

DENSIDAD Y COMPOSICIÓN FITOPLANCTÓNICA EN RELACIÓN CON LOS PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS, LAS CUEVAS, CAMANÁ, 2017-2019

PHYTOPLANKTON DENSITY AND COMPOSITION RELATED TO OCEANOGRAPHIC PARAMETERS, LAS CUEVAS, CAMANA, 2017-2019

Deysi Valdivia-Chávez¹

Cinthyia Ramos

Jorge del Águila-Rivera¹

<https://doi.org/10.53554/boletin.v37i1.363>

RESUMEN

VALDIVIA-CHÁVEZ, D., RAMOS, C., DEL ÁGUILA-RIVERA, J. (2022). *Densidad y composición fitoplanctónica en relación con los parámetros oceanográficos, Las Cuevas, Camaná, 2017-2019. Bol Inst Mar Perú. 37(1): 146-161.*- Durante los años de estudio (2017-2019), la comunidad fitoplanctónica estuvo constituida por 81 taxones y el grupo de las diatomeas fue el más representativo. Se observó dominancia fitoplanctónica de 79,97% y volumen promedio de 0,81 mL/100 L de agua filtrada. La densidad celular total fluctuó entre 0,01 y 1,59 cel.L⁻¹. De las especies más abundantes, resaltó *Aulacodiscus kittoni* cuya concentración fue de 0,17 x 10³ cel. L⁻¹, diatomea propia de orilla que forma extensas franjas verdes en la costa de Camaná. La temperatura superficial del mar, estuvo entre los rangos 14,4 - 19,4 °C con promedio de 16,81 °C. La salinidad tuvo promedio de 34,93 ups, el oxígeno disuelto promedio fue de 6,12 mL/L y el pH estuvo en los rangos 7,53 - 8,09. Las concentraciones promedio de nutrientes coincidieron con los rangos promedio superficiales normales para la costa peruana (2,62 μM de fosfatos; 20,50 μM de silicatos; 0,72 μM de nitritos y 18,13 μM de nitratos). Las concentraciones de oxígeno alcanzaron el índice más alto de correlación positiva con la densidad celular promedio de fitoplancton.

PALABRAS CLAVE: *Aulacodiscus kittonii*, fitoplancton, parámetros oceanográficos, Camaná, Arequipa

ABSTRACT

VALDIVIA-CHÁVEZ, D., RAMOS, C., DEL ÁGUILA-RIVERA, J. (2022). *Phytoplankton density and composition related to oceanographic parameters, Las Cuevas, Camaná, 2017-2019. Bol Inst Mar Peru. 37(1): 143-161.*- We conducted a study on the phytoplankton community in Las Cuevas, Camaná, between 2017 and 2019. A total of 81 taxa were identified and the diatom group was the most representative. Phytoplanktonic dominance of 79.97% and an average volume of 0.81 mL/100 L of filtered water were observed. The total cell density ranged from 0.01 to 1.59 cells.L⁻¹. *Aulacodiscus kittoni* was one of the most abundant species with a concentration of 0.17 x 10³ cells.L⁻¹; this is a coastal diatom that forms extensive green strips on the Camaná coast. Sea surface temperature (SST) ranged from 14.4 to 19.4 °C with a mean of 16.81 °C. Salinity averaged 34.93 PSU, dissolved oxygen was 6.12 mL/L on average, and pH was in the range of 7.53 - 8.09. The mean nutrient concentrations coincided with the normal average surface ranges for the Peruvian coast (2.62 μM phosphates; 20.50 μM silicates; 0.72 μM nitrites, and 18.13 μM nitrates). Oxygen concentrations reached the highest index of positive correlation with average phytoplankton cell density.

KEYWORDS: *Aulacodiscus kittonii*, phytoplankton, oceanographic parameters, Camaná, Arequipa

1. INTRODUCCIÓN

El sistema de la corriente de Humboldt, que se extiende a lo largo del Pacífico sur oriental frente a Chile y Perú (GRACO *et al.*, 2007) es un notable ecosistema de afloramiento y abundante producción de pequeños peces pelágicos (MONTECINOS & LANGE, 2009). Arequipa presenta el litoral costero más extenso del Perú, donde se desarrolla una actividad pesquera que representa la base de un sector socioeconómico importante y una fuente de ingresos para las poblaciones con mayores necesidades económicas. Las playas de

1. INTRODUCTION

The Humboldt Current system extends along the southeastern South Pacific off Chile and Peru (GRACO *et al.*, 2007) and it is one of the most important upwelling ecosystems with abundant production of small pelagic fish (MONTECINOS & LANGE, 2009). In Peru, Arequipa is the region with the longest coastline, where fishing activity is the basis of an important socioeconomic sector and a source of income for people with greater

¹ Laboratorio Costero de Camaná – Instituto del Mar del Perú, dvaldivia@imarpe.gob.pe

Camaná son el hábitat de un conjunto de especies significativas en la región, como la macha, típico habitante de la zona meso e infralitoral de playas arenosas expuestas a fuerte oleaje. Debido a las variaciones de las condiciones ambientales provocadas por el fenómeno El Niño 1997-1998, estas poblaciones están sufriendo disminuciones drásticas en su abundancia y distribución (QUIROZ y BARRIGA, 1998).

La productividad es el resultado de surgencias costeras, que transportan alto contenido de nitratos y otros nutrientes (ZUTA y GUILLÉN, 1970). Estos eventos ocurren durante todo el año con variabilidad de origen local en diferentes escalas temporales, siendo beneficiosos para las especies fitoplanctónicas, con énfasis en diatomeas y dinoflagelados.

El fitoplancton es la base de la cadena trófica, debido a su productividad en ambientes costeros, que sostienen la vida de peces y mariscos. Por ello, el estudio de las características de la comunidad fitoplanctónica permite conocer el funcionamiento de los ecosistemas y sus recursos (OCHOA y GÓMEZ, 1988). La composición y abundancia del fitoplancton son indicadores naturales de variaciones en la calidad del agua, debido a su sensibilidad y rápida respuesta a cambios en las condiciones ambientales, como temperatura, salinidad, pH, oxígeno y nutrientes (BAYLÓN *et al.*, 2019).

El fitoplancton marino tiene gran interés en los estudios sobre los eventos El Niño y La Niña, pues permite evaluar su efecto en la actividad biológica. Algunos organismos o grupos fitoplanctónicos pueden ser indicadores biológicos de cambios en las condiciones físicas y químicas durante los eventos cálidos y fríos del Pacífico, por ser organismos estrictos en requerimiento de salinidad y temperatura, y tipificadores de masas de agua (CENTRO CONTROL CONTAMINACIÓN DEL PACÍFICO, CCCP, 2002).

Todo recurso pesquero se encuentra asociado a especies acompañantes y ello conforma un ambiente habitable para los recursos de interés comercial. Por los diversos motivos señalados, el presente estudio se ha trazado como objetivo conocer tanto cualitativa como

economic needs. Camaná's beaches are home to many significant species in the region, such as the macha clam, which typically inhabits the mesolittoral and infralittoral zone of sandy beaches exposed to strong waves. Currently, due to variations in environmental conditions caused by El Niño (EN) 1997/98, these populations are undergoing drastic decreases in their abundance and distribution (QUIROZ & BARRIGA, 1998).

Coastal upwellings transport high nitrate and other nutrients resulting in high productivity (ZUTA & GUILLÉN, 1970). These events occur throughout the year with local variability on different time scales, being beneficial for phytoplanktonic species, especially for diatoms and dinoflagellates.

Phytoplankton is the base of the trophic chain since it sustains the life of fish and shellfish in coastal environments thanks to its productivity. Therefore, the study of the characteristics of the phytoplankton community provides information on the functioning of ecosystems and their resources (OCHOA & GÓMEZ, 1988). The phytoplankton composition and abundance are natural indicators of variations in water quality, given their sensitivity and rapid response to changes in environmental conditions, such as temperature, salinity, pH, oxygen, and nutrients (BAYLÓN *et al.*, 2019).

In studies on EN and La Niña (LN), marine phytoplankton plays an important role in the evaluation of their effect on biological activity. Some organisms or phytoplankton groups can be biological indicators of changes in physical and chemical conditions during warm and cold events in the Pacific, as they are strict organisms in terms of salinity and temperature requirements, as well as characterizing groups of water masses (CENTRO CONTROL CONTAMINACIÓN DEL PACÍFICO, CCCP, 2002).

Every fishery resource is associated with accompanying species and this forms a habitable environment for commercially important resources. Therefore, our goal is

cuantitativamente las especies del componente fitoplanctónico y su relación con los parámetros oceanográficos.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

La estación Las Cuevas se estableció en las coordenadas -72,59832 (72°35'53,95W) – 16,66718 (16°40'1,85''S) y está ubicada en una playa arenosa del distrito de Samuel Pastor, provincia de Camaná, Región Arequipa (Fig. 1).

Muestreo

Fitoplancton - composición planctónica.- Las muestras de agua de mar se colectaron mediante el filtrado de 100 litros de agua a través de una red estándar de 75 µm con la ayuda de un balde de plástico de 10 litros, se evitó el trasvase de arena, sedimento y material particulado. Las muestras obtenidas se fijaron con formalina al 4% en frascos de 250 mL teniendo en consideración las recomendaciones descritas por THRÖNDSSEN (1978). Los volúmenes de plancton se obtuvieron por centrifugación a 2400 rpm durante 5 minutos, los resultados de los volúmenes se expresaron en mililitros de plancton por 100 L de agua de mar filtrada (mL/100 L) según la metodología empleada por ROJAS *et al.* (1985).

to know both the quality and quantity of the phytoplankton species and their relationship with the oceanographic parameters.

2. MATERIAL AND METHODS

Study area

Las Cuevas station was located at coordinates -72.59832 (72°35'53.95W) - 16.66718 (16°40'1.85''S) on a sandy beach in the district of Samuel Pastor, Camaná, Arequipa Region (Fig. 1).

Sampling

Phytoplankton - plankton composition.- Seawater samples were collected by filtering 100 L of water through a standard 75 µm net with the aid of a 10 L plastic bucket, avoiding the transfer of sand, sediment, and particulate matter. The samples were fixed with 4% formalin in 250 mL flasks as recommended by THRÖNDSSEN (1978). The plankton volumes were obtained by centrifugation at 2400 rev/min for 5 minutes, the results of the volumes were expressed in milliliters of plankton per 100 L of filtered seawater (mL/100 L) according to the methodology employed by ROJAS *et al.* (1985).

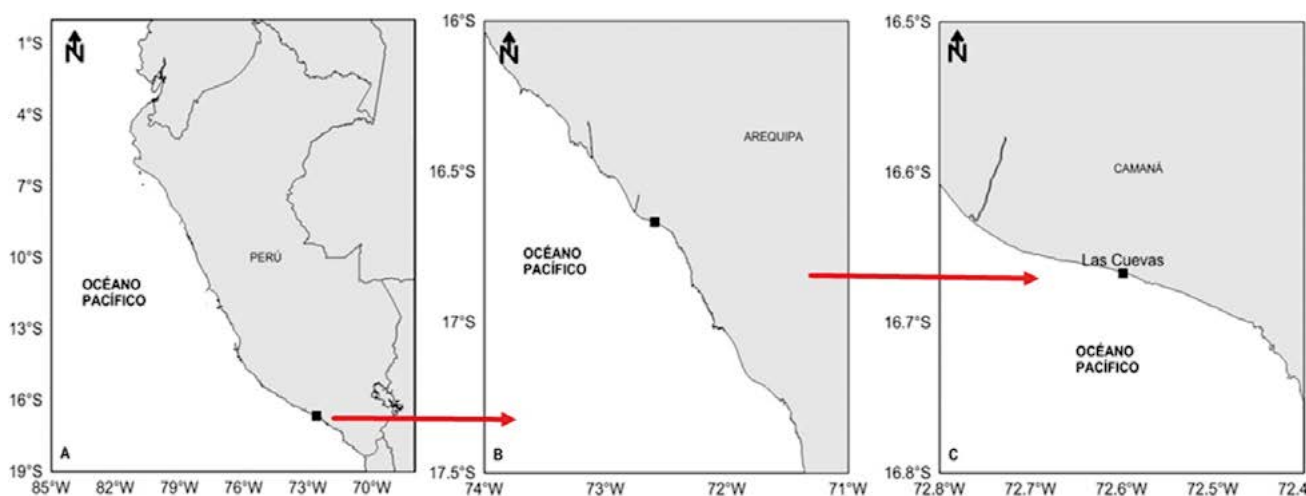


Figura 1.- Playa Las Cuevas, A. Perú, B. Arequipa, C, Las Cuevas

Figure 1. Las Cuevas Beach, A. Peru, B. Arequipa, C, Las Cuevas

Para el análisis cualitativo y semicuantitativo, se reposó la muestra hasta obtener un sedimentado de 5 mL, del cual se extrajo 1 gota que fue colocada en láminas portaobjetos. Posteriormente, se efectuaron los análisis mediante observaciones en microscopio compuesto, identificando y contando los organismos hasta el menor nivel taxonómico posible; este proceso se realizó tres veces.

Se anotaron las especies identificadas y se confeccionó un listado de acuerdo con la escala de abundancia relativa; 4: Muy abundante (mayor de 20 cel/c), 3: Abundante (entre 11 y 20 cel/c), 2: Escaso (entre 4 y 10 cel/c), 1: Presente (entre 1 y 3 cel/c) y 0: Ausente (IMARPE, 2010).

Para determinar el conteo general de las especies, se aplicó la siguiente metodología: se tomó la muestra colectada en el tubo de centrifuga, se contabilizaron las especies en placas Petri de 5 cm de diámetro, se contó un número determinado de campos y así se calculó el total de células por litro (cel. L⁻¹).

La identificación taxonómica de los organismos se realizó de acuerdo con CUPP (1943), HENDEY (1964), SOURNIA (1967), SCHILLER (1971), BALECH (1988), HEIMDAL (1993), THRÖNDSSEN (1993), HASLE & SYVERTSEN (1996) y STEIDINGER & TANGEN (1996).

Parámetros oceanográficos.- Para determinar la salinidad y los nutrientes, se colectaron muestras de agua de mar en frascos de polietileno de 250 mL. Los registros de temperatura se realizaron por medio de un termómetro de inmersión total de bulbo de mercurio con rango de medición de -8 a 32 °C y la salinidad a través de un salinómetro Guildline modelo 8410A. El oxígeno disuelto se determinó según el método de Winkler modificado por CARRIT & CARPENTER (1966), el pH se midió con un potenciómetro Mettler Toledo y la concentración de nutrientes se analizó con un espectrofotómetro Perkin Elmer Lambda 45, siguiendo los protocolos del Área Funcional de Investigación en Oceanografía Química y Geología (IMARPE, 2007) basados en la técnica espectrofotométrica UV-visible de STRICKLAND & PARSON (1972).

For the qualitative and semiquantitative analysis, the sample was rested until sediment of 5 mL was obtained, from which 1 drop was extracted and placed on slides. Then, we performed the analysis by observations under a compound microscope, identifying and counting the organisms to the lowest taxonomic level possible. This process was carried out three times.

The species identified were noted and listed based on the relative abundance scale: 4= Very abundant (greater than 20 cells/c), 3= Abundant (between 11 and 20 cells/c), 2= Scarce (between 4 and 10 cells/c), 1= Present (between 1 and 3 cells/c), and 0= Absent (IMARPE, 2010).

We applied the following methodology to determine the general count of the species: the sample collected in the centrifuge tube was taken, the species were counted in Petri dishes of 5 cm in diameter, a certain number of fields were counted, and the total number of cells per liter was determined (cells. L⁻¹).

The following works were used for taxonomic identification of the organisms: CUPP (1943), HENDEY (1964), SOURNIA (1967), SCHILLER (1971), BALECH (1988), HEIMDAL (1993), THRÖNDSSEN (1993), HASLE & SYVERTSEN (1996) y STEIDINGER & TANGEN (1996).

Oceanographic parameters.- Seawater samples were collected in 250 mL polyethylene bottles to determine salinity and nutrients. The temperature was recorded using a mercury bulb total immersion thermometer with a measurement range of -8 to 32 °C and we used a Guildline model 8410A salinometer to measure salinity. Dissolved oxygen was determined according to the Winkler method modified by CARRIT & CARPENTER (1966), pH was measured with a Mettler Toledo potentiometer, and nutrient concentration was analyzed with a Perkin Elmer Lambda 45 spectrophotometer, following the protocols of the Functional Area of Research in Chemical Oceanography and Geology (IMARPE, 2007) based on the UV-visible spectrophotometric technique of STRICKLAND & PARSON (1972).

Análisis de la información

Con el fin de determinar composición y contribución de cada Phylum respecto al número de taxones de fitoplancton, se consultó en el repositorio de datos de la plataforma *World Register of Marine Species* (WoRMS), la cual se integró al listado sistemático de los taxones para la construcción de la matriz de agregación taxonómica.

Se consolidaron los datos de la comunidad fitoplanctónica y de los parámetros oceanográficos en Microsoft Excel; se realizaron gráficos para analizar la variación de la temperatura, pH, salinidad, oxígeno y nutrientes, respecto al tiempo y la densidad celular fitoplanctónica. Para determinar si hubo diferencias significativas entre los años se usó el análisis de varianza para el componente fitoplanctónico y para cada uno de los parámetros oceanográficos. Para determinar y analizar la correlación entre las variables oceanográficas y la densidad celular de fitoplancton, se usó la correlación de Pearson (BAYLÓN *et al.*, 2019) y para la diversidad se siguió a Shannon-Wiener (H' usando log base 2) (CHANG y DELGADO, 2003). Los análisis estadísticos se realizaron en R.

3. RESULTADOS

Volúmenes de plancton (mL/100 L de agua filtrada) y composición de la comunidad fitoplanctónica

Del 2017 al 2019 la comunidad fitoplanctónica estuvo constituida por 81 taxones (71,60% diatomeas, 23,46% dinoflagelados, 2,47% silicoflagelados y 2,47% algas verdes, Fig. 2), evidenciando el índice de diversidad (H' log) en 1,90 bits.ind⁻¹. La baja diversidad puede deberse a que se registró abundancia de especies y no riqueza.

La dominancia fitoplanctónica promedio fue de 79,97%. El volumen promedio fue de 0,81 mL/100 L de agua filtrada (Fig. 3).

Data analysis

We consulted the data repository of the World Register of Marine Species (WoRMS) platform to determine the composition and contribution of each phylum relative to the number of phytoplankton taxa, which was integrated into the systematic list of taxa for the construction of the taxonomic aggregation matrix.

Data on the phytoplankton community and oceanographic parameters were consolidated in Microsoft Excel; graphs were made to analyze the variation of temperature, pH, salinity, oxygen, and nutrients compared to time and phytoplankton cell density. Analysis of variance was used to analyze if there were significant differences for the phytoplankton component and each of the oceanographic parameters between years. The Pearson correlation was used to determine and analyze the correlation between oceanographic variables and phytoplankton cell density (BAYLÓN *et al.*, 2019), while the Shannon-Wiener index (H' using log base 2) was used for diversity (CHANG & DELGADO, 2003). Statistical analyses were performed in R.

3. RESULTS

Plankton volumes (mL/100 L of filtered water) and composition of phytoplankton community

Between 2017 and 2019, the phytoplankton community was made up of 81 taxa (71.60% diatoms, 23.46% dinoflagellates, 2.47% silicoflagellates, and 2.47% green seaweeds, Fig. 2). This resulted in a diversity index (H' log) of 1.90 bits.ind⁻¹. The low diversity may be related to species abundance rather than species richness.

The mean phytoplankton dominance was 79.97%. The average volume was 0.81 mL/100 L of filtered water (Fig. 3).

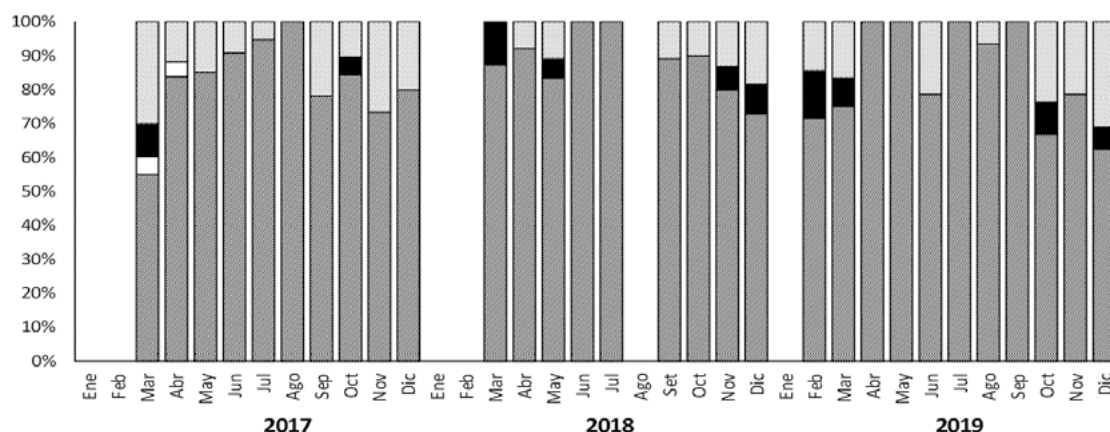


Figura 2.- Abundancia relativa de fitoplancton (diatomeas/Bacillariophyta, dinoflagelados/Pyrrophyta; silicoflagelados/Chrysophyta, algas verdes/Chlorophyta), Las Cuevas

Figure 2. Relative abundance of phytoplankton (diatoms/Bacillariophyta, dinoflagellates/Pyrrophyta; silicoflagellates/Chrysophyta, green seaweeds/Chlorophyta), Las Cuevas

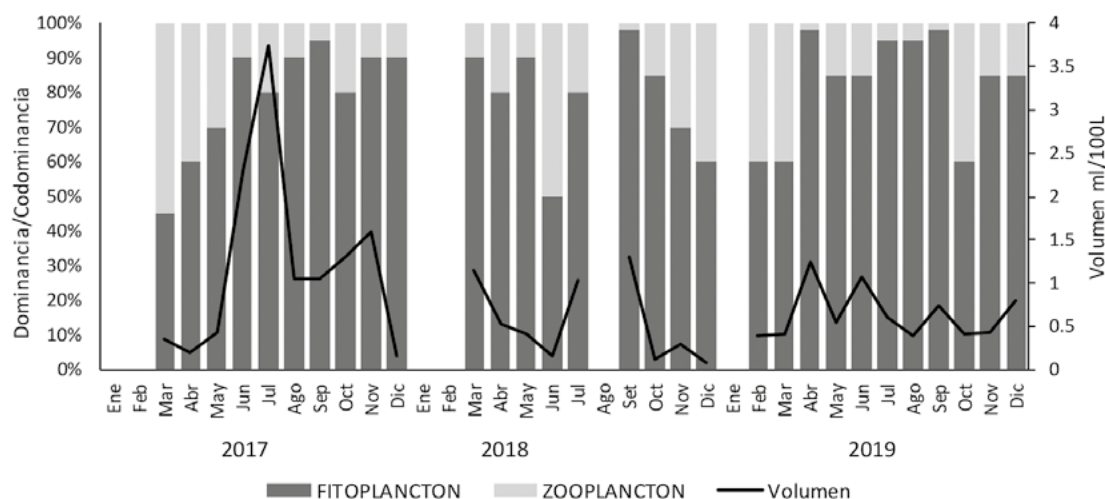


Figura 3. - Dominancia/codominancia fitoplanctónica y volumen de plancton mL/100 L, Las Cuevas

Figure 3. Phytoplanktonic dominance/co-dominance and plankton volume mL/100 L, Las Cuevas

Las especies *Aulacodiscus kittoni* (Fig. 4), *Lithodesmium undulatum*, *Coscinodiscus* sp.1 y *Chaetoceros lorenzianus* fueron las más abundantes durante los años de investigación, (Anexos 1, 2).

The species *Aulacodiscus kittoni* (Fig. 4), *Lithodesmium undulatum*, *Coscinodiscus* sp.1, and *Chaetoceros lorenzianus* were the most abundant during the study period, (Annexes 1, 2).

Densidad celular (cel. L⁻¹)

Las concentraciones del total de fitoplancton fluctuaron entre 0,01 - 1,59 × 10³ cel.L⁻¹ con promedio de 0,42 × 10³ cel.L⁻¹. La mayor abundancia de densidad celular la presentó *Aulacodiscus kittoni* con 0,17 × 10³ cel.L⁻¹ en promedio. En la figura 5, se observa la distribución mensual y anual de la densidad celular fitoplanctónica en relación con la temperatura superficial del mar (TSM).

Cell density (cell.L⁻¹)

Total phytoplankton concentrations ranged from 0.01 – 1.59 × 10³ cells.L⁻¹ with a mean of 0.42 × 10³ cell.L⁻¹. *Aulacodiscus kittoni* exhibited the highest cell density abundance with an average of 0.17 × 10³ cells.L⁻¹. Figure 5 shows the monthly and annual distribution of phytoplankton cell density in relation to sea surface temperature (SST).

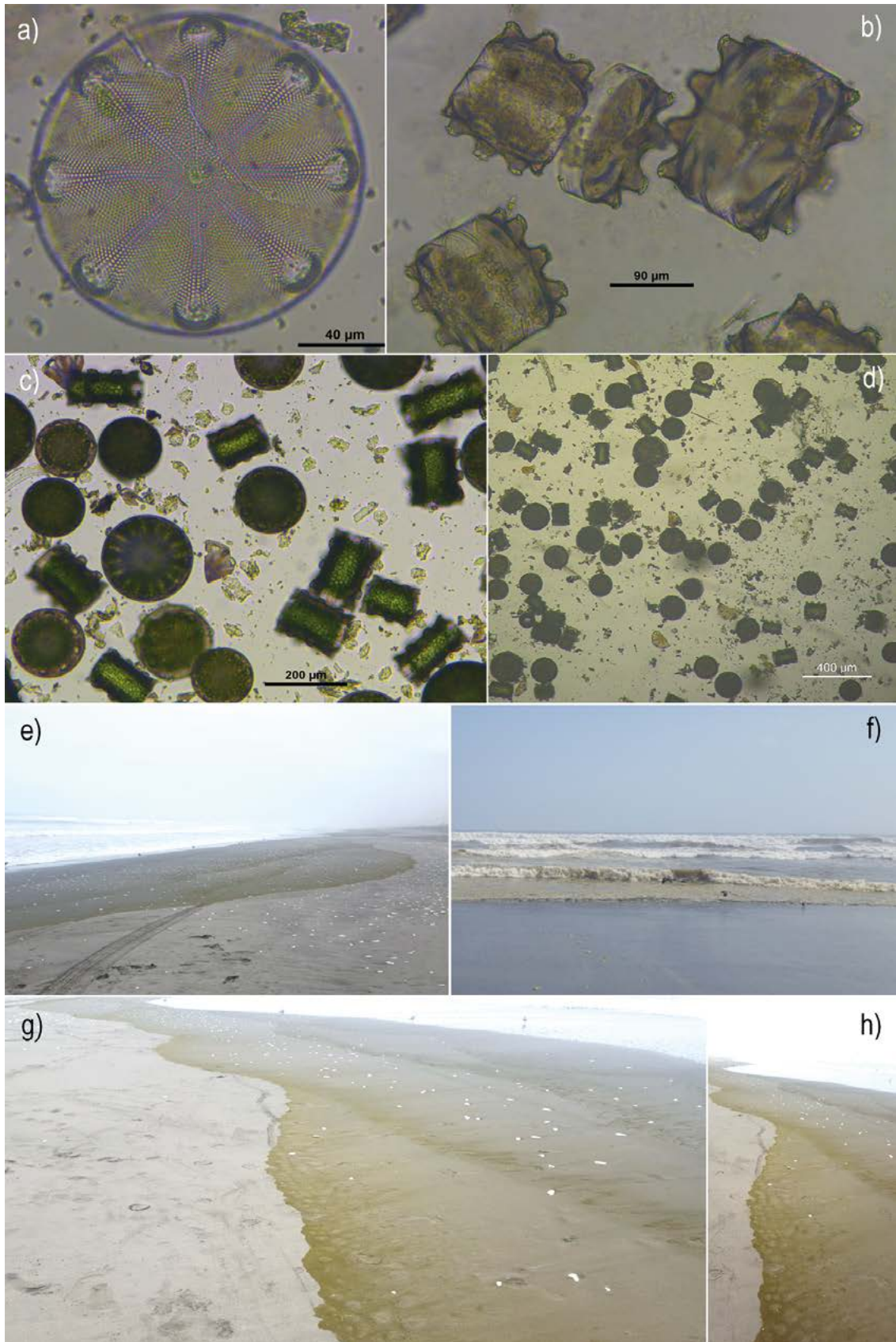


Figura 4.- *Aulacodiscus kittoni*: a) 40X, b) 20X, c) 10X d) 4X, coloración verdosa en la orilla de la playa causada por *A. kittoni* e), f), g) y h)

Figure 4. *Aulacodiscus kittoni*: a) 40X, b) 20X, c) 10X d) 4X, greenish coloration on the shoreline caused *A. kittoni* e), f), g), and h)

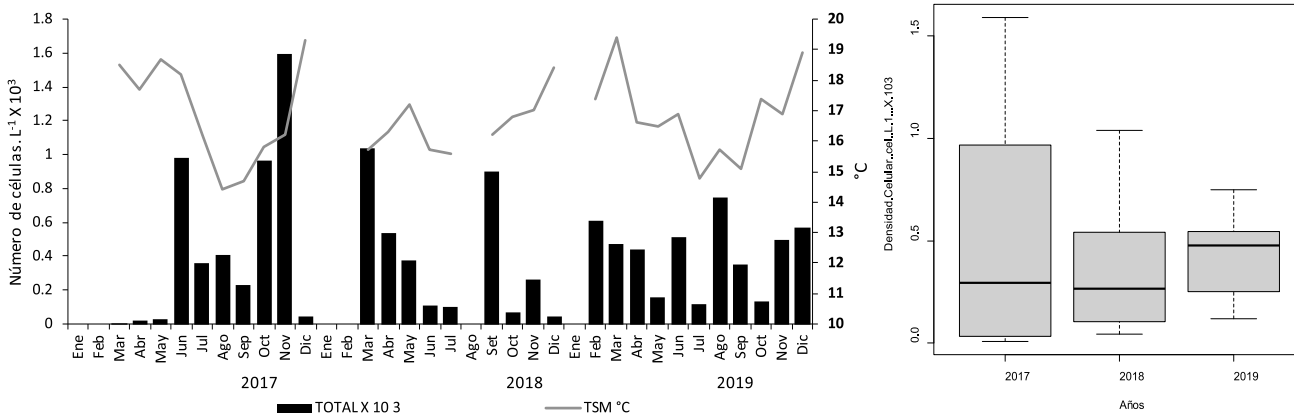


Figura 5.- Densidad celular cel./L x 10³ en relación con la TSM (°C) durante los meses de investigación

Figure 5. Cell density cell./L x 10³ in relation to SST (°C) during the study period

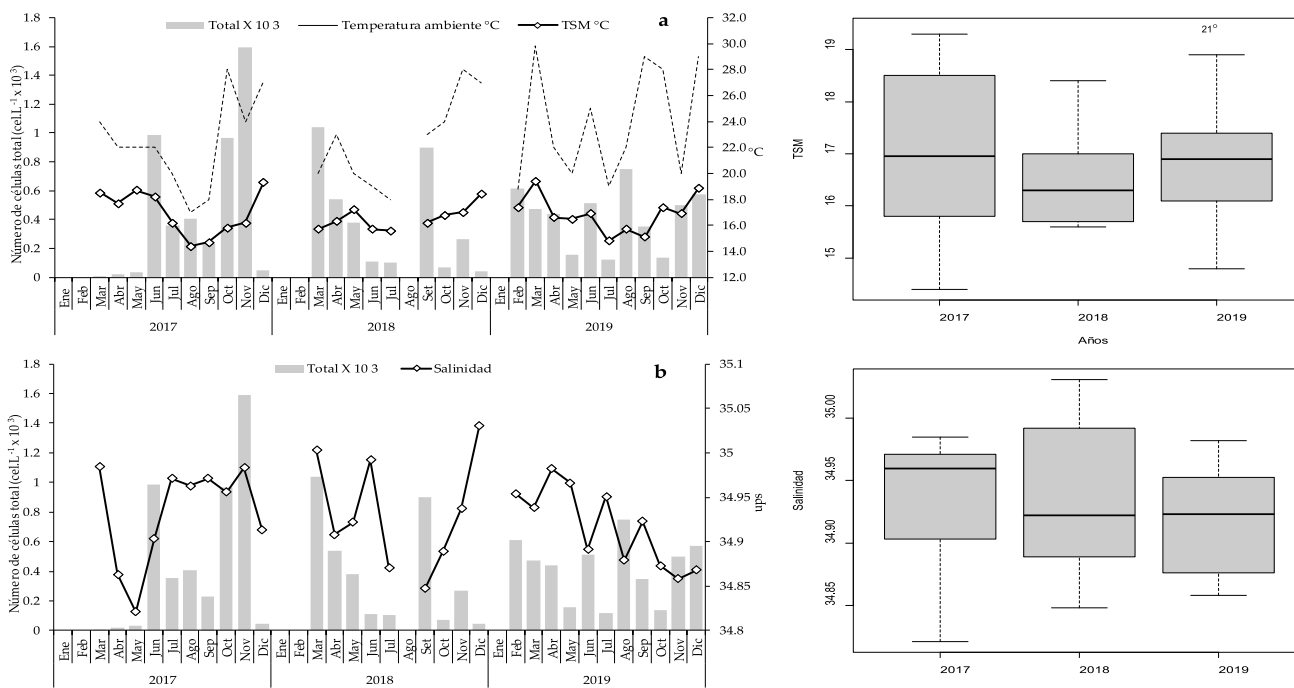


Figura 6.- a) Variación de la densidad celular de fitoplancton (cel. L⁻¹) en relación con la a) temperatura superficial del mar (TSM - °C) - temperatura ambiental (°C) y b) salinidad (ups)

Figure 6. a) Variation of phytoplankton cell density (cell.L⁻¹) in relation to a) sea surface temperature (SST - °C) - ambient temperature (°C), and b) salinity (PSU)

Relación de parámetros oceanográficos con densidad celular de fitoplancton

Temperatura y salinidad

Durante el periodo de estudio, la temperatura superficial del mar (TSM) más alta se registró en marzo 2019 (19,4 °C) y la más baja en agosto 2017 (14,4 °C). Se observó relación directa entre la densidad celular y la temperatura principalmente en otoño y verano (Fig. 6a). Los registros halinos indicaron la presencia de masas de agua: costera fría - (ACF) (34,8 - 35,1 ups) (Fig. 6b).

Relationship of oceanographic parameters with phytoplankton cell density

Temperature and salinity

During the study period, the highest sea surface temperature (SST) was recorded in March 2019 (19.4 °C) and the lowest in August 2017 (14.4 °C). There was a direct relationship between cell density and temperature mainly in autumn and summer (Fig. 6a). Haline records indicated the occurrence of cold coastal waters - CCW (34.8 - 35.1 PSU) (Fig. 6b).

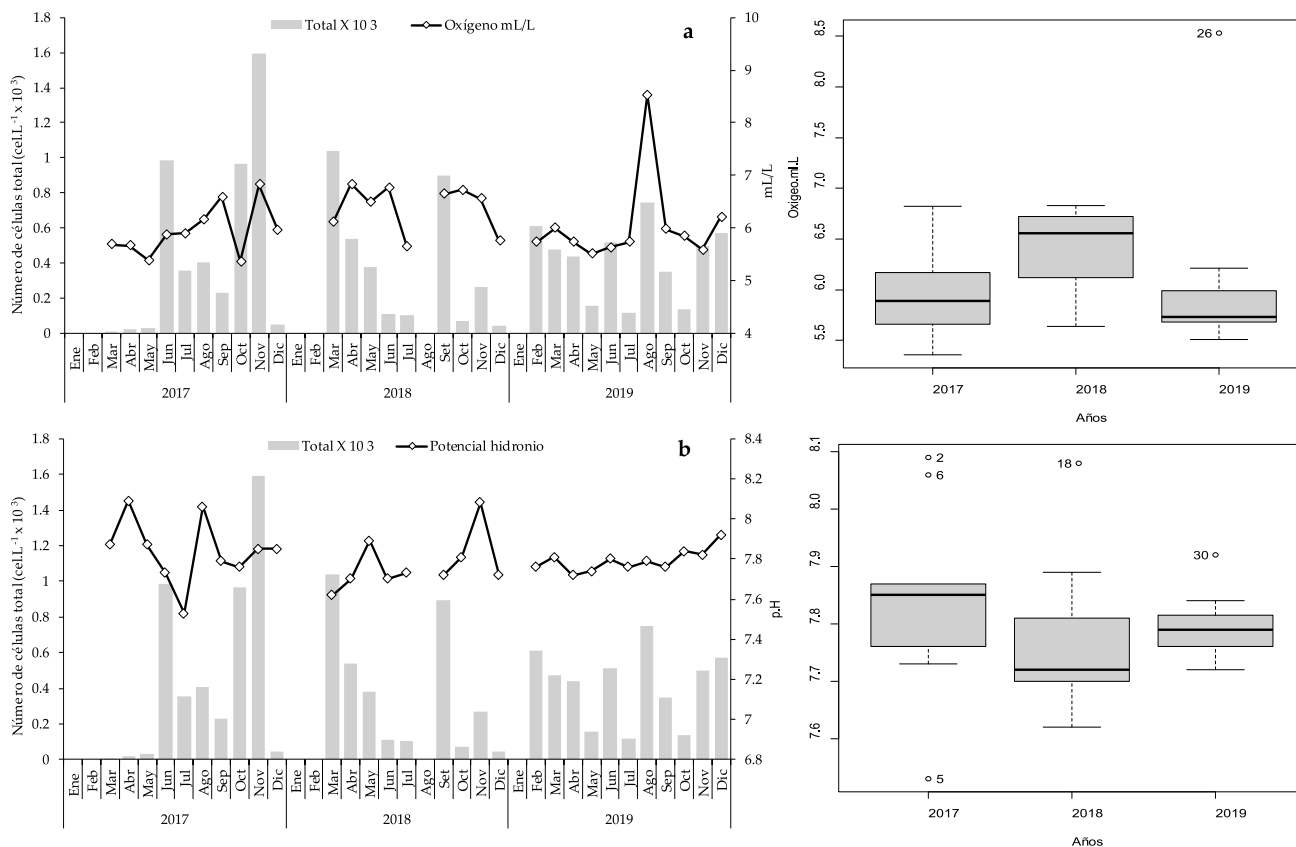


Figura 7.- a) Variación de la densidad celular de fitoplancton (cel. L⁻¹) en relación con a) oxígeno disuelto (mL/L) y b) potencial hidronio

Figure 7. a) Variation of phytoplankton cell density (cell.L⁻¹) in relation to a) dissolved oxygen (mL/L) and b) pH

Oxígeno disuelto y potencial de hidronio

La mayor concentración de oxígeno disuelto fue 5,36 mL/L y se registró en octubre 2017 y la menor fue 6,83 mL/L en abril 2018. Se observó relación directa entre el oxígeno y la densidad celular de fitoplancton (0,29 – correlación de Pearson), que fue más notoria en invierno y verano (Fig. 7a).

Los registros del pH fluctuaron entre 7,53 en julio 2017 a 8,09 en abril del mismo año y se presentó relación negativa (-0,21 - correlación de Pearson) con la densidad celular en invierno (Fig. 7b). Durante el periodo de estudio, el pH estuvo dentro de la categoría 4 (ecosistemas marinos y costeros) de los estándares de calidad ambiental para agua (D.S. 004-2017-MINAM).

Fosfatos y nitritos (µM)

La concentración en superficie de fosfatos fluctuó de 1,27 µM en diciembre 2019 a 3,85 µM en

Dissolved oxygen and pH

In October 2017, we recorded the highest dissolved oxygen concentration, 5.36 mL/L, while the lowest, 6.83 mL/L, was recorded in April 2018. A direct relationship was observed between oxygen and phytoplankton cell density (0.29 - Pearson correlation), which was more noticeable in winter and summer (Fig. 7a).

The pH records ranged from 7.53 in July 2017 to 8.09 in April 2017 and presented a negative relationship (-0.21 - Pearson correlation) with cell density in winter (Fig. 7b). During the study period, the pH was within category 4 (marine and coastal ecosystems) of the environmental quality standards for water (D.S. 004-2017-MINAM).

Phosphates and nitrites (µM)

The surface concentration of phosphates varied from 1.27 µM in December 2019 to

marzo 2019; la mayor concentración promedio de $2,92 \mu\text{M}$ se alcanzó el 2017 relacionada con mayor densidad promedio de fitoplancton para el mismo año. Los fosfatos presentaron alta variabilidad mensual y anual. Además, en el 2018 se observó disminución y posteriormente el 2019 hubo un ligero aumento en las concentraciones. Durante los tres años de estudio se observó que de junio a noviembre ocurren las mayores concentraciones de fosfato, lo que coincide con el periodo invierno-primavera; sin embargo, la densidad de fitoplancton decreció en ese periodo a excepción del año 2017 (Fig. 8a).

Los nitritos en superficie variaron de $0,14 \mu\text{M}$ en julio 2019 a $3,39 \mu\text{M}$ en octubre 2017. La mayor concentración promedio ($1,0 \mu\text{M}$) coincidió con mayor densidad celular promedio de fitoplancton el año 2017; en los años subsecuentes la concentración promedio de nitritos se redujo a la mitad. La variabilidad mensual no fue relevante; además, durante los dos últimos años de estudio se evidenció baja variabilidad (Fig. 8b).

$3.85 \mu\text{M}$ in March 2019. In 2017, the highest mean concentration of $2.92 \mu\text{M}$ was observed in relation to higher mean phytoplankton density for the same year. Phosphates presented high monthly and annual variability. We also observed a decrease in 2018 followed by a slight increase in concentrations in 2019. During this period, it was observed that from June to November the highest phosphate concentrations occur, which coincides with the winter-spring period, although, phytoplankton density decreased during this period except for 2017 (Fig. 8a).

Surface nitrites ranged from $0.14 \mu\text{M}$ in July 2019 to $3.39 \mu\text{M}$ in October 2017. The highest average concentration ($1.0 \mu\text{M}$) coincided with the higher average phytoplankton cell density in 2017. Thereafter, the average nitrite concentration decreased by half. Monthly variability was not relevant since, during the last two years of study, low variability was evident (Fig. 8b).

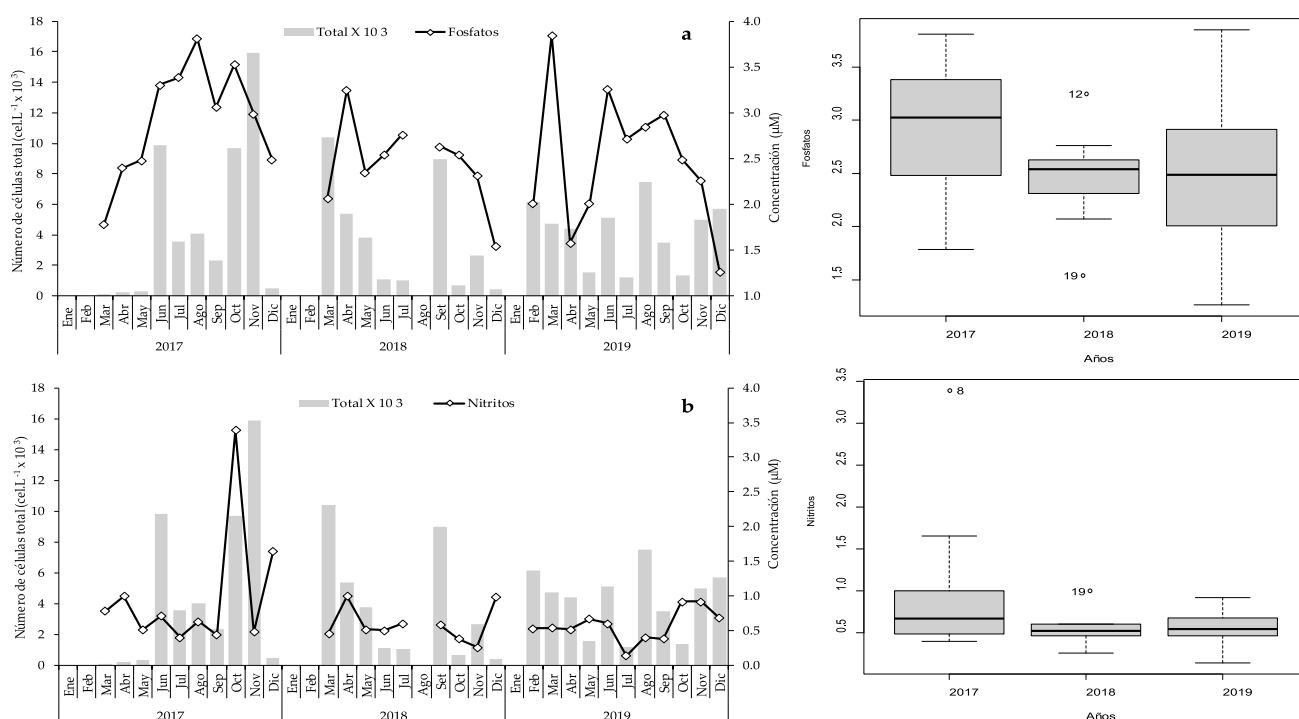


Figura 8.- Variación de abundancia de fitoplancton (cel. L^{-1}) y concentración de nutrientes (μM) a) fosfatos y b) nitritos

Figure 8. Variation of phytoplankton abundance (cell. L^{-1}) and nutrient concentration (μM) (a) phosphates and (b) nitrites

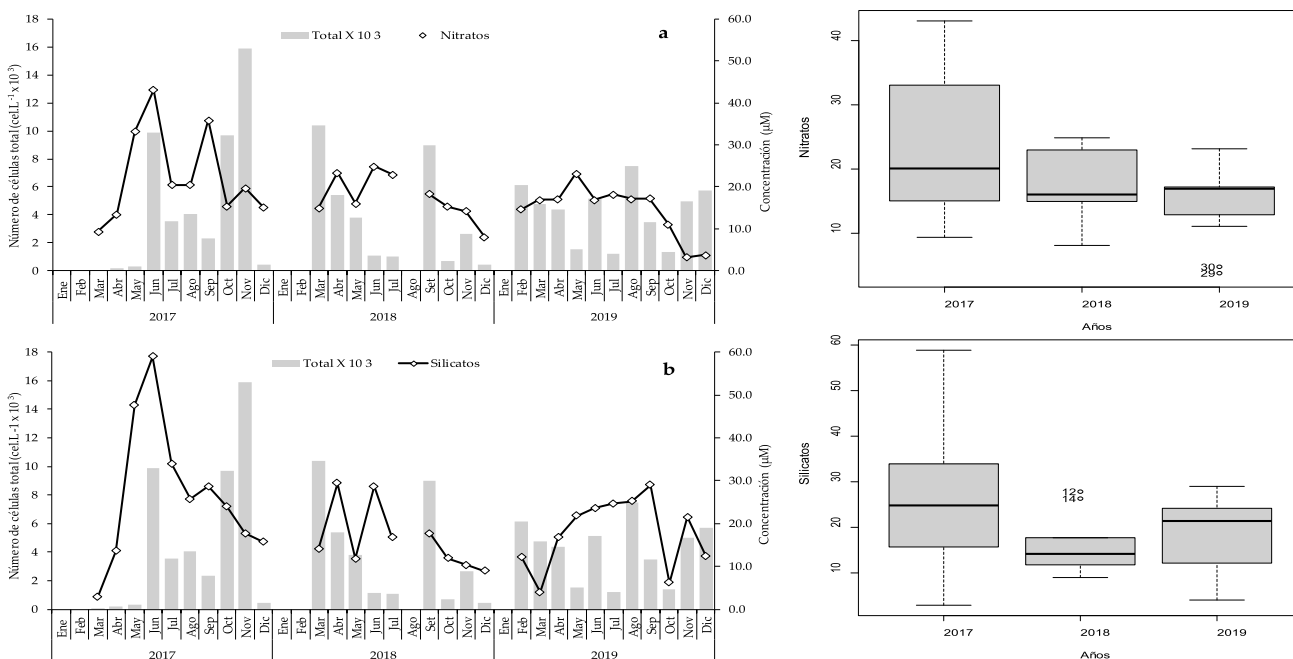


Figura 9.- Variación de abundancia de fitoplancton (cel.L⁻¹) y concentración de nutrientes (µM) a) nitratos y b) silicatos

Figure 9. Variation in phytoplankton abundance (cells.L⁻¹) and nutrient concentration (µM) a) nitrate and b) silicate

Nitratos y silicatos (µM)

Los nitratos en superficie oscilaron entre 3,27 µM en noviembre 2019 a 43,10 µM en junio 2017; la concentración promedio alcanzó el mayor valor de 22,62 µM el 2017. De modo similar que los fosfatos y relacionada con la mayor densidad celular promedio de fitoplancton, en los años posteriores esta concentración disminuyó hasta 14,50 µM el 2019, pues hubo alta variabilidad anual y mensual. En cuanto a la variabilidad estacional durante los años de estudio, se observó que en invierno-primavera hubo mayores concentraciones de nitratos a excepción del 2017 (Fig. 9a).

La concentración superficial de silicatos fluctuó de 2,92 en marzo 2017 a 58,89 µM en junio 2017; las altas concentraciones coincidieron con densidades celulares altas de fitoplancton reportadas durante 2017. Cabe resaltar que durante 2018 las concentraciones de silicatos y nitratos fueron muy similares, además, la variabilidad anual fue muy marcada al igual que la variabilidad mensual. Los silicatos siguieron un patrón de estacionalidad; sus concentraciones superficiales se incrementaron en invierno-primavera y disminuyeron en verano-otoño (Fig. 9b).

Nitrates and silicates (µM)

Surface nitrates fluctuated from 3.27 µM in November 2019 to 43.10 µM in June 2017. The mean concentration peaked at 22.62 µM in 2017. Similar to phosphates and related to the higher average phytoplankton cell density, this concentration decreased in later years to 14.50 µM in 2019, as there was high annual and monthly variability. Regarding seasonal variability, we observed throughout the study that the highest nitrate concentrations occurred in winter-spring, except for 2017 (Fig. 9a).

Surface silicate concentration oscillated from 2.92 in March 2017 to 58.89 µM in June 2017. The high concentrations coincided with high phytoplankton cell densities reported during 2017. It is noteworthy that silicate and nitrate concentrations were very similar in 2018; moreover, the annual variability was very noticeable as was the monthly variability. Silicates followed a seasonality pattern; their surface concentrations increased in winter-spring and decreased in summer-autumn (Fig. 9b).

4. DISCUSIÓN

Las diatomeas fueron el grupo más representativo en diversidad de especies durante el periodo de estudio y es el patrón más frecuente en los muestreos fitoplanctónicos (BAYLÓN *et al.*, 2019; CRUZ, 2018; DELGADO, 2019; RUIZ, 2018).

Aulacodiscus kittoni fue la especie registrada en todos los meses; se presenta generalmente en la rompiente de olas conformando un grupo reducido de especies que generan intensas acumulaciones sobre playas arenosas con oleaje fuerte. A menudo, son las únicas dominantes de la comunidad, se unen a las burbujas generadas por el oleaje y forman masas flotantes color marrón o verde, con forma irregular, que con la marea se depositan en la playa en franjas largas (Fig. 4) (Cox, 1885; RIVERA *et al.*, 2016).

Desde enero hasta junio 2019 se desarrolló un evento cálido El Niño con una magnitud débil, condición que disminuyó la densidad celular en comparación con el 2017 y 2018; ello reafirma que una de las características de los eventos cálidos es la disminución poblacional de diatomeas, como se menciona en el CCCP (2002).

Se deduce que la variabilidad térmica influenciada por los eventos cálidos de magnitud moderada en el 2017 (ENFEN, 2017a, b) y en el 2019 con magnitud débil (ENFEN, 2019 a, b, c, d, e, f) provocaron disminución en la densidad celular en comparación con el 2018, en el cual se desarrolló un evento frío de magnitud débil (ENFEN, 2018 a, b). Esto coincide con lo mencionado por SÁNCHEZ (2017), que muestra un índice de correlación de Pearson negativo y muy bajo (-0,19).

El oxígeno disuelto es uno de los parámetros de calidad del agua más importantes para la salud del fitoplancton, porque influye en una serie de procesos biogeoquímicos, como la respiración y el metabolismo que afectan su vida (IRIARTE *et al.*, 2015).

La mayor concentración promedio de fosfatos, nitritos, nitratos y silicatos estuvo relacionada con la mayor densidad celular promedio de fitoplancton registrada el 2017. Estos resultados pueden indicar que hubo mayor disponibilidad de nutrientes y que esta disminuyó en años posteriores.

4. DISCUSSION

During the study period, diatoms were the most representative group in terms of species diversity and the most frequent pattern in phytoplankton sampling (BAYLÓN *et al.*, 2019; CRUZ, 2018; DELGADO, 2019; RUIZ, 2018).

Aulacodiscus kittoni was recorded in all months. It generally occurs in the surf zone and forms a small group of species producing massive accumulations on sandy beaches with strong waves. They are often the only dominant species in the community and join the bubbles generated by the waves forming floating brown or green masses of irregular shape, which are then deposited on the beach in long strips with the tide (Fig. 4) (Cox, 1885; RIVERA *et al.*, 2016).

From January to June 2019, a warm El Niño event developed with a weak magnitude, a condition that decreased cell density compared to 2017 and 2018. This corroborates that one of the characteristics of warm events is the population decrease of diatoms, as mentioned in CCCP (2002).

Therefore, we can infer that the thermal variability, influenced by warm events of moderate magnitude in 2017 (ENFEN, 2017a, b) and weak magnitude in 2019 (ENFEN, 2019 a, b, c, d, e, f) caused a decrease in cell density compared to 2018, in which a cold event of weak magnitude developed (ENFEN, 2018 a, b). This coincides with what SÁNCHEZ (2017) mentioned, which shows a negative and very low Pearson's correlation index (-0.19).

Dissolved oxygen is one of the most important water quality parameters for the health of phytoplankton because it influences several biogeochemical processes, such as respiration and metabolism impacting their life (IRIARTE *et al.*, 2015).

In 2017, the higher mean concentration of phosphates, nitrites, nitrates, and silicates was related to the higher mean phytoplankton cell density recorded. These results may indicate that there was higher nutrient availability and that this decreased in the following years.

Las concentraciones promedio de nutrientes durante el periodo de estudio coinciden con los rangos promedio superficiales publicados para la costa de Perú, según lo señalado por ZUTA y GUILLÉN (1970), GUILLÉN & IZAGUIRRE DE RONDÁN (1973), y CALIENES *et al.* (1985).

Durante el tiempo de estudio, los fosfatos, silicatos y nitratos (con excepción del 2017) siguieron un patrón estacional; incrementaron sus concentraciones en invierno-primavera y disminuyeron en verano-otoño, lo que concuerda con CALIENES *et al.* (1985).

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la investigación nos permiten concluir que los valores fisicoquímicos y biológicos registrados durante los años de estudio (2017-2019) siguieron patrones de estacionalidad normales. Sin embargo, consideramos importante continuar la investigación en el largo plazo y, a su vez, debería ampliarse el área de estudio con la finalidad de incluir zonas de concurrencia de bañistas y las desembocaduras de drenes y canales para hacer comparaciones e interpretaciones de la influencia de factores antrópicos.

Agradecimientos

Especial agradecimiento al Coordinador del Laboratorio Costero de Camaná, Ing. Pesq. Marco Quiroz Ruiz, por su apoyo en la revisión del documento. A los compañeros, Sr. Helbert Rodríguez, Blgo. Aldrin Monroy, Blga. Pesq. Sarita Campos, e Ing. Pesq. Edwin Ramos, colaboradores en el desarrollo de la investigación con la colecta de muestras.

During the study period, the mean nutrient concentrations coincide with the average surface ranges published for the Peruvian coast, as reported by ZUTA & GUILLÉN (1970), GUILLÉN & IZAGUIRRE DE RONDÁN (1973), and CALIENES *et al.* (1985).

Phosphates, silicates, and nitrates (except for 2017) followed a seasonal pattern during our study. In winter-spring, their concentrations increased while in summer-autumn, they decreased, which is in agreement with CALIENES *et al.* (1985).

5. CONCLUSIONS

Our research results allow us to conclude that the physical-chemical and biological values recorded during the study period (2017-2019) followed normal seasonal patterns. Nevertheless, we believe that further research is important in the long term and, in turn, the study area should be expanded to include areas where bathers concur and the mouths of drains and canals to compare and interpret the influence of anthropogenic factors.

Acknowledgments

Special thanks to the Coordinator of the Camaná Coastal Laboratory, Engr. Marco Quiroz Ruiz, for his support in reviewing the document. To our colleagues, Mr. Helbert Rodríguez, Biol. Aldrin Monroy, Biol. Sarita Campos, and Fish. Engr. Edwin Ramos, for their help in the development of the research with the sample collection.

6. REFERENCIAS

- BALECH, E. (1988). Dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental. Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanograf., 1, 310 p.
- BAYLÓN, M., ADVÍNCULA, O., LOYOLA, O., NORABUENA, A., HERNÁNDEZ, D. (2019). Variación espacial y temporal del fitoplancton con énfasis en las floraciones algales frente a la playa de pescadores artesanales de Chorrillos/Lima/Perú. *Ecología Aplicada*, 18(2), 133-143. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v18i2.1332>
- CALIENES, R., GUILLÉN, O., LOSTAUNAU, N. (1985). Variabilidad espacio-temporal de clorofila, producción primaria y nutrientes frente a la costa peruana. *Bol Inst Mar Perú* (10), 6 - 12.
- CARRIT, D., CARPENTER, J. (1966). Comparison and evaluation of currently employed modification of the Winkler method for determining dissolved oxygen in sea water. *J. Mar. Res.*, 24, 286-318.
- CENTRO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICA E HIDROGRÁFICAS DEL PACÍFICO. (2002). *Compilación oceanográfica de la cuenca pacífica colombiana. Imágenes de la Naturaleza*. Tumaco, CCCP
- CHANG, F., DELGADO, E. (2008). Fitoplancton en el invierno 2003. *Inf Inst Mar Perú*, 35(2), 103-107.
- COX, J. (1885). The Question of Their Mode of Growth (*Aulacodiscus kittoni*). En: *Proceedings of the American Society of Microscopists, Eighth Annual Meeting*, Vol. 7, pp. 33-37.

- CRUZ, H. (2018). Diversidad de fitoplancton marino en las zonas litorales de Pacasmayo y Magdalena de Cao. Tesis para optar el título de biólogo pesquero. Universidad Nacional de Trujillo.
- CUPP, E. (1943). Marine plankton diatoms of the West Coast of North America. Bull. Scripps Inst. Oceanograph., 5, 1-238.
- DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM. Diario oficial El Peruano, Perú, 7 de junio 2017.
- DELGADO, E. (2019). Biodiversidad de microfitoplancton frente a Callao (12°S). Bol Inst Mar Perú. 34(2), 432-455.
- ENFEN. (2017 a, b). Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño". Diagnóstico y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú. Informe Técnico N°6, marzo 2017. Callao: ENFEN. Recuperado de <http://enfen.gob.pe/informes-técnicos/>
- ENFEN. (2018 a, b). Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño". Diagnóstico y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú. Informe Técnico N°1, enero 2018. Callao: ENFEN. Recuperado de <http://enfen.gob.pe/informes-técnicos/>
- ENFEN. (2019 a, b, c, d, e, f). Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño". Diagnóstico y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú. Informes Técnicos N°2, enero 2018. Callao: ENFEN. Recuperado de <http://enfen.gob.pe/informes-técnicos/>
- GRACO, M., LEDESMA, J., FLORES, G., 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.
- GUILLÉN, O., IZAGUIRRE DE RONDÁN, R. (1973). Nutrients in the Perú coastal current. En R. Fraser [ed.], Oceanography of the South Pacific 1972. National commission for UNESCO. Wellington. New Zealand. p. 397-418.
- HASLE, G., SYVERTSEN, E. (1996). Marine Diatoms. En: Identifying Marine Diatoms and Dino-flagellates (ed. C.R. Tomas), pp. 5-385. Academic Press, San Diego.
- HEIMDAL, B. (1993). Modern Coccolithophorids. In: C. Tomas [ed.], Marine phytoplankton a guide to naked flagellates and coccolithophorids. Cap. 3. Academic Press, Inc. San Diego, 147-235 pp.
- HENDEY, N. (1964). An introduction account of the smaller algae of British coastal waters. Part. V. Bacillariophyceae (Diatoms). Fishery Invest. London Ser. 4. 315 pp.
- IMARPE. (2007). Compendio de procedimientos técnicos para la investigación científica en el IMARPE: Dirección General de Investigaciones oceanográficas y Cambio Climático - Dirección General de Investigaciones en Acuicultura.
- IMARPE. (2010). Manual de procedimientos para el muestreo y ensayo semicuantitativo y cuantitativo de fitoplancton potencialmente tóxico.
- IRIARTE, A., VILLATE, F., URIARTE, I., ALBERDI, L., INTXAUSTI, L. (2015). Dissolved oxygen in a temperate estuary: The Influence of hydroclimatic factors and eutrophication at seasonal and inter-annual time scales. Estuar Coasts, 38(3), 1000-1015.
- MONTECINOS, V., LANGE, C. (2009). The Humboldt Current System: Ecosystem components and processes, fisheries, and sediment studies. Progress in Oceanography 83, 65-79. doi: 10.1016/j.pocean.2009.07.041.
- OCHOA, L., GÓMEZ, O. (1988). Variación espacio-temporal del fitoplancton frente a Callao, Perú, en 1986. Bol Inst Mar Perú, Vol. Extraordinario: 51-57.
- QUIROZ, M., BARRIGA, E. (1998). Evaluación del recurso macha (*Mesodesma donacium*) en el litoral de Moquegua y Tacna. Marzo de 1998. Informe progresivo IMARPE.
- RIVERA, P., CRUCES, F., GALLARDO, V. (2016). First report of a surf zone diatom accumulation in the Eastern South Pacific: *Aulacodiscus kittonii* Arnott ex Ralfs (Bacillariophyta) as the dominant and exclusive species. Gayana Bot., 73(1), 1-8.
- ROJAS, B., GÓMEZ, O., OCHOA, N. (1985). Efectos del fenómeno El Niño sobre el fitoplancton. En: El Niño. Su impacto en la fauna marina. Arntz, W.A. Landa y J. Tarazona (eds). Bol Extraord. Inst Mar Perú, 30 - 40.
- RUIZ, A. (2018). Diversidad fitoplanctónica en el ecosistema marino de Cerro Negro y Chérrepe, La Libertad - Perú. Tesis para optar el título de biólogo pesquero. Universidad Nacional de Trujillo.
- SÁNCHEZ, S. (2017). Variabilidad del plancton y efectos de El Niño y La Niña sobre el fitoplancton: 2013-2016. Inf Inst Mar Perú, 44(1), 14-19.
- SCHILLER, J. (1971). Dinoflagellata (Peridinae) in monographischer Behandlung: L. Rabenhortst (ed.). Reprint by Johnson Repr. Corp. New York, Vol. 10, Section 3, 617 pp. In Kriptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz 2 Teil.
- SOURNIA, A. (1967). Le genre *Ceratium* (Péridinien planctonique) dans le Canal de Mozambique. Contribution á une révision mondiale. Vie Milieu, ser. A18 (2,3, A), 375-499.
- STEIDINGER, K., TANGEN, K. (1996). Dinoflagellates. In: Tomas, C.R. (ed) Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Academic Press. 598 pp.
- STRICKLAND, J., PARSON, T. (1972). A practical handbook of seawater analysis. Bulletin 167 (2). FISH. RED. BD. OF Canada.
- THRÖNDSSEN, J. (1978). Preservation and storage. En A. Sournia (Ed.) Phytoplankton manual. UNESCO, Paris: 69 - 74.
- THRÖNDSSEN, J. (1993). The planktonic marine flagellates. In: C.R. Tomas (ed.). Marine phytoplankton, a guide to naked flagellates and coccolithophorids. Academic Press, San Diego, pp. 87-96.
- WoRMS Editorial Board. (2020). World Register of Marine Species. Checklist dataset <https://doi.org/10.14284/170> accessed via GBIF.org on 2020-08-05.
- ZUTA, S., GUILLÉN, O. (1970). Oceanografía de las aguas costeras del Perú. Bol Inst Mar Perú, (2), 157-324.

Anexo 2.- Fitoplancton – otras especies. Composición semicuantitativa por perfil de muestreo. Escala Frecuencia Relativa: 4: Muy abundante (> a 20 cel/c), 3: Abundante (entre 11 y 20 cel/c), 2: escaso (entre 4 y 10 cel/c) 1: Presente (entre 1 y 3 cel/c), 0: Ausente

Annex 2.- Phytoplankton - other species. Semicquantitative composition by sampling profile. Relative frequency scale: 4: Very abundant (> 20 cells/c), 3: Abundant (between 11 and 20 cells/c), 2: scarce (between 4 and 10 cells/c), 1: Present (between 1 and 3 cells/c), 0: Absent

	2017												2018												2019																							
	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Set	Oct	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic																		
CHLOROPHYTA																																																
<i>Chlorophyta</i> Indet. sp1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
<i>Hydrodictyon</i> sp1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
CRHYSOPHYTA																																																
<i>Dictyocha fibula</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
<i>Oactis octonaria</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
PYRROPHYTA																																																
<i>Akashiwo sanguinea</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
<i>Ceratium furca</i>	0	1	1	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Ceratium fusus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Ceratium gibberum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Ceratium tripos</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Dinophysis acuminata</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Dinophysis ovum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Dinophysis</i> sp1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Gonyaulax</i> sp1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Podolampas palmipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Prorocentrum gracile</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prorocentrum micans</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium depressum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Protoperidinium obtusum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Protoperidinium pentagonum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pyrophacus</i> sp1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pyrocystis lunula</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Scrippsiella spinifera</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total	19	24	21	12	19	11	23	19	15	5	8	13	18	9	18	9	10	15	11	7	12	2	8	28	9	15	9	21	14	16																		