

# MONITOREO BIO-OCEANOGRÁFICO FRENTE AL SECTOR DE ATICO - AREQUIPA, 2018

## BIO-OCEANOGRAPHIC MONITORING OFF THE ATICO - AREQUIPA, 2018

Jorge del Aguila-Rivera

Cinthya Ramos-Chávez

Deysi Valdivia-Chávez

### RESUMEN

DEL AGUILA J, RAMOS C, VALDIVIA D. 2021. Monitoreo bio-oceanográfico frente al sector de Atico - Arequipa, 2018. *Inf Inst Mar Perú*. 48(2): 275-281.- La temperatura superficial del mar osciló de 14,16 °C en septiembre a 17,44 °C en febrero, a 100 m cambió de 12,13 °C en septiembre a 13,99 °C en julio, se presenciaron rezagos de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) en febrero. El oxígeno superficial presentó tenores mayores a 4,0 mL/L en febrero, entre 2,0 y 4,0 mL/L el resto del año, presentó una proporcionalidad directa con el pH. Las concentraciones de nutrientes estuvieron dentro de los rangos promedio superficiales publicados para la costa de Perú. El componente planctónico mostró volumen promedio de 1,38 mL.m<sup>-3</sup>, la dominancia de fitoplancton fue 73,83%, mientras que la densidad de fitoplancton tuvo promedio de 124 x10<sup>3</sup> cel.L<sup>-1</sup>. Se reportó presencia del dinoflagelado *Protopeperidinium obtusum* indicador de Aguas Costeras Frías (ACF) durante el 2018 excepto en agosto y octubre. Se presentó la diatomea nerítica *Coscinodiscus* sp.1 como la más abundante de febrero a diciembre a 1 y 5 mn. Las condiciones oceanográficas indicaron desarrollo de procesos de afloramiento desde abril a diciembre.

**PALABRAS CLAVE:** oxígeno, nutrientes, *Protopeperidinium obtusum*, *Coscinodiscus* sp.1

### ABSTRACT

DEL AGUILA J, RAMOS C, VALDIVIA D. 2021. Bio-oceanographic monitoring off Atico - Arequipa, 2018. *Inf Inst Mar Peru*. 48(2): 275-281.- Sea surface temperature ranged from 14.16 °C in September to 17.44 °C in February. At 100 m it changed from 12.13 °C in September to 13.99 °C in July. Surface oxygen was greater than 4.0 mL/L in February, between 2.0 and 4.0 mL/L the rest of the year, and was directly proportional to pH. Nutrient concentrations were within the mean surface ranges published for the Peruvian coast. Plankton showed an average volume of 1.38 mL.m<sup>-3</sup>, phytoplankton dominance was 73.83%, while phytoplankton density averaged 124 x10<sup>3</sup> cel.L<sup>-1</sup>. In 2018, except in August and October, we reported the presence of the dinoflagellate *Protopeperidinium obtusum*, which is an indicator of Cold Coastal Waters (CCW). The neritic diatom *Coscinodiscus* sp.1 was present as the most abundant from February to December at 1 and 5 nm. Oceanographic conditions indicated the development of upwelling processes from April to December.

**KEYWORDS:** oxygen, nutrients, *Protopeperidinium obtusum*, *Coscinodiscus* sp.1

## 1. INTRODUCCIÓN

Según investigaciones realizadas por ZUTA y GUILLÉN (1970) "la zona sur del País está influenciada por las Aguas Costeras Frías (ACF) con salinidad de 34,8 a 35,1 ups, las cuales son ricas en nutrientes debido a los afloramientos; las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) con valores de salinidad mayor a 35,1 ups presentando grandes fluctuaciones térmicas del verano al invierno y, a nivel subsuperficial las Aguas Templadas de Subantártica (ATSA) con rango de temperatura de 15 a 13 °C y salinidad de 34,8 a 34,6 ups, estas aguas contribuyen al afloramiento de la parte sur principalmente provenientes del borde norte de la región Subantártica".

