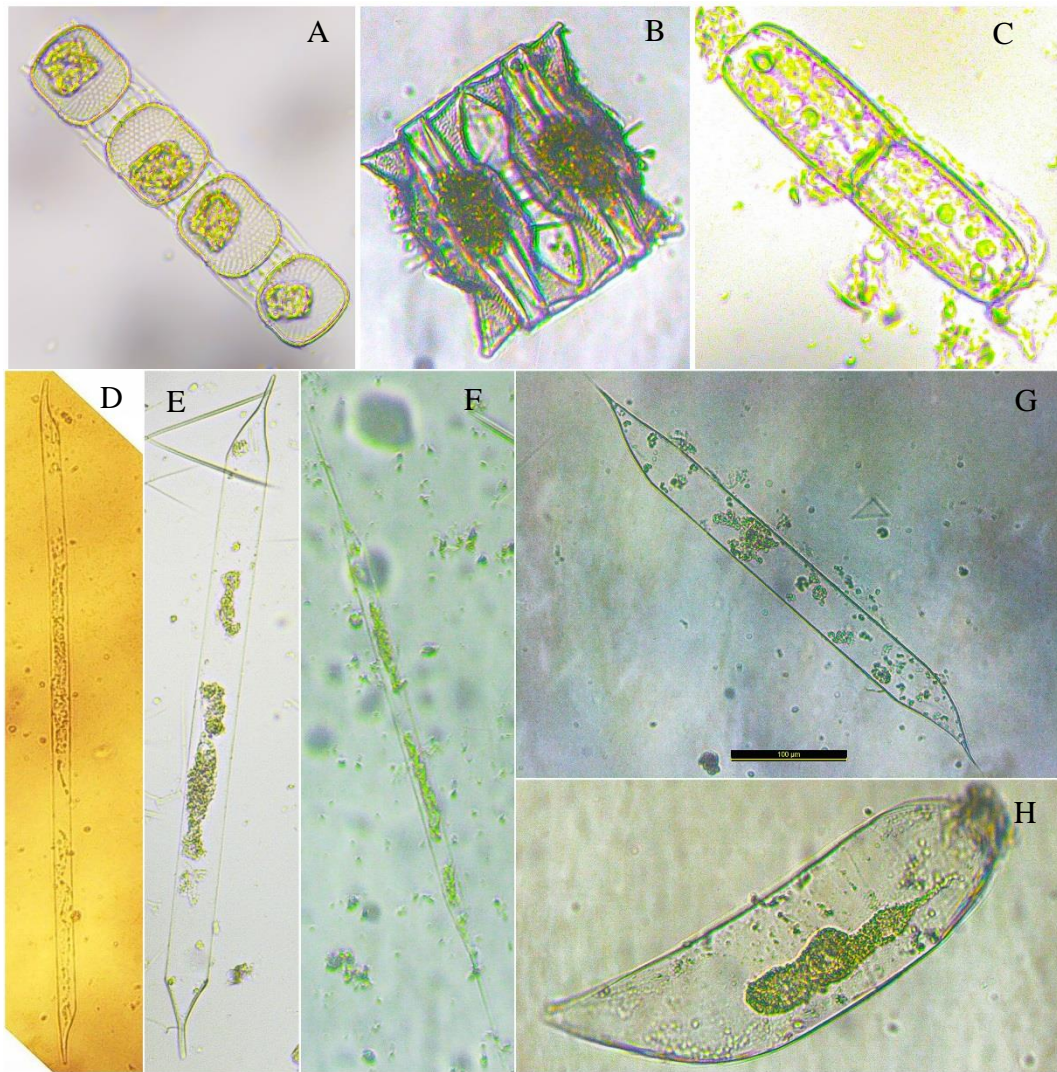


Figura 15.- A: *Stephanopyxis palmeriana*, B: *Odontella aurita*, C: *Membraneis challengeri*, D: *Probscia alata*, E: *P. indica*, F: *Rhizosolenia setigera*, G: *Pseudosolenia calcar-avis*, H: *Neocalyptrella robusta*.

SILICOFLAGELADOS

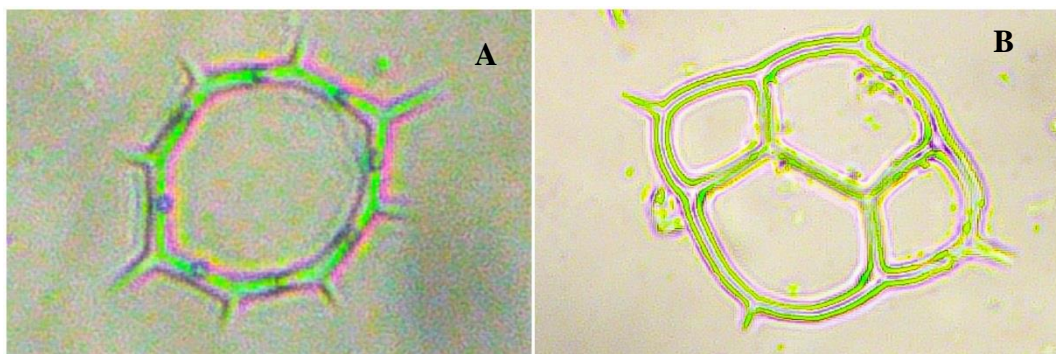


Figura 16. A: *Octactis octonaria*, B: *Dyctiocha fibula*

DINOFLAGELADOS

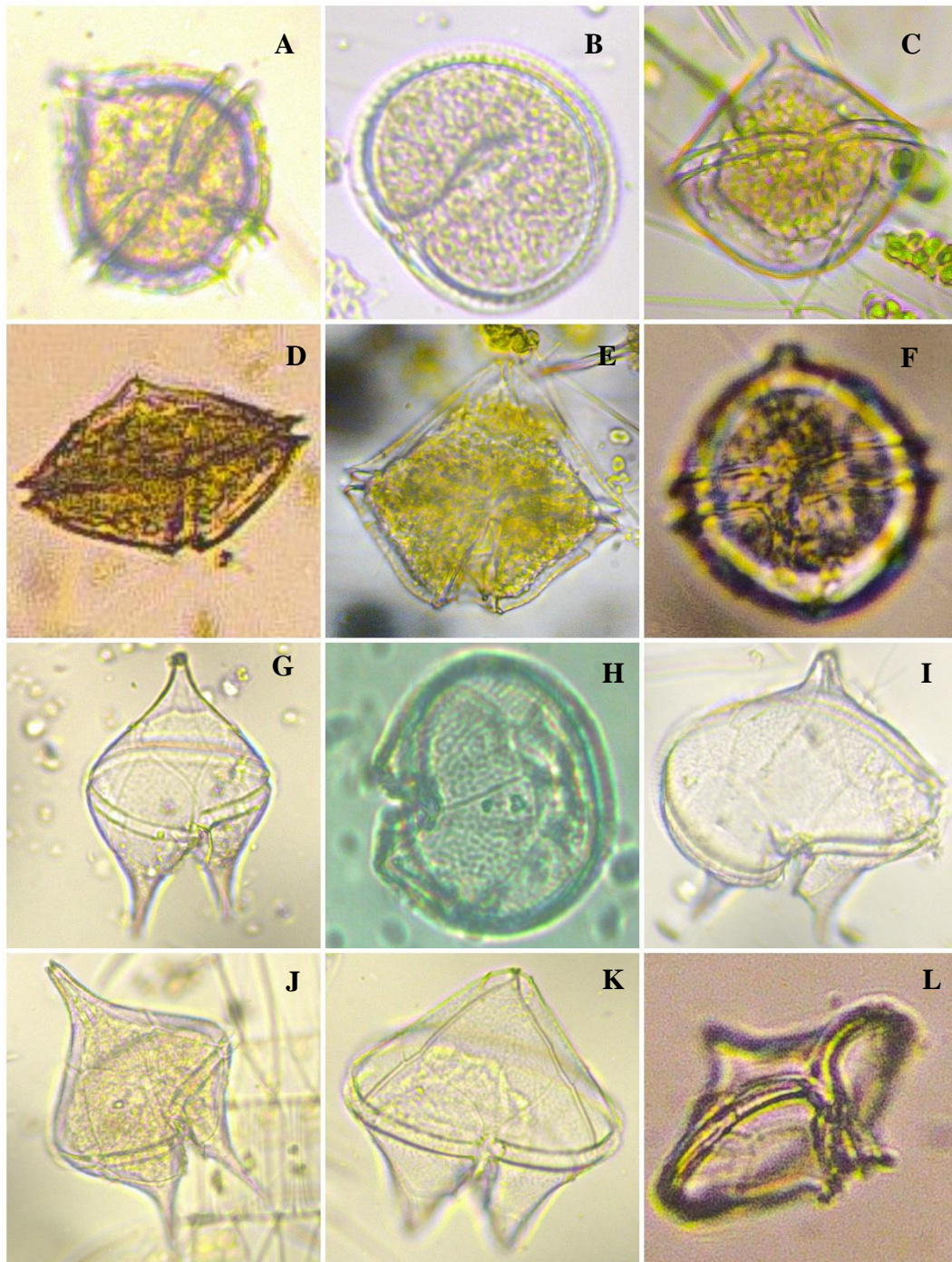


Figura 17.- A: *Protoperidinium pellucidum*, B: *P. excentricum*, C: *P. mendiolae*, D: *P. humile*, E: *P. thulesense*, F: *P. minutum*, G: *P. claudicans*, H: *P. obtusum*, I: *P. depressum*, J: *P. oceanicum*, K: *P. conicum*, L: *P. crassipes*.

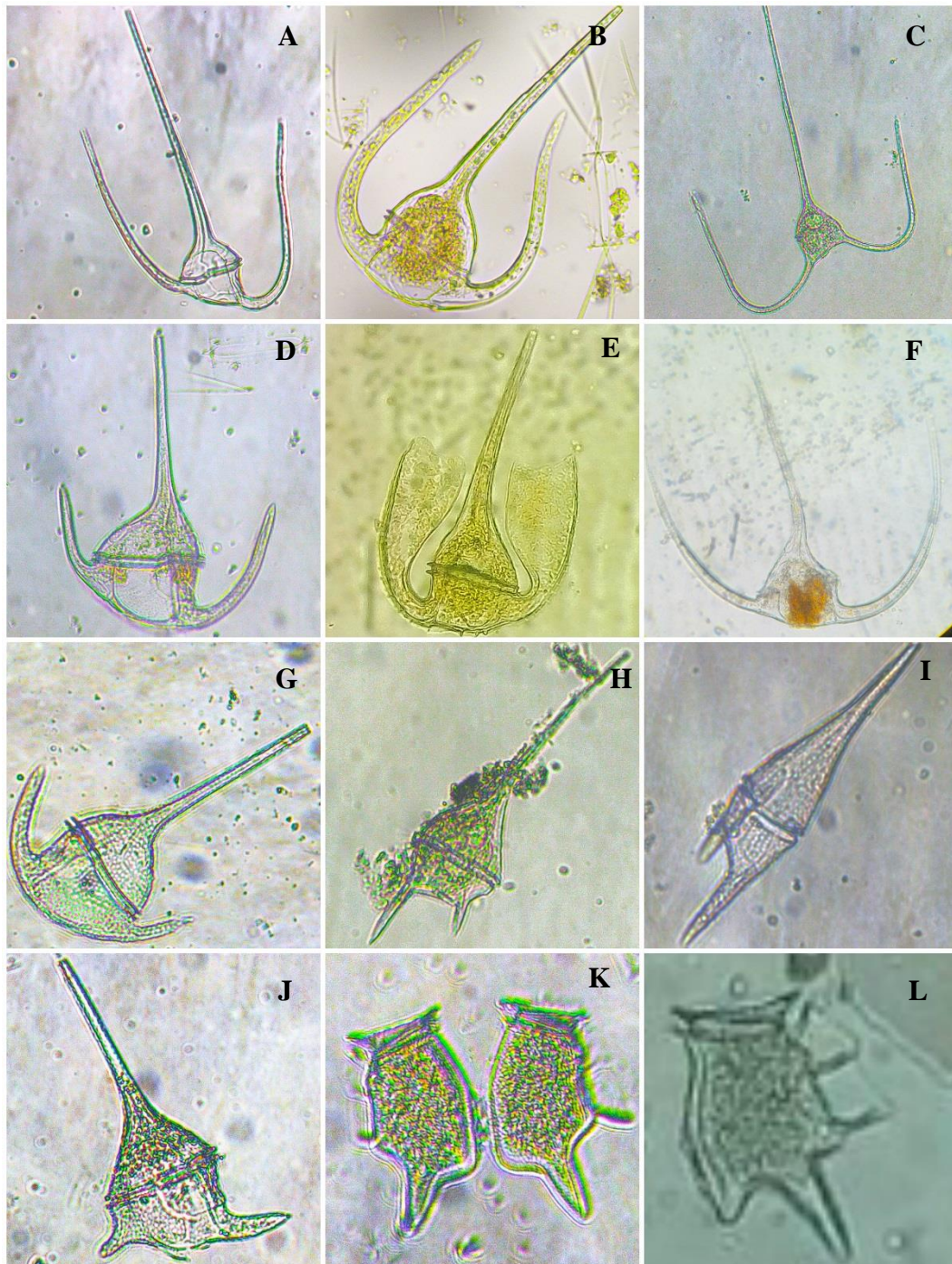


Figura 18.- A: *Ceratium horridum*, B: *C. symmetricum*, C: *C. trichoceros*, D: *C. Tripos*, E: *Tripos. platycornis*, F: *T. lunula*, G: *T. Pulchellus*, H: *T. lineatus*, I. *T. furca*, J: *T. dens*, K: *Dinophysis caudata*, L: *D. tripos*.

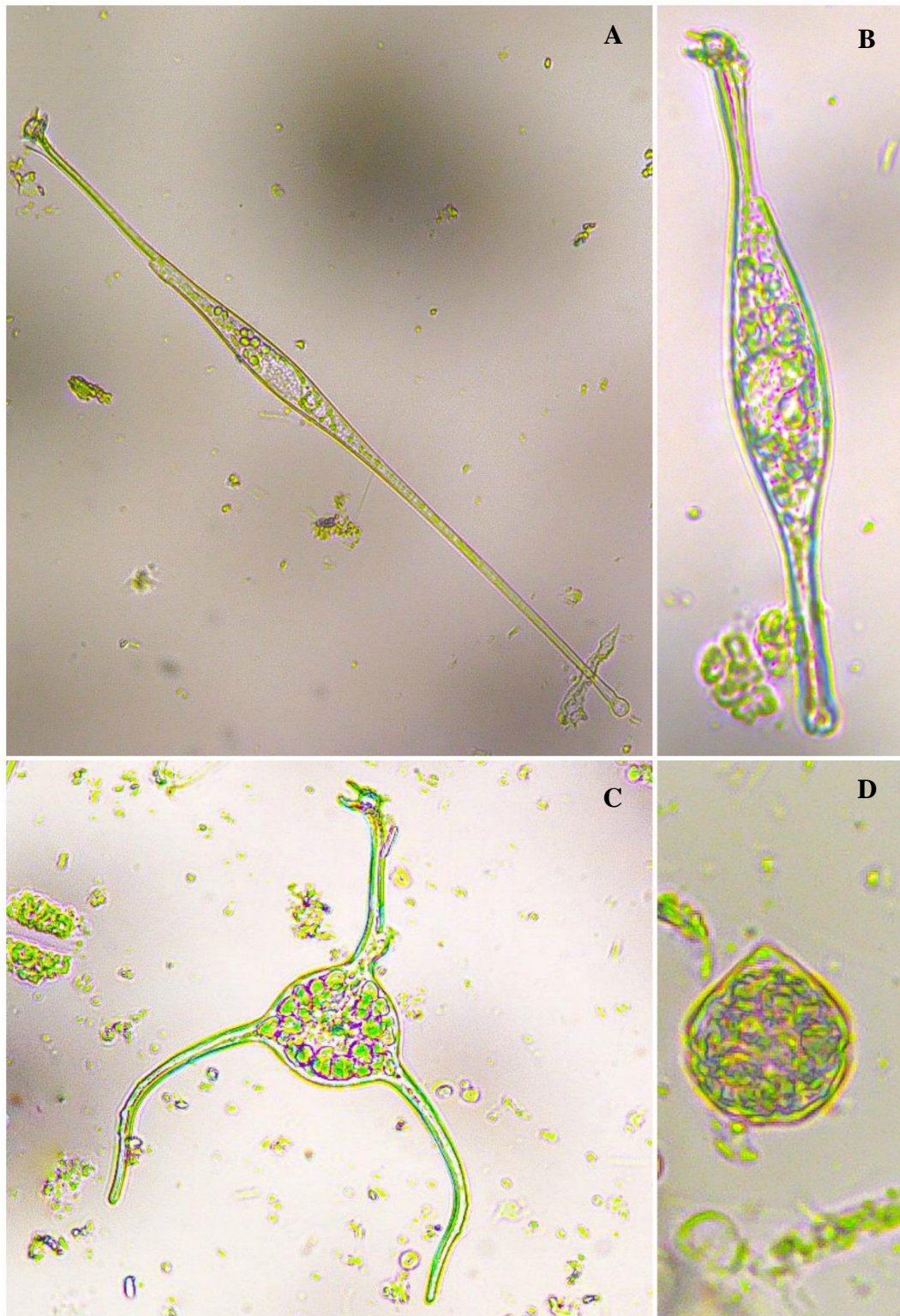


Figura 19.- A y B: *Amphisolenia globifera*, C: *Scrippsiella trochoidea*, D: *Triposolenia depressa*

II. COMPOSICIÓN CUANTITATIVA DEL FITOPLANCTON

La densidad de fitoplancton en ambas zonas, presentó una tendencia creciente durante todos los meses de muestreo, a excepción de agosto, en donde decayó, y alcanzó su máxima densidad en octubre, esta tendencia fue seguida por la riqueza específica.

Las densidades de fitoplancton fluctuaron entre 107×10^4 cel./m³ con 43 especies y 421×10^4 con 57 especímenes presentando la mínima densidad en agosto (67×10^4 cel./m³), en la zona de Pacasmayo (Figura 20). Siendo el grupo de las diatomeas las más abundantes constituyendo el 88,86%, del total de la abundancia.

En todos los meses a excepción de junio, se encontró la predominancia en la densidad celular de la especie nerítica *Chaetoceros lorenzianus*, típica de afloramientos costeros, con porcentajes de concentraciones entre 40,29 a 88,38% para mayo y octubre, respectivamente.

Otras especies que sobresalieron en abundancia fueron: *Protoperidinium depressum* con 36,14% en mayo, 11,73 % en junio y 31,86% en Agosto, *Coscinodiscus perforatus* con 50,27% en junio y 13,08% en julio. Y *Tripes dens* con 14,50% en septiembre.

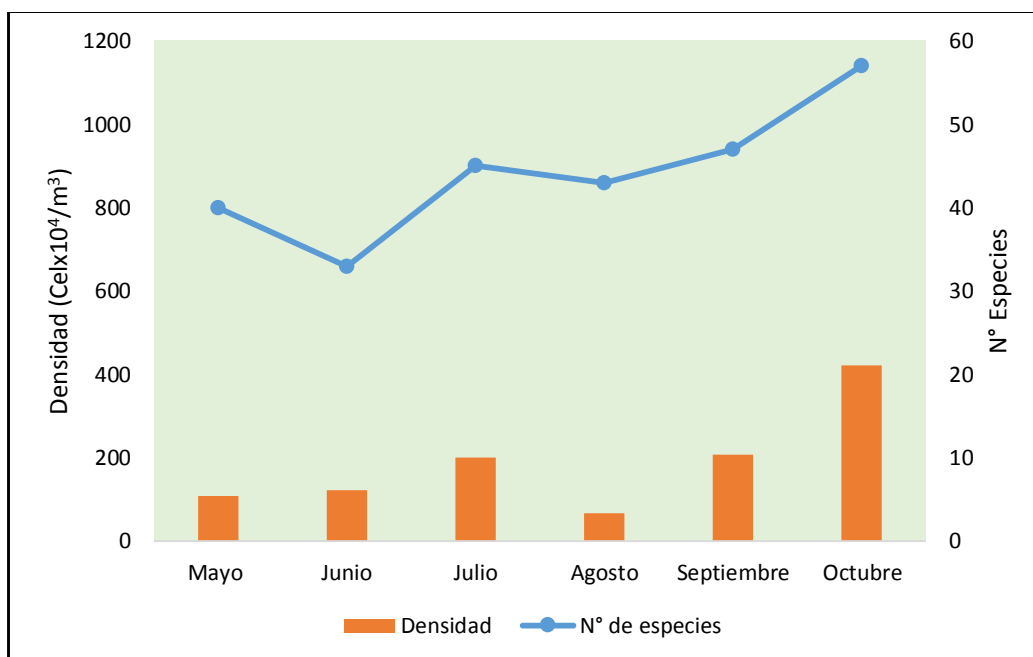


Figura 20. Relación densidad celular- riqueza específica de fitoplancton obtenido en la zona de Pacasmayo de mayo a octubre, 2017.

En Magdalena de Cao, la densidad fitoplanctónica estuvo comprendida entre 113×10^4 cel/m³ con 47 especies y 958×10^4 cel/m³ con 58 especies (Figura 21). La abundancia celular tuvo una mayor representación con las diatomeas alcanzando el 97,19% del total de la abundancia.

Teniendo también como especie principal a *Chaetoceros lorenzianus*, con distribuciones de abundancia predominantes entre junio y octubre con porcentajes que variaron entre 33,26 a 82,28 % para junio y octubre. En mayo la densidad de esta especie fue mínima, y predominó *Coscinodiscus perforataus* con 50,17% de abundancia total mensual.

Otras especies con porcentajes importantes fueron: *Coscinodiscus wailessi* con 19,61% y *Skeletonema costatum* con 12,44% en mayo, *Chaetoceros debilis* y *Coscinodiscus perforatus* con 22,26 y 22,69% para junio, respectivamente, en julio

esta última especie presentó un porcentaje de 5,43%, en agosto *Thalassionema nitzschioides* presentó un 13,16%, en septiembre se presentaron *Lithodesmiun undulatum* con 11,13% y *Skeletonema constatum* con 7,51 y 8,9 % en octubre.

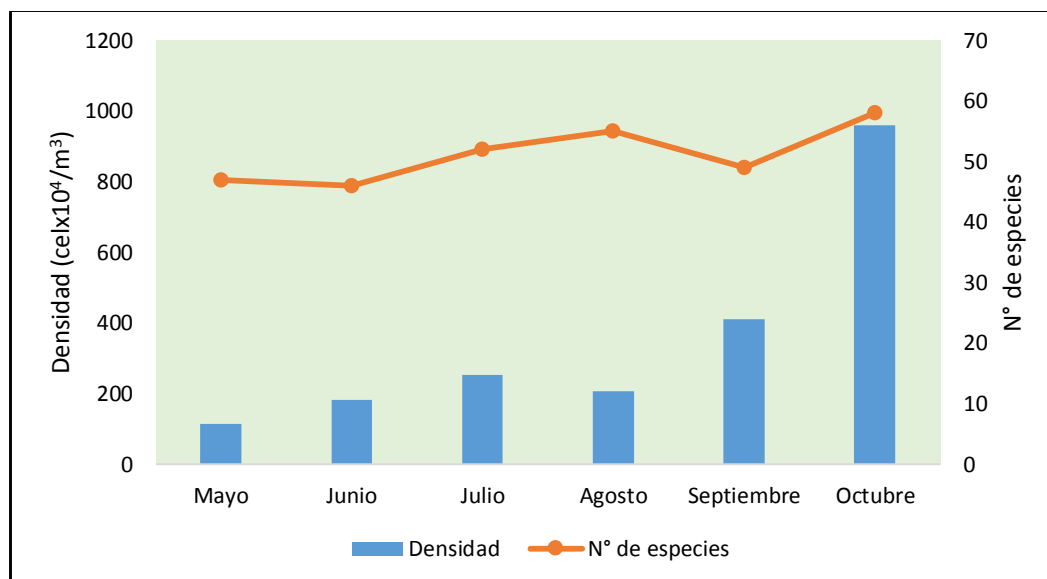


Figura 21. Relación densidad celular- riqueza específica de fitoplancton obtenido en la zona de Magdalena de Cao de mayo a octubre, 2017.

III. VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICO: TEMPERATURA (°C), SALINIDAD (UPS), OXÍGENO (ml/L) Y DENSIDAD FITOPLANCTÓNICA (cel/m³).

Variación mensual

En Pacasmayo, la temperatura superficial de mar (TSM) mensual promedio presentó valores con una leve tendencia descendente que fluctuaron entre los 17,9 °C y 16,5 °C. Los valores promedio del oxígeno superficial variaron de 3,6 ml/L a 3,8 ml/L con una tendencia ascendente, presentando el máximo valor en septiembre (4,3 ml/L). La salinidad tuvo el pico más alto en julio con 35,807 ups, presentando

una variación de 34,978 (mayo) a 35,063 ups (junio) en los otros meses. La mayor densidad fitoplanctónica se presentó en octubre y a temperaturas promedio de 16,5 °C, salinidad de 34,983 ups y oxígeno disuelto de 3,8 ml/L (Figura 21).

En Magdalena de Cao, la temperatura superficial del mar (TSM) mensual promedio máximo fue de 18,4 °C en junio mientras que en los otros meses tuvo una fluctuación decreciente de 18,2 °C a 15,5 °C. El oxígeno superficial promedio tuvo una variación descendente con valores y variaciones mínimos en agosto (2,6 ml/L) y máximos en julio (3,0 ml/L). La salinidad presentó el pico más alto en junio con 35,079 ups, en tanto en los otros meses se observó una variación descendente de 34,973 a 34,936 ups. La máxima densidad se presentó en octubre y estuvo relacionada con los valores promedios más bajos de temperatura de 15,5 °C y a una salinidad de 34,936 ups y a una concentración de oxígeno de 2,73 ml/L (Figura 22).

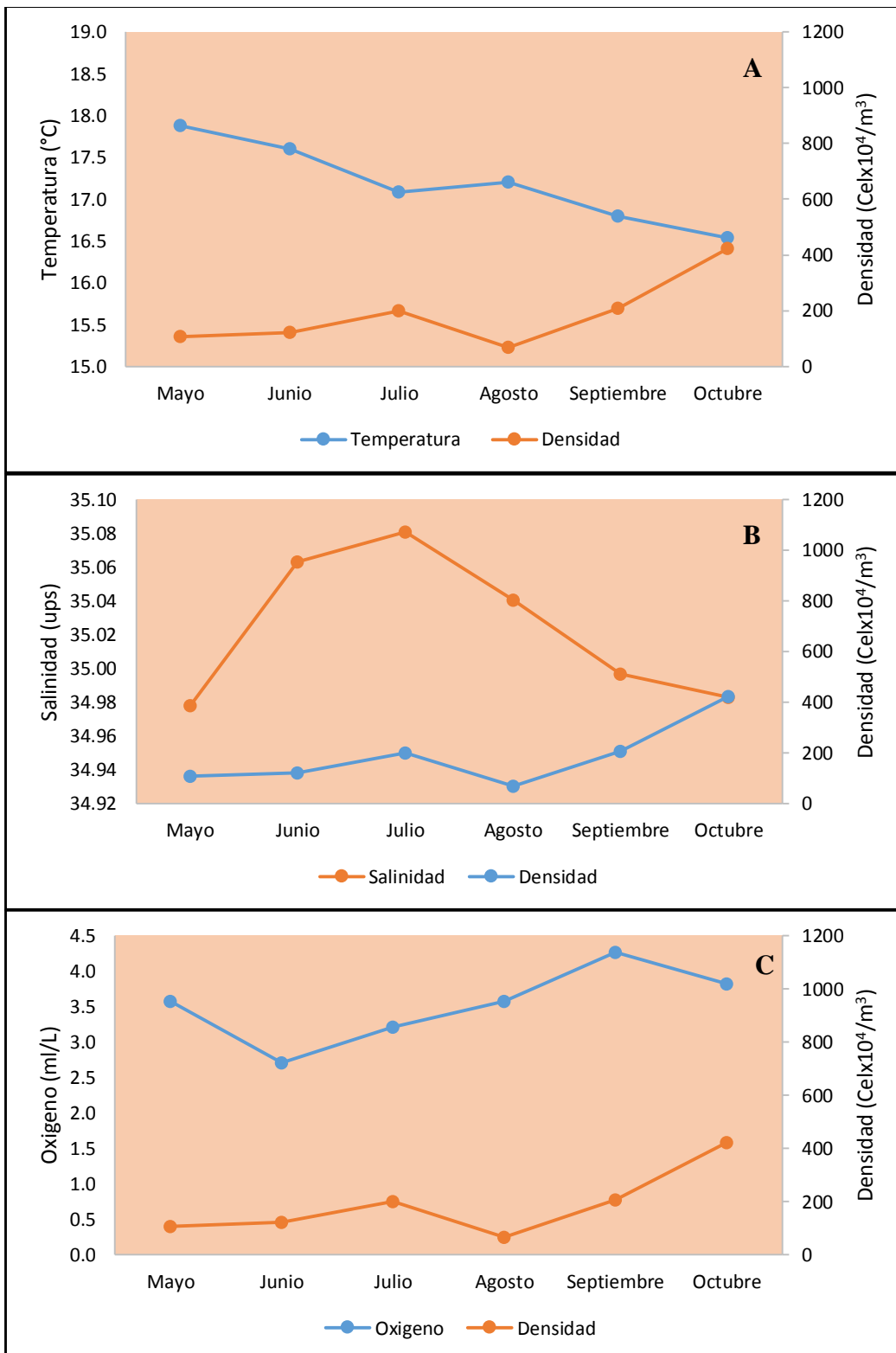


Figura 21. Relación entre los parámetros: A: Temperatura (°C), B: Salinidad (ups) y C: oxígeno (ml/L) con la densidad fitoplanctónica en Pacasmayo de mayo a octubre, 2017.

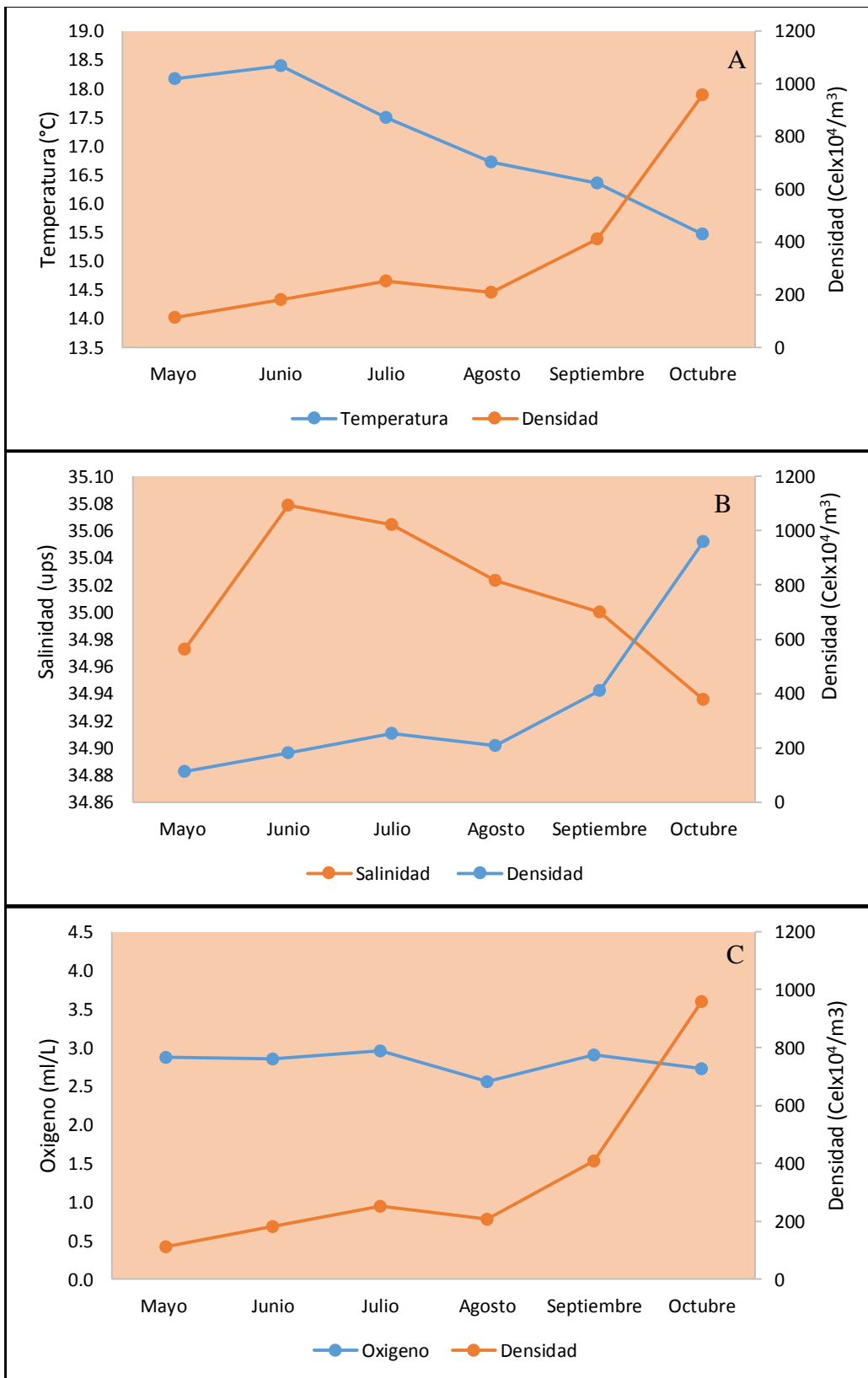


Figura 22. Relación entre los parámetros: A: Temperatura (°C), B: Salinidad (ups) y C: oxígeno (ml/L) con la densidad fitoplanctónica en Magdalena de Cao de mayo a octubre, 2017.

Distribución de la densidad fitoplanctónica y variables oceanográficas

En Pacasmayo, la distribución de las densidades celulares promedio concentraron los menores valores cerca a la ensenada de Pacasmayo con $8\,733\text{ cel/m}^3$ (E1) extendiéndose con mayores densidades a partir de esta hacia al noroeste hasta alcanzar el máximo valor de $12\,533\text{ cel/m}^3$ (E6) (Figura 23), la temperatura mínima promedio ($16,9\text{ }^\circ\text{C}$) se ubicó en la misma estación en donde se presentó la mínima densidad y muy cerca de esta se presentó la temperatura promedio más cálida con $17,3\text{ }^\circ\text{C}$ (E3). El oxígeno presentó el mayor valor $4,39\text{ ml/L}$ en la estación tres y partir de esta las concentraciones fueron disminuyendo hasta alcanzar el mínimo valor de $3,18\text{ ml/L}$ (E6), en tanto la salinidad presentó los mayores valores en el área más céntrica de la zona de muestreo con $35,066\text{ ups}$ (E4), y los valores más bajos de $34,965$ (E1) y $34,978\text{ ups}$ (E6) se ubicaron a los extremos del área de estudio (Figura 24).

En Magdalena de Cao, las densidades promedio presentaron los máximos valores de $21\,183\text{ cel/m}^3$ (E3) a la altura de la Pta. El Brujo y al noroeste de esta se presentó las densidades más bajas con $5\,799\text{ cel/m}^3$ (E5) (Figura 23). La distribución de la temperatura presentó los valores más bajos ($17,0\text{ }^\circ\text{C}$) en las estaciones más cercanas a la costa (E4 y E7) y fueron aumentando aguas afuera hasta un máximo de $17,20\text{ }^\circ\text{C}$ (E8), los máximos valores de oxígeno $3,0\text{ ml/L}$ (E1, E4 y E7) estuvieron distribuidos de manera similar con los mínimos valores de temperatura. Las mayores salinidades se ubicaron en las estaciones más céntricas y más alejadas de la línea costera con valores mayores a 35 ups y los mínimos valores menores a 35 ups estuvieron replegadas en los extremos de esta zona (Figura 24)

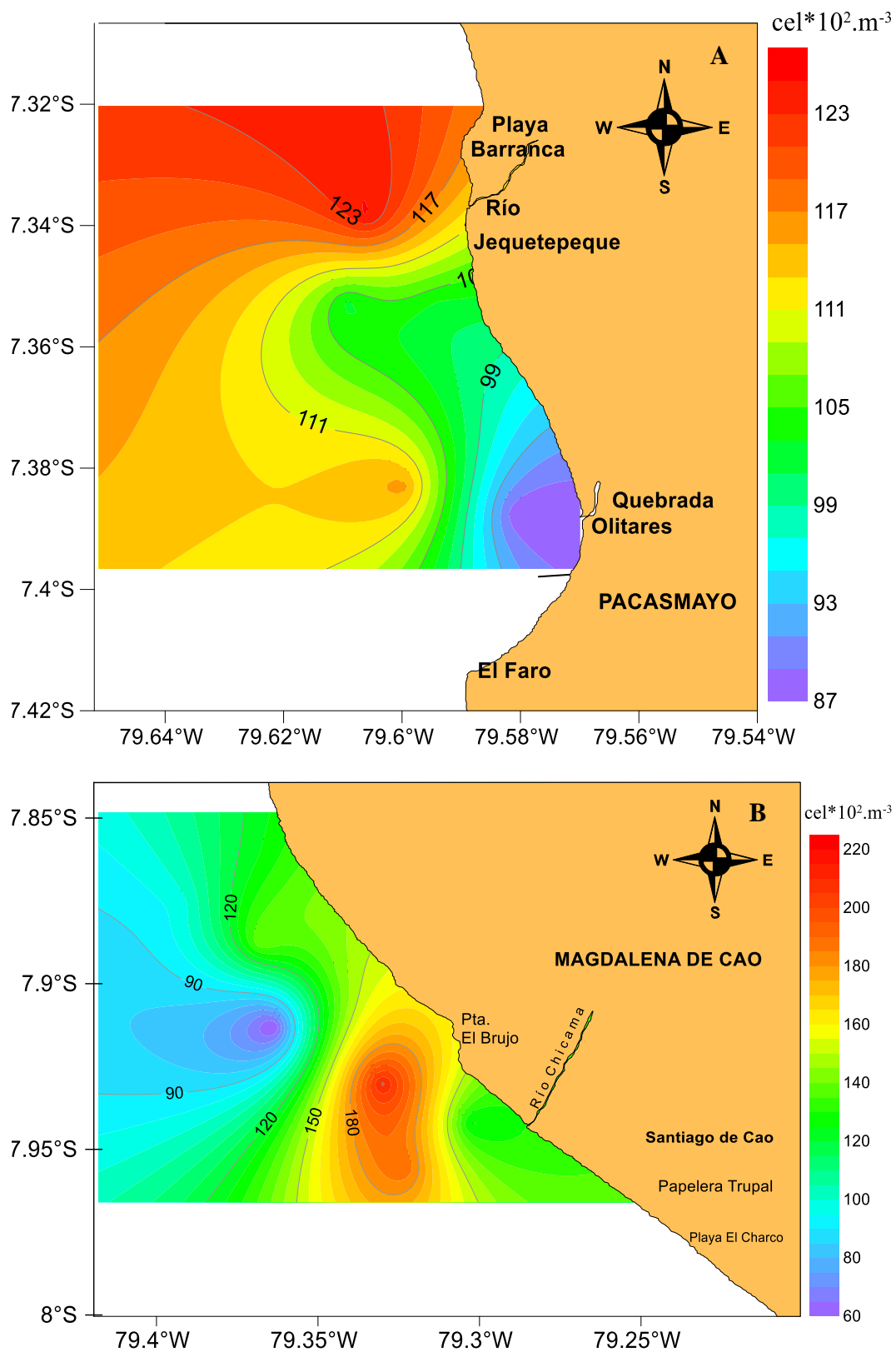


Figura 23. Distribución de la densidad celular promedio ($\text{cel} \cdot 10^2 / \text{m}^3$) en Pacasmayo y Magdalena de Cao de mayo a octubre, 2017.

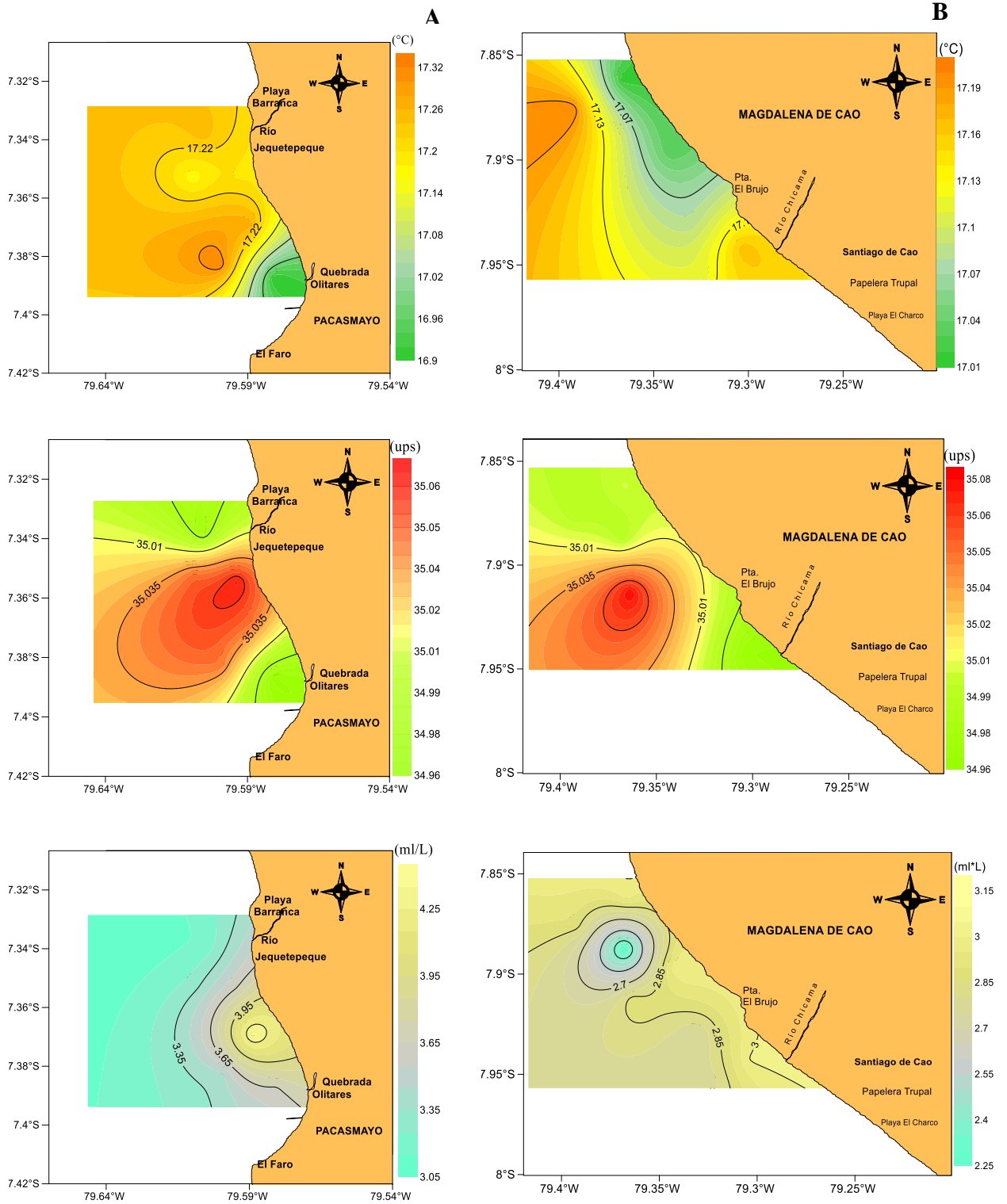


Figura 24. Distribución superficial de los valores promedio de: TSM (°C), salinidad (ups) y oxígeno (ml/L) en las zonas de Pacasmayo (A) y Magdalena de Cao (B) de mayo a octubre, 2017.

Correlación entre los parámetros oceanográficos y la densidad celular.

Mediante el test de Bondad de Ajuste de Shapiro – Wilk se determinó que las todas las variables a excepción de la densidad en la correlación mensual (Magdalena de Cao) y en la correlación de las estaciones; el oxígeno (M. de Cao) y la temperatura (Pacasmayo), mostraron una distribución normal, por lo tanto se aplicó las pruebas estadísticas paramétricas, con las variables que siguieron dicha distribución normal, mediante el índice de correlación de Pearson y, con las pruebas estadísticas no paramétricas en aquellas que no presentaron una distribución normal, se calculó a través del índice de correlación de Spearman.

De acuerdo al grado de significancia ($p < 0,05$) se determinó la existencia de una correlación (negativa) entre la densidad celular y la temperatura (Tabla 1), además el índice de correlación $-0,89$ demostró una relación negativa fuerte entre ambas variables durante la variación mensual como se observó en las Figuras 15 y 16.

En tanto no se observó otra correlación significativa entre los parámetros oceanográficos y la variable densidad en su distribución mensual y espacial (Tabla 1 y 2)

Tabla 2. Correlación de los parámetros fisicoquímicos y biológicos por periodo (mensual) de muestreo en las zonas litorales de Pacasmayo (a) y Magdalena de Cao (b).

A

	Densidad (cel/m³)	Oxigeno (ml/L)	Temperatura (°C)	Salinidad (ups)
Densidad (cel/m³)	1.000	0.332	-0.881	-0.325
Oxigeno (ml/L)	0.332	1.000	0.332	-0.71
Temperatura (°C)	-0.881	-0.538	1.000	0.332
Salinidad (ups)	-0.325	-0.71	0.154	1.000

Números resaltados son significantes con $p < 0.05$

B

	Densidad (cel/m³)	Oxigeno (ml/L)	Temperatura (°C)	Salinidad (ups)
Densidad (cel/m³)	1.00	0.029	-0.886	-0.371
Oxigeno (ml/L)	0.029	1.00	0.448	0.267
Temperatura (°C)	-0.886	0.448	1.00	0.612
Salinidad (ups)	-0.371	0.267	0.612	1.00

Números resaltados son significantes con $p < 0.05$

Tabla 3. Correlación de la distribución de los parámetros fisicoquímicos y biológicos en las zonas litorales de Pacasmayo (a) y Magdalena de Cao (b).

A

	Temperatura (°C)	Salinidad (ups)	Oxigeno (ml/L)	Densidad (cel/m³)
Temperatura (°C)	1,00	000	-0,123	0,617
Salinidad (ups)	000	1,00	0,294	0,015
Oxigeno (ml/L)	-0,123	0,294	1,00	-0,498
Densidad (cel/m³)	0,617	0,015	-0,498	1,00

Números resaltados son significantes con $p < 0.05$

	Temperatura (°C)	Salinidad (ups)	Oxígeno (ml/L)	Densidad (cel/m³)
Temperatura (°C)	1,00	-0,367	-0,072	-0,234
Salinidad (ups)	-0,367	1,00	0,00	-0,396
Oxígeno (ml/L)	-0,072	0,00	1,00	-0,405
Densidad (cel/m³)	-0.234	-0,396	-0,405	1,00

Números resaltados son significantes con $p < 0.05$

IV. DIVERSIDAD SHANNON-WIENER (H'), EQUIDAD DE PIELOU (J') Y ANÁLISIS DE SIMILITUD DE BRAY-CURTIS

La variación mensual de índice de diversidad (H') en ambas zonas estudiadas presentó la formación de dos clase modales en junio y agosto. En Pacasmayo osciló entre 0,94 (octubre) y 2,60 bits/cel (agosto) (Figura 25), con un índice de equidad (J') promedio de 0,35. Y en Magdalena de Cao la diversidad varió entre 1,8 (octubre) y 2,63 bits/cel (junio) (Figura 26), el índice de equitatividad promedio para esta zona fue 0.36.

En tanto la distribución del índice de diversidad en Pacasmayo presentaron valores bajos que fluctuaron entre 1,78 (E3) a 2,23 bits/cel (E2) (Figura 27) con un índice de equitatividad promedio de 0,33. Los valores de diversidad en el área de Magdalena de Cao variaron entre 1,61 (E6) y 2,67 bits/cel (E5), disminuyendo en la estaciones más cercanas a la costa e incrementándose en las zonas más alejadas (Figura 28), y un índice de equidad (J') promedio de 0,35.

El análisis de similitud entre las estaciones de las dos zonas de análisis muestra la formación de dos grupos formados a partir del 50%: el primero estuvo conformado por las estaciones M2, M3, y M6 pertenecientes a la zona de Magdalena de Cao,

estas estaciones se caracterizaron por presentar las mayores abundancias que fluctuaron entre 313×10^4 a 430×10^4 cel/m³ y por la presencia de *Coscinodiscus perforatus*. El segundo grupo estuvo conformado por todas las estaciones de Pacasmayo y las estaciones M5, M8, M4, M7 y M1 de Magdalena de Cao, en estas estaciones la abundancia fluctuó entre 102×10^4 y 132×10^4 cel/m³, además de compartir la presencia de las especies: *Actinoptichus sp*, *Chaetoceros debilis*, *Coscinodiscus centralis*, *Coscinodiscus perforatus*, *Ditylum brightwellii*, *Lithodesmium undulatum*, *Pleurosigma angulatum*, *Skeletonema costatum*, *Thalassionema frauenfeldii* y el dinoflagelado *Protoperidinium minutum* (Figura 29).

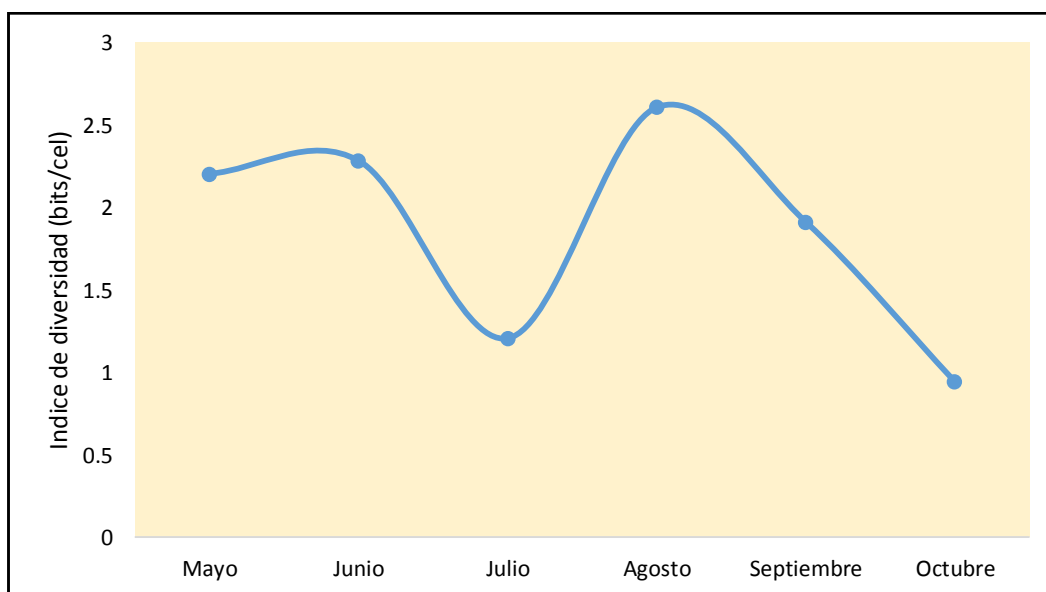


Figura 25. Variabilidad del índice de diversidad (H') de la zona de Pacasmayo, de mayo a octubre, 2017.

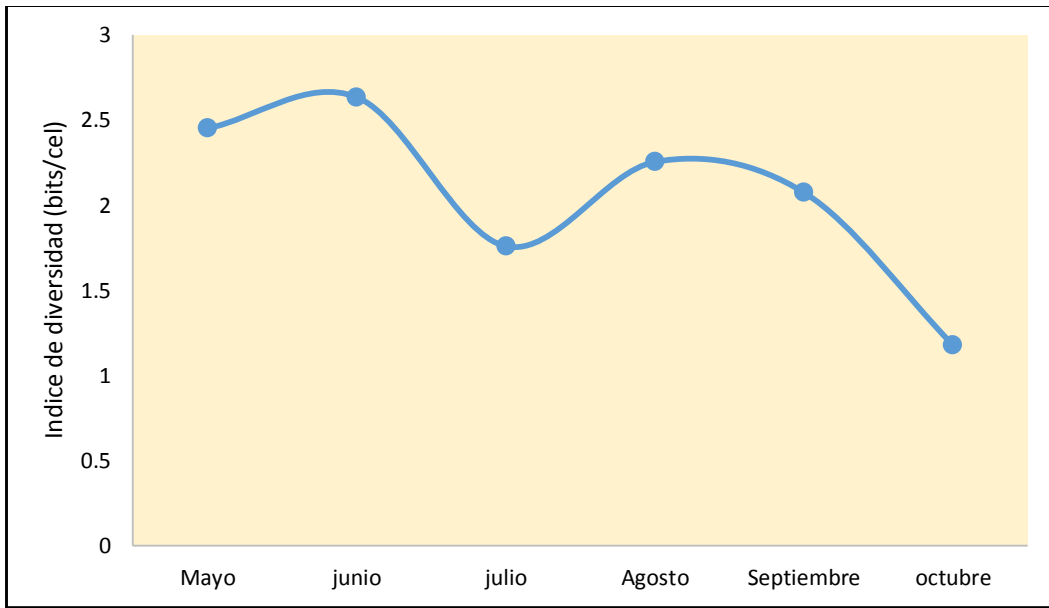


Figura 26. Variabilidad del índice de diversidad (H') en la zona de Magdalena de Cao de mayo a octubre, 2017.

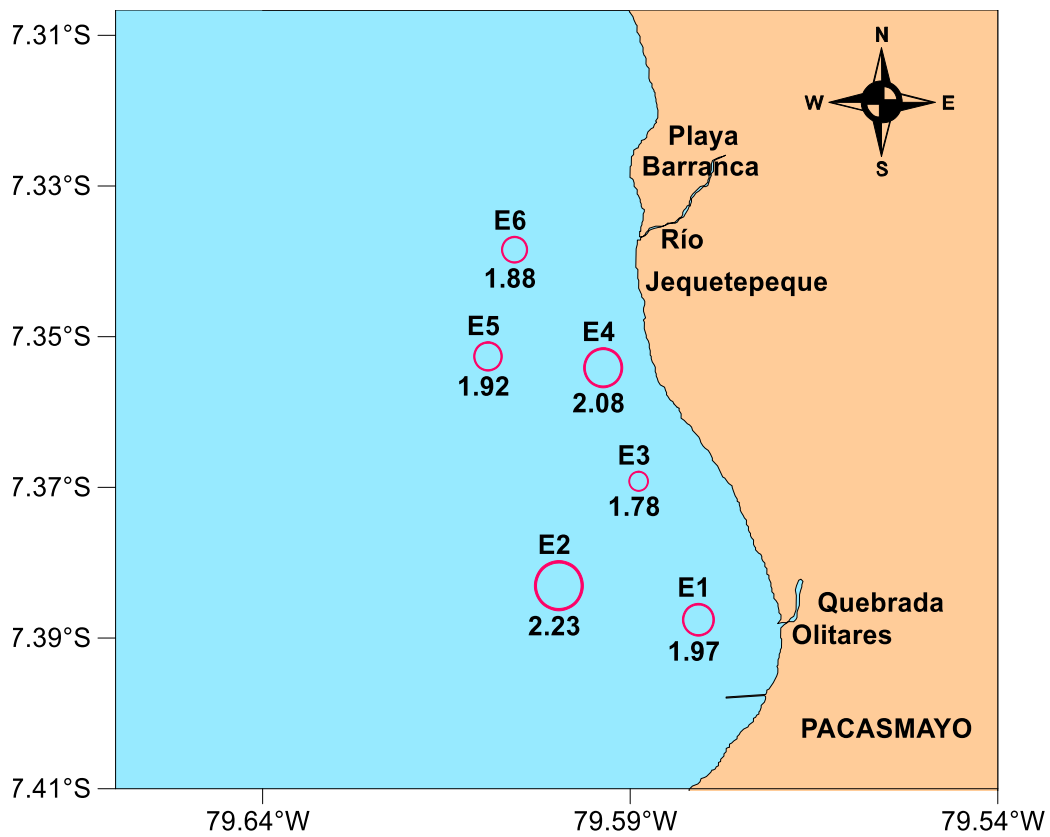


Figura 27. Distribución del índice de diversidad de fitoplancton (bits/cel) en Pacasmayo de mayo a octubre, 2017.

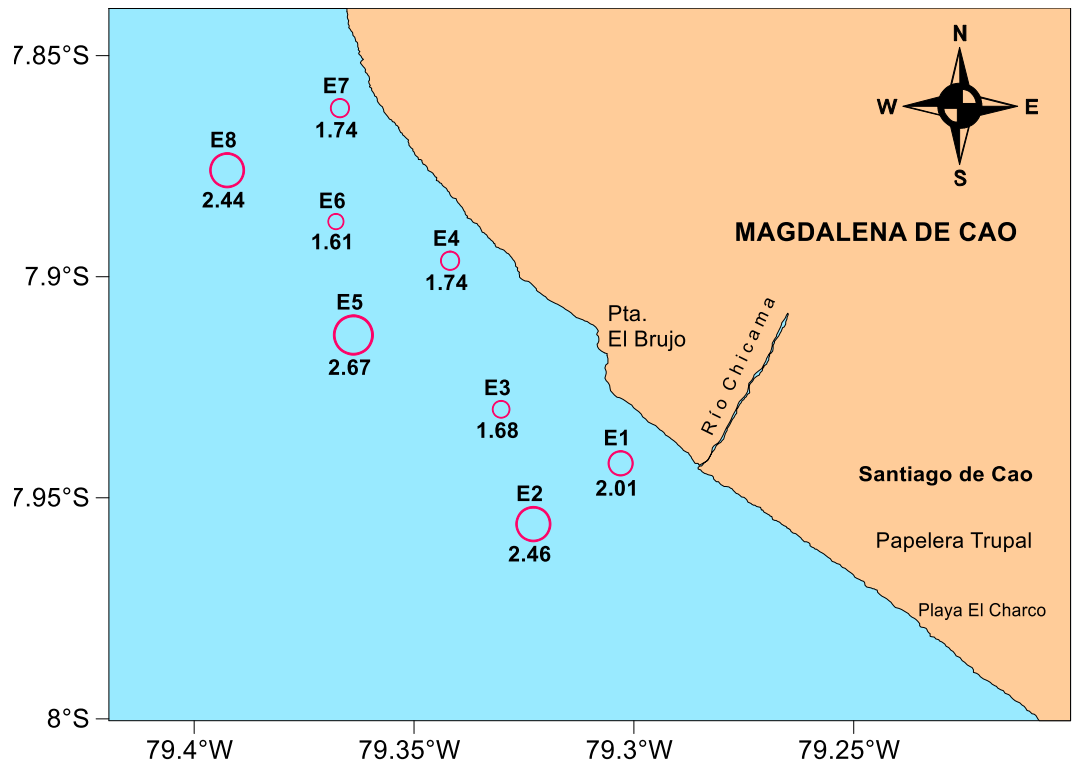


Figura 28. Distribución del índice de diversidad de fitoplancton (bits/cel) Magdalena de Cao de mayo a octubre, 2017.

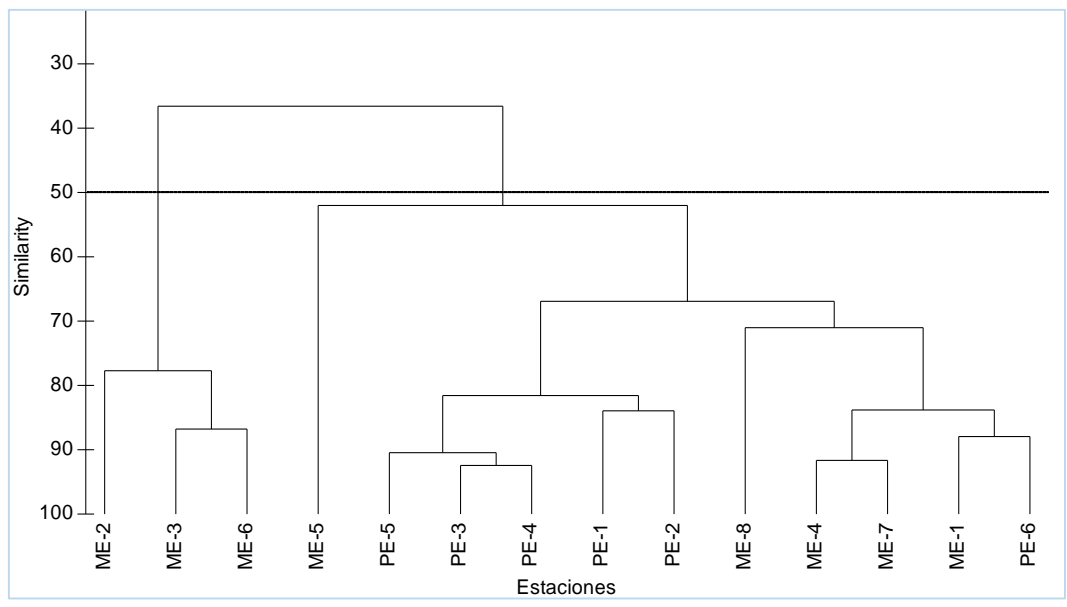


Figura 29. Dendrograma de similitud de fitoplancton entre las estaciones de muestreo de las zonas de Pacasmayo y Magdalena de Cao, 2017.

DISCUSIÓN

La composición específica de fitoplancton fue de 93 especies, presentando Magdalena de Cao el mayor número de especies (87), a diferencia de Pacasmayo, ubicada más al norte, y en donde se observó una menor composición específica (82), sin embargo nuestros resultados mostraron un mayor riqueza específica que lo reportado por Alvitez, (2008), quién para Malabrigo durante un año de muestreo identificó un total de 75 especies.

La comunidad fitoplanctónica se caracterizó por la dominancia de las diatomeas, frente a los grupos de dinoflagelados y silicoflagelados, esta dominancia también se hizo evidente en las investigaciones de Ruiz (2014) realizada durante el mismo periodo de tiempo (mayo a octubre) y Zafra et al. (2017) entre el litoral de Puerto Salaverry y Puerto Chicama

Durante la variación mensual de la riqueza específica de los grupos de fitoplancton se evidenció la predominancia del grupo de las diatomeas en los seis meses de muestreo, seguido de los dinoflagelados, en ambas zonas de muestreo, esto concordaría con lo encontrado por Rojas de Mendiola (1981) quien identificó esta dominancia de las diatomeas en todas las estaciones del año durante 10 años de estudio, además Rojas de Mendiola et al. (1985) afirman una dominancia de las diatomeas dentro de las 60 millas (costa), mientras que fuera de las 60 millas (oceánico) son los dinoflagelados quienes presentan una dominancia, considerando según Ochoa y Gómez (1997) esta dominancia como normales dentro del fitoplancton nerítico, relacionado con las Aguas Costera Frías (ACF). Sin embargo,

especialmente en octubre se presentó una disminución de diatomeas en Pacasmayo y en Magdalena de Cao, mientras que las especies de dinoflagelados aumentaron, sin presentar dominancia, esperando para este mes mayor presencia de diatomeas en condiciones normarles debido a la intensificación del afloramiento que favorecen en gran medida a las diatomeas dentro de esta área 7-8° S.

Morón (2000) considera a esta zona como una de las más importantes donde se desarrolla el afloramiento, alimentado por aguas provenientes de la Extensión sur de la corriente de Cromwell.

La mayor presencia de dinoflagelados corresponde a especies de crecimiento más lento y se correlacionan negativamente con los nutrientes, por ser poblaciones que pertenecen a etapas más avanzadas de la sucesión y como consecuencia se encuentran en medios más pobres como reporta Blasco (1971).

La presencia en las zonas de muestreo de la diatomea *Proboscia indica* y los dinoflagelados *Ceratium symmetricum*, *Amphisolenia globifera*, *Tripes platycornis* especies presentes en aguas calidas (Ochoa y Gómez ,1997), además de la especies poco comunes *Tripesolenia depressa* indicada por Atwood (1906) especie de aguas cálidas oceánicas, y *Protoperidinium humile*, indicarían el acercamiento de aguas oceánicas hacia la costa causando un ligero cambio en la composición específica en octubre. De esta última especie no se tiene registro en aguas peruanas, y/o se tiene escasa información sobre su ecología, según Balech (1988) se encuentra con cierta frecuencia y abundancia en la bahía de Guanabara (Rio de Janeiro), por lo que se consideró como una especie de aguas cálidas.

La riqueza específica general durante los meses de muestreo, presentó una tendencia mensual creciente en ambas zonas de muestreo, sin embargo se encontró algunas variaciones negativas asociada a la temperatura como las presentadas en junio.

En mayo, en la zona de Pacasmayo (17,9 °C) se presentaron especies de aguas cálidas como: *Protoperidinium grande* (abundante), *Pyrocystis lúnula* y *Proboscia alata* (Ochoa y Gómez, 1997) que luego se ausentaron en junio (17,2 °C) y el caso de *P. grande* disminuyó drásticamente su abundancia. En Magdalena de Cao la variación fue menor a diferencia de la presentada en Pacasmayo, considerando que en esta zona la temperatura de mayo fue menor (18,2°C) que en la presentada en junio (18,4°C), a pesar de estas condiciones las especies de aguas cálidas: *Triplos platycornis*, *Ceratium trichoceros* y *Proboscia alata* (Ochoa y Gómez, 1997), estuvieron presentes en mayo y para junio se ausentaron, otra gran variación importante se presentó en esta última zona en septiembre, observando también especies de aguas cálidas como *Proboscia alata*, *Amphisolenia globifera* y *Triplosolenia depressa*, estas variaciones causaron una alteración en la composición específica, estando posiblemente relacionada con el ingreso de aguas oceánicas (ASS) en Septiembre y aguas ecuatoriales (AES) en mayo debido principalmente al evento “Niño Costero” que se presentó en verano y se extendió hasta mayo (ENFEN, 2017).

Estas variaciones fueron estudiadas por Casas et al. (1999) quienes encuentran que las especies fitoplanctónicas forman grupos de acuerdo a las condiciones ambientales de la zona, asimismo, Ochoa y Gómez (1988) mencionan que el área

de distribución de los diferentes componentes del fitoplancton cambia durante el año, dependiendo de las condiciones ambientales y las diferentes masas de agua.

Las especies más frecuentes dentro del grupo de las diatomeas estuvo conformado por especies pertenecientes al primer, segundo y tercer etapa de sucesión, encontradas por Blasco, (1971) en un área de afloramiento en las costas peruanas. Especialmente en la zona de Magdalena de Cao, donde se asume que presentó una mayor disponibilidad de nutrientes, a diferencia de Pacasmayo en donde hubo una mayor presencia de especies poco exigentes de sales nutritivas (dinoflagelados). Dentro de los Dinoflagelados los géneros *Protoberidinium*, *Ceratium* y tripos fueron los más frecuentes concordando con lo encontrado por Aguirre (2015) en el área de Salaverry. Los dinoflagelados cosmopolitas *Tripos dens*, *Tripos furca*, *Protoberidinium depressum* y *Dinophysis caudata* (Ochoa y Gómez 1997) también fueron frecuentes en la investigación.

La especie indicadora de aguas costeras frías (ACF) *Protoberidinium obtusum* estuvo presente a partir agosto, indicando una normalización de las temperaturas a partir de este mes, luego de la presencia en los meses previos del evento “Niño costero” en las costas peruanas.

Blasco (1971) determina un coeficiente de correlación de 0,92 entre el número células de diatomeas y el número total de células, en aguas típicas de afloramiento (ACF), coincidiendo con la correlación: donde el 88,9 y 97,2 % de la abundancia total fue dominado por las diatomeas en las zonas de Pacasmayo y Magdalena de Cao.

La abundancia mensual tuvo principal aporte de *Chaetoceros lorenzianus* en ambas zonas y en menor grado por especies *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros debilis*, *Thalassionema nitzschioides*, *Lithodesmiun undulatum*, principalmente en Magdalena de Cao, diatomeas de pequeño tamaño y de alta tasa de reproducción que por lo general se encuentran en cadenas, en gran abundancia y que son típicas de las aguas de la corriente peruana (ACF) (Blasco, 1971) (Ochoa et. al 1999) (Sánchez 2000). Y especies con sucesiones mayores como las diatomeas: *Coscinodiscus perforatus*, *Coscinodiscus wailessi* y los dinoflagelados *Protoperidinium depressum* y *Triplos dens* (Delgado, 2000) con mayor abundancia en la zona más al norte, debido a una menor disponibilidad de nutrientes que permitió el desarrollo de especies menos exigentes de estos microelementos y macroelementos.

La densidad fitoplanctónica mostró un gran nivel de asociación (negativa) con la temperatura durante los meses de muestreo, presentando una tendencia ascendente, con las menores densidades presente en otoño y para la estación primavera estas fueron máximas asociadas inversamente con la temperatura, ya que estuvo conformada por especies típicas de afloramiento y que en presencia de aguas afloradas con un rango de temperatura promedio entre 14 y 17 °C (Moron, 2000), logran sus óptimos desarrollo

Sin embargo en de agosto se mostró un decrecimiento en la abundancia, con la especie oceánica *Planktoniella sol* (Cupp, 1943) indicando el acercamiento de aguas oceánicas en forma de rezagos (Rebaza, 2017), causando un gran decrecimiento en la densidad especialmente en la zona de Pacasmayo, el mismo

comportamiento fue reportado por Ochoa y Gómez (1988). Sumado a esto, la menor disponibilidad de luz solar en invierno, requisito principal para desarrollar la actividad fotosintética (Fernández, 1999) permitieron la disminución de la densidad en agosto. Otra posible relación en cuanto a la variación en las densidades celulares podría asociarse a la distribución espacial de las densidades especialmente en Pacasmayo, en donde se observó que las mayores concentraciones celulares se ubicaron muy cerca del río Jequetepeque, pudiendo estar favorecidas por estos efluentes en esta zona, sin embargo las densidades de Magdalena estuvieron menos influenciadas por las descargas del río Chicama.

Los mayores promedios de oxígeno mensual en Pacasmayo estuvieron asociados de junio a septiembre (tendencia ascendente) a la densidad fitoplanctónica a excepción de agosto, además se encontró relación negativa a partir de junio con la temperatura, presentando las mayores concentraciones a menores temperaturas debido a que la solubilidad del oxígeno es mayor en aguas con temperaturas bajas según GEF-ONUDI-IMARPE-IFOP (2002).

En Magdalena de Cao el mayor valor de oxígeno se presentó en julio estando ligeramente relacionado con la densidad fitoplanctónica a partir de este mes hasta septiembre. Para esta zona se encontró las concentración de oxígeno más bajas a diferencia de Pacasmayo, asociados a las concentraciones anóxicas del fondo marino en esta área, que se encuentra en contacto con un fondo tipo fangoso con alta cantidad de materia orgánica en descomposición y que en procesos de divergencia se trasladan a la superficie, siendo comprobado por los datos de

oxígenos y tipo de fondo del proyecto de larvas de concha de abanico del Instituto del Mar del Perú a los que se tuvo acceso.

En su distribución se encontró los mayores valores concentrados en las estaciones más cercanas a la costa coincidiendo con lo expuesto por Graco et al. (2007) quien enfatiza que las condiciones de oxígeno en aguas superficiales frente a la costa es alta, asociado a procesos de ventilación y/o fotosintético.

A diferencia del oxígeno, la salinidad fue muy similar en ambas zonas, con rango dentro de normal, infiriendo un predominio de las ACF en nuestras zonas de estudio, tal como lo sugiere Castro (2007) quien a esta misma latitud durante su investigación de mayo a octubre encontró valores semejantes a los nuestros. Mientras que en la distribución superficial de salinidad, se observó las mayores concentraciones presentes en las estaciones más céntricas, y las menores estuvieron replegadas en los extremos, mostrándose como una incidencia de aguas afuera de estos mayores valores hacia la costa, sin embargo estas salinidades estuvieron dentro del rango normal para la costa peruana.

Los parámetros fisicoquímicos (oxígeno y salinidad) no estuvieron muy relacionados con la variable densidad celular el muestreo, lo que se corrobora con el índice de correlación, indicando que para esta investigación estos parámetros no fueron los únicos o no estuvo totalmente dependiente la densidad celular de dichos parámetros.

El índice de diversidad Shannon Wiener fue de 2,6 bits/cel en junio y agosto en ambas zonas, a diferencia de octubre en donde se obtuvo 1,8 bits/cel (Magdalena

de Cao) y 0.94 bits/cel (Pacasmayo); debiéndose principalmente a la dominancia en la abundancia del 82,28 y 88% del total respectivamente, por la especie *Chaetoceros lorenzianus* en estos últimos meses. Estos mínimos valores también se observaron de forma más homogénea en las estaciones más cercanas a la costa en Magdalena de Cao distribuidos y en dos estaciones (E6 y E4) en Pacasmayo mostrándonos áreas donde se concentra principalmente la mayor abundancia de dicha especie y que el índice aumentó conforme se alejó de estas, presentando un mayor número de especies abundantes, pertenecientes al segundo grupo en sucesión.

La latitud 7°S, está considerada como un área donde ocurren afloramientos en gran parte del año (Zuta y Guillen 1970) por lo que nuestros resultados concordarían con otras investigaciones, ya que según Margalef (1969) valores inferiores a 2,5 llegando hasta inclusive a 1 bits/cel indicarían, que se trata de zonas en donde ocurre grandes proliferaciones celulares, conformada por especies pequeñas en activo crecimiento. El índice de homogeneidad (J') promedio fue bajo (0,4) indicando la abundancia de pocas especies, corroborando los valores Shannon Wiener.

La formación de dos grupos según el grado de similitud, determinados por su abundancia celular, sugirió una posible influencia (en la formación de estos grupos) de algunos parámetros fisicoquímicos sobre los biológicos, o viceversa como lo observado con los bajos valores de oxígeno presentados en el primer grupo, que concentró la mayor abundancia celular (altamente representada en octubre) sin embargo dicha abundancia no fue determinante o no estuvo netamente relacionada con la mínima concentración de oxígeno, sin embargo los altos valores de

abundancia fitoplanctónica pudo estar dada por la mayor disponibilidad de nutrientes procedentes de aguas de surgencia con mínimos valores de oxígeno u otros parámetros, adversos a los considerados en este estudio.

CONCLUSIONES

La diversidad de fitoplancton marino en las zonas litorales de Pacasmayo y Magdalena de Cao estuvo conformada por 82 y 87 especies, con un índice de diversidad de Shannon-Wiener máximo de 2,60 y 2,63 bits/cel y una densidad máxima en octubre de 421×10^4 y 958×10^4 cel/m³ representada en ambas zonas por la diatomea *Chaetoceros lorenzianus*, asociado a temperaturas de 15,5 y 16,5 °C respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, D. (2015). Diversidad de fitoplanctónica del ecosistema marino de Puerto Salaverry - La libertad 2005. Tesis para optar el título de Biólogo Pesquero. Universidad Nacional de Trujillo.
- Al-Kandari, M; Al-Yamani, F & Al-Rifaie, K. (2009). Marine Phytoplankton Atlas of Kuwait's Waters. Inst. Inv. Kuwait. 351 pp.
- Alvítez, E. (2008). Composición cualitativa y cuantitativa del fitoplancton marino nerítico superficial (Dinophyceae y Bacillariophyceae) de Puerto Malabrigo -Peru, noviembre 2006 – noviembre 2007. Tesis para optar el grado académico de Doctor en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo.
- Armijos, S. (2007). Validez del plancton marino como indicador de condiciones oceanográficas en aguas ecuatorianas. Tesis para optar el Título de Licenciado en Biología. Universidad de Guayaquil.
- Atwood, C. (1906). Dinoflagellata of the San Diego regional, II. On *Triposolenia*, a new genus of the dinophysidae. Univ. Calif. Publications Zoology. 3(6): 93-116.
- Balech, E. (1988). Los Dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Inst. Esp. Oceanogr. 310 pp
- Barton, A.; S, Dutkiewicz.; G, Flierl.; J, Bragg & M, Follows. (2010). Patterns of Diversity in Marine Phytoplankton. Science. 327(5972): 1509-1511.

- Blasco, D. (1971). Composición y distribución del fitoplancton en la región de afloramiento de las costas peruanas. *Inv. Pesq.* 35(1): 61-112.
- Bravo, E. (2004). Fitoflagelados potencialmente tóxicos y nocivos de costas del Pacífico mexicano. *Biología Tropical.* 5:5-16. [Consultado 2017-03-10]. Disponible en:
http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442004000500004&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0034-7744.
- Calienes, R. (2014). Producción primaria en el ambiente marino en el Pacífico sudeste, Perú, 1960-2000. *Bol Inst Mar Perú.* 29(1-2):8-306.
- Casas, B., Varela M & Bode A. (1999). Seasonal succession of phytoplankton species on the coast of A Coruña (Galicia, northwest Spain). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 15(1-4): 413-429.
- Castro, J., Carbajal W Bances S y De La Cruz J. (2007). Condiciones biooceanográficas en el litoral de Puerto Malabrigo, La Libertad, Perú. Año 2006. *Inf Inst Mar Perú.* 34(4):309-317.
- Carrit, D & Carpenter J. (1966). Comparison and evaluation of currently employed modifications of the Winkler method for determining dissolved oxygen in sea water. *J. Marine Res.* 24: 226-318.
- Cupp, E. (1943). Marine plankton diatoms of the west coast of North America. *Bull Scripps Inst Oceanogr.* 5(1): 1-237.
- Delgado, E.; Chang, F.; Villanueva, P y Fernández, C. (2000). Fitoplancton en el invierno 1999 en un área seleccionada (7°-9° S). *Crucero Bic José Olaya Balandra 9908-09. Inf. Inst. Mar Perú* 154:23-41.

- Delgado, R. (1995). Variación Estacional de Fitoplancton en el Área del Callao durante El Niño 1987 (10-200 mn). Tesis para optar el Título de licenciado en Biología. Universidad Ricardo Palma.
- Delgado, E y Chang F. (2015). El fitoplancton de invierno en el crucero de estimación de biomasa de anchoveta 0708-09. Inf Inst Mar Perú. 42(2) 166-171
- Delgado, E.; Chang, F y Villanueva P. (2015). Composición, abundancia y distribución del fitoplancton frente a la costa peruana en el verano 2004. Crucero 0402-03. Inf. Inst. Mar Perú. 42(2): 158-165.
- Delgado, E y Jacobo N. (2015). El fitoplancton en la primavera 2008. Crucero Oceanográfico BIC Olaya 0810-11. Inf. Inst. Mar Perú. Inf. 42(2): 178-184.
- Delgado E y Sánchez S. 2015. Fitoplancton frente a la costa peruana durante en la primavera 2003. Inf Inst Mar Perú. 42(2): 150-157
- Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN). (2017). Informe Técnico Extraordinario N°001-2017/ENFEN EL NIÑO COSTERO 2017. Resumen ejecutivo.
- Espinosa, J.; Amaya, O y Quintanilla, R. (2013). Atlas de fitoplancton marino. Universidad de el Salvador. 110 pp
- Instituto del Mar del Perú (IMARPE). (2015). Protocolo de análisis semicuantitativo y cuantitativo de fitoplancton marino. Callao. Perú.
- Fernández, A. (1999). Manual de las Diatomeas Peruanas. Universidad Nacional de Trujillo. Publicaciones del Thortus Botanicus. 276 pp.

- Global Environment Facility (GEF); Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI); Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). (2002). Manejo integrado gran ecosistema marino de la corriente de Humboldt. Modulo I.
- Graco, M.; Ledesma, J.; Flores, G y Girón, M. (2007). Nutrientes, oxígeno y procesos biogeoquímicos en el sistema de surgencias de la corriente de Humboldt frente a Perú. *Revista Peruana de Biología*, 14(1): 117-128.
- López, J.; Manzano, M.; Hurtado, M.; Piña, P.; Hernández, O.; Guzón, O y Hernández, F. (2016). Fitoplancton: pequeños centinelas del océano. *Ciencia*. [Consultado 2017-03-10]. Recuperado en: <http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/online/FitoPlancton.pdf>
- Margalef, R. (1969). Diversidad de fitoplancton de red en dos áreas del Atlántico. *Inv. Pesq.* 33 (1): 275-286.
- Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y Tesis SEA. Zaragoza. 84 pp.
- Morón, O. (2000). Características del ambiente marino frente a la costa peruana. *Bol. Inst Mar Perú.* 19(1-2):179-204.
- Ochoa, N.; Rojas de Mendiola, B y Gómez, O. (1985). Identificación del Fenómeno el Niño a través de los organismos fitoplanctónicos. En “El Niño” su impacto en la fauna marina. *Bol. Inst. Mar Perú.* extraordinario: 23-31.
- Ochoa, N. y Gómez, O. (1988). Variación espacio temporal del fitoplancton frente al Callao, Perú, en 1986. En: H. Salzwedel y A. Landa (eds): Recursos

- y dinámica del ecosistema de afloramiento peruano. Bol. Inst. Mar Perú. Vol. Extraordinario: 51-57.
- Ochoa, N. y Gómez, O. (1997). Dinoflagelados del mar peruano como indicadores de masas de agua durante los años 1982 a 1985. Bol. Inst. Mar Perú. 16(2):1-60.
- Ochoa, N.; Gómez, O.; Sánchez, S y Delgado, E. (1999). Diversidad de diatomeas y dinoflagelados marinos del Perú. Bol. Inst. Mar Perú, 18 (1-2):1-14.
- Ochoa, N y Tarazona, J. (2003). Variabilidad temporal de pequeña escala en el fitoplancton de bahía independencia, Pisco, Perú. Revista Peruana de Biología. 10(1): 59-66
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (UNESCO). (2011). Guía para el diseño y puesta en marcha de un plan de seguimiento de microalgas productoras de toxinas. 46 pp
- Pesantes, F. (2014). Dinoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. 3° edición. INOCAR. 19(1): 91-207
- Rebaza, (2017). Variables oceanográficas primarias en un punto fijo de Pacasmayo, Malabrigo, Huanchaco, Salaverry y caleta Puerto Morin. Inf. 2°trim. Instituto del Mar del Perú.
- Rojas de Mendiola, B. (1981). Seasonal phytoplankton distribution along the peruvian coast. Coastal and estuarine sciences.1: 348-356.

- Rojas de Mendiola, B.; Gómez, O y Ochoa, N. (1985). Efectos del fenómeno “El Niño” sobre el fitoplancton. En: “El Niño” su impacto en la fauna marina. Bol. Inst.del Mar del Perú. vol. Extr.: 33-40
- Ruiz. (2014). Composición y distribución de las floraciones microalgales en Puerto Salaverry, la Libertad, Mayo-Octubre. Tesis para optar el título de Biólogo Pesquero. Universidad Nacional de Trujillo.
- Sánchez, S. (1994). Fitoplâncton e condições oceanográficas em áreas de ressurgência do Peru (inverno de 1987 e 1988). Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias- Oceanografía Biológica. Universidad de Rio Grande.
- Sánchez, S. (2000). Variación estacional e interanual de la biomasa fitoplanctonica y concentraciones de clorofila a, frente a la costa peruana durante 1976-2000. Bol. Inst. Mar Perú, 19 (1-2):29-43.
- Strickland, J.; Eppley, R y Rojas de Mendiola, B. (1969). Poblaciones de fitoplancton, nutrientes y fotosíntesis en aguas costeras peruanas. Bol Inst Mar Perú. 2(1): 4-35
- Thomas, M.; Kremer, C.; Klausmeier, C y Litchman, E. (2012). A Global Pattern of Thermal Adaptation in Marine Phytoplankton. Science. 338(6110): 1085-1088.
- Villanueva, P. (1997). Caracterización del Área Costera de Tumbes por organismos del fitoplancton durante 1990-1991. Tesis para optar el Título de Licenciado en Biología. Universidad Ricardo Palma.

- Zafra, A.; Díaz, M.; Dávila, F.; Bopp, G.; Vela, K.; López, M.; Castillo, J.; Colchado, J. (2017). Cultivo de microalgas marinas potenciales para la acuicultura del litoral entre Puerto Salaverry y Puerto Chicama, La Libertad, Perú. *Arnaldoa*, 24(2), 567-582. Recuperado en: <https://dx.doi.org/http://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24209>
- Zuta, S y Guillen, O. (1970). Oceanografía de las aguas costeras del Perú. *Bol. Inst. Mar Perú Callao*. 2(5):157-324.