DELGADO y SÁNCHEZ (2015) indicaron que "la productividad del mar depende de la interacción de los parámetros físicos, químicos y biológicos del medio. Entre estos factores, el fitoplancton juega

un rol preponderante por constituir la fuente de alimento para los peces planctófagos, el zooplancton herbívoro y otros organismos del microzooplancton".

MORÓN (2000) indicó que "la distribución de la temperatura en los océanos es uno de los factores que controlan la distribución de organismos marinos y la densidad del agua de mar", así como que "la salinidad, al igual que la temperatura, es uno de los parámetros conservativos de mayor importancia para la distribución y conservación de los recursos vivos del mar".

Por lo tanto, conocer la distribución y evolución de algunas variables oceanográficas frente al sector de Atico es importante para caracterizar las masas de agua y explicar los fenómenos relacionados con su dinámica, procesos físico-químicos y biológicos, al mismo tiempo asociarlos al comportamiento de los recursos hidrobiológicos de esa zona.

El IMARPE a través del Laboratorio Costero de Camaná realizó entre febrero y diciembre 2018 un monitoreo oceanográfico mensual frente al sector de Atico.

El presente informe da a conocer los resultados sobre temperatura del mar (°C), salinidad (ups), oxígeno disuelto (mL/L), pH y nutrientes (µM), tanto en la superficie como en la columna de agua y la composición planctónica.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

El monitoreo bio-oceanográfico frente al sector de Atico se realizó en la provincia de Caravelí - Región Arequipa. El "Punto Fijo" (E-1) se estableció en las coordenadas 16°15'15''S - 73°42'36''W a una distancia de 1,5 mn frente a la Punta Atico, se agregó dos estaciones E-3 y E-5 a 3 y 5 mn, respectivamente para estudiar las condiciones oceanográficas del sector (Fig. 1).

### Parámetros oceanográficos

La temperatura superficial del mar (TSM) se determinó con un termómetro Kessler (-8 °C a 32 °C), en la columna de agua se empleó el perfilador CTD SBE 25Plus con el cual se registraron datos de temperatura (°C), salinidad (ups), oxígeno disuelto (mL/L) y pH.

Se empleó una botella Niskin de 5 L para recolectar muestras de agua en diferentes estratos de profundidad (10 m, 25 m, 50 m, 75 m, 100 m) y a nivel superficial se utilizó un balde de 20 L.

Las muestras recolectadas para análisis de nutrientes se colocaron en frascos de polietileno de 250 mL, luego fueron congeladas hasta ser analizadas en laboratorio siguiendo los protocolos basados en la técnica espectrofotométrica UV-Visible de STRICKLAND & PARSON (1972), empleando el espectrofotómetro Perkin Elmer Lambda 45, para calcular las concentraciones respectivas.

Para los análisis semicuantitativos de plancton las muestras se recolectaron con red estándar (75 µm) en arrastres superficiales durante 5 minutos y a 3 nudos de velocidad, las cuales fueron preservadas teniendo en consideración las recomendaciones descritas por THRÖNDSSEN (1978). Los volúmenes de plancton se obtuvieron por centrifugación a 2400 rpm durante 5 minutos. Se utilizó la fórmula:  $V=Vc/K$

Donde:

$V$ = biovolumen de plancton

$Vc$ = biovolumen de plancton centrifugado (mL)

$K$ = 6,6273 m<sup>3</sup> (constante que indica el agua filtrada por la red).

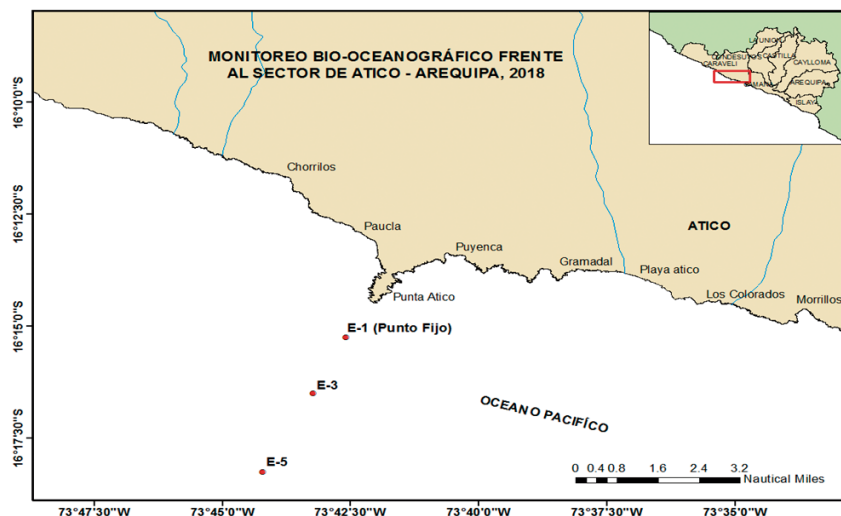


Figura 1.- Estaciones de muestreo

Los resultados de los volúmenes fueron expresados en mililitros de plancton por metro cubico de agua de mar filtrada ( $mL.m^{-3}$ ) según metodología empleada por ROJAS DE MENDIOLA *et al.* (1985). Las muestras se analizaron semi cuantitativamente, considerando al fitoplancton, zooplancton y meroplancton, otorgando a los organismos más representativos, valores convencionales de acuerdo a la abundancia, según la metodología del área de productividad primaria (IMARPE, 2010).

El análisis cuantitativo se realizó con muestras de agua recolectadas en E-1 (Punto Fijo) a 10 m de profundidad, las mismas que fueron obtenidas con una botella Niskin. El recuento celular se realizó bajo la metodología de UTERMÖHL (1958), expresando los resultados en  $N^{\circ} \text{ cel} \times 10^3/L$ .

La determinación del componente planctónico se realizó con apoyo de los trabajos de BALECH (1988), CUPP (1943), GÓMEZ (1997), HEIMDAL (1993), OCHOA y GÓMEZ (1997) y SANTANDER *et al.* (1981).

**Procesamiento de la información**

Mediante el programa *SBEData Processing* se realizó la descarga y tratamiento de los datos crudos del perfilador CTD SBE25Plus. El procesamiento y análisis se ejecutaron mediante una hoja de cálculo Excel 2010 y Surfer 9,0 para

las interpolaciones de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH y nutrientes.

**3. RESULTADOS**

**PUNTO FIJO (E-1)**

**Temperatura (°C)**

Durante el 2018, la temperatura superficial del mar (TSM) fluctuó de 14,16 °C en septiembre a 17,44 °C en febrero, obteniéndose promedio de 15,74 °C, siendo inferior en 0,34 °C en relación al 2017. La isoterma de 15 °C estuvo localizada por encima de 100 m durante todo el año, teniendo mayor elevación en junio, julio y septiembre (Fig. 2a).

En la isobata de 100 m, la temperatura fluctuó de 12,13 °C en septiembre a 13,99 °C en julio, con promedio de 13,37 °C, inferior en 0,42 °C comparado con el 2017, manifestándose condiciones más frías en la columna de agua respecto al 2017.

**Salinidad (ups)**

La estratificación halina en el punto fijo mostró mayor representatividad de las ACF a lo largo del 2018, con excepción de febrero cuando hubo mezcla con las ASS (Fig. 2b).

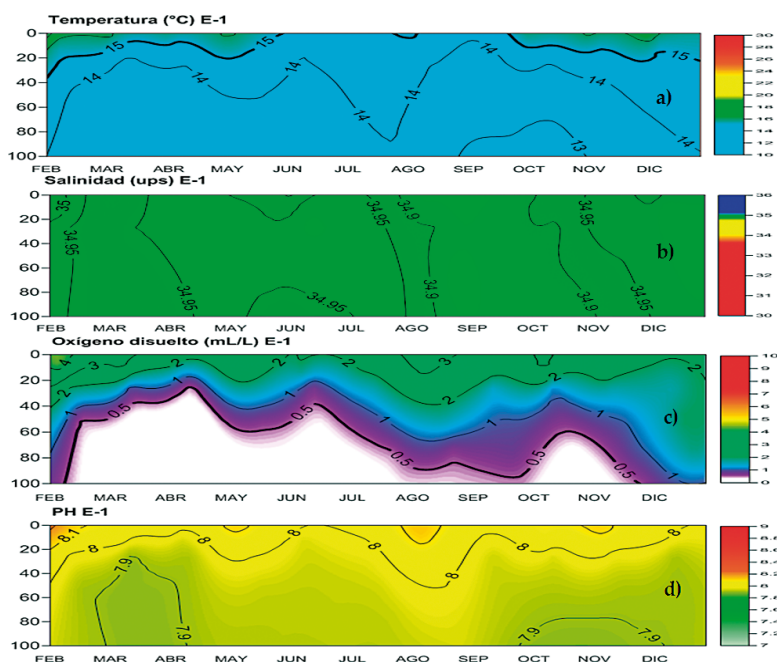


Figura 2.- Serie de tiempo de a) temperatura (°C), b) salinidad (ups), c) oxígeno disuelto (mL/L), d) potencial de hidronio en el "Punto Fijo". Monitoreo bio-oceanográfico frente al sector de Atico, Arequipa, 2018

### Oxígeno disuelto (mL/L)

Presentó tenores alrededor de 4,00 mL/L en febrero, el resto del año cercanos a 3 mL/L siendo valores relacionados con los afloramientos costeros.

En el estrato de 0 a 90 m apareció la oxiclina, en la cual el oxígeno disminuyó hasta 1 mL/L y la capa deficiente en oxígeno (<0,5 mL/L) se localizó debajo de los 100 m en febrero.

Entre marzo y junio se corroboró lo mencionado por HELLY & LEVIN (2004) quienes indicaron que la zona de mínimo oxígeno (ZMO) se encuentra a partir de los 30 a 50 m intersectando la capa eufótica (Fig. 2c).

### Potencial de hidronio

Los valores del pH a nivel superficial fueron mayores a 8,00 y a 100 m el pH fue menor de 8,00 (Fig. 2d). En términos generales el pH estuvo dentro del rango de los ECAs categoría 4 (conservación del ambiente marino).

El pH tuvo una mejor correlación con la salinidad pues las masas de agua fría se relacionan con bajos valores de oxígeno y pH debido a los procesos de afloramiento, coincidiendo con lo mencionado por LEÓN *et al.* (2011).

Los registros de pH en la columna de agua fueron ligeramente superiores en comparación al 2017. Así mismo el pH estuvo dentro del rango de los ECAs categoría 4 (conservación del ambiente marino).

### Fosfatos (µM)

A nivel superficial oscilaron de 1,58 a 2,49 µM, promedio de 1,91 µM, menor en 0,32 µM respecto al 2017 y a 100 m entre 1,86 y 3,06 µM con media de 2,51 µM; en junio hubo un núcleo de 3,0 µM (Fig. 3a).

### Silicatos (µM)

En superficie oscilaron de 7,21 a más de 35,00 µM, promedio de 19,81 µM, siendo mayor en 2,68 µM respecto al 2017. A 100 m entre 13,28 y 32,09 µM con media de 24,48 µM; en marzo se registró concentraciones ascendentes próximas a 30,00 µM (Fig. 3b).

### Nitritos (µM)

En superficie cambiaron de 0,29 µM a 1,04 µM con promedio de 0,55 µM, menor en 0,14 µM respecto al 2017; a 100 m entre 0,15 µM a 3,76 µM y promedio de 1,72 µM; el primer trimestre del 2018 se registraron concentraciones mayores a 2,00 µM (Fig. 3c).

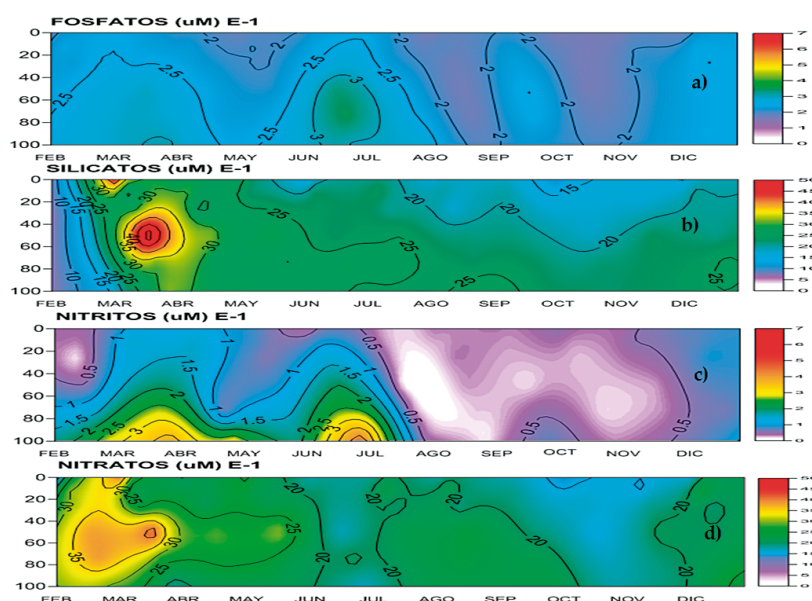


Figura 3.- Serie de tiempo de a) fosfatos (µM), b) silicatos (µM), c) nitritos (µM), d) nitratos (µM) en el "Punto Fijo". Monitoreo bio-oceanográfico frente al sector de Atico - Arequipa, 2018

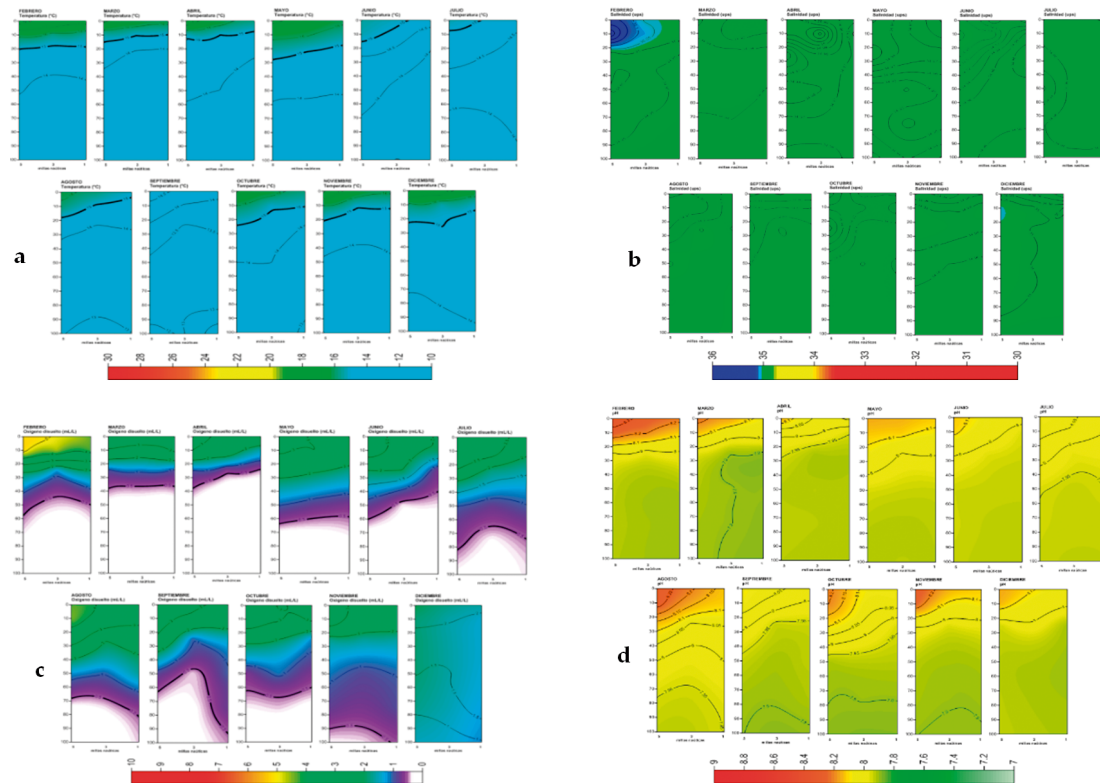


Figura 4.- Perfil de a) temperatura (°C), b) salinidad (ups), c) oxígeno disuelto (mL/L), d) potencial de hidronio frente al sector de Atico hasta 5 mn. Monitoreo bio-oceanográfico frente al sector de Atico - Arequipa, 2017

**Nitratos (µM)**

Los nitratos superficiales fluctuaron de 12,85 µM a más de 35,00 µM, promedio de 19,50 µM, siendo mayor en 2,03 µM comparado al 2017 y a 100 m de 16,66 µM a 29,44 µM con promedio de 21,58 µM (Fig. 3d). Los silicatos y nitratos presentaron distribuciones y variabilidad similares a lo mencionado por GRACO *et al.* (2006).

**VARIABILIDAD HASTA 5 MN**

**Temperatura (°C)**

La isoterma de 15 °C indicó una localización por encima de 100 m a lo largo del año excepto en septiembre, temperaturas a nivel superficial cercanas a 17,0 °C fueron registradas en los meses de febrero y marzo (Fig. 4a).

**Salinidad (ups)**

Las condiciones halinas estuvieron demarcadas por presencia de ASS y ACF generándose zonas de mezcla en febrero a 5 mn, posteriormente las ACF tuvieron gran predominio del área monitoreada (Fig. 4b).

**Oxígeno disuelto (mL/L)**

En superficie presentó valores entre 2,00 y 4,00 mL/L, asociados a afloramientos costeros, excepto en febrero que hubo tenores mayores a 5,00 mL/L, característico de las ASS. El límite superior de la capa deficiente de oxígeno (0,5 mL/L) se localizó por encima de los 100 m excepto en diciembre (Fig. 4c).

**Potencial de hidronio**

Los registros de pH indicaron una ligera alcalinidad desde superficie hasta 100 m durante el 2018, los valores más altos se presentaron en febrero y agosto. Se corroboró el incremento mientras se aleja de la costa y la relación directa con el oxígeno disuelto (Fig. 4d).

**ASPECTOS BIOLÓGICOS**

Los volúmenes de plancton en superficie registraron valor promedio de 1,38 mL.m<sup>-3</sup>, con mínima concentración de 0,18 mL.m<sup>-3</sup> (junio) a 1 mn y máxima de 3,83 mL.m<sup>-3</sup> (abril) a 5 mn (Fig. 5).

La dominancia de fitoplancton sobre el zooplancton fue de 82,23% en promedio a 1 mn, a 5 mn se reportó una codominancia fitoplancton/zooplancton del 64,60% (Fig. 5).

El número de taxa fitoplanctónica fue mayor en todos los meses en relación al zooplancton (Fig. 6) se resalta la presencia del componente meroplanctónico. Se reporta como especie muy abundante a *Coscinodiscus* sp.1 y *Lithodesmium undulatum* para todo el año 2018; en el caso del componente zooplanctónico se tiene como abundante a los copépodos con el estadio de nauplio y el Orden Calanoida. La población de dinoflagelados no fue abundante, pero sí tuvo representatividad con la especie cosmopolita *Ceratium furca*.

Se registró 84 especies fitoplanctónicas, 48 diatomeas, 29 dinoflagelados, 2 silicoflagelados, 3 de los fitoflagelados y 2 cocolitofóridos. Las densidades del fitoplancton fluctuaron de  $21 \times 10^3$  cel.L<sup>-1</sup> (noviembre) a  $468 \times 10^3$  cel.L<sup>-1</sup> (febrero) (Fig. 7).

Durante los muestreos el nanoplancton (cocolitofóridos) fue el más representativo, de 17 a  $410 \times 10^3$  cel.L<sup>-1</sup>. Las diatomeas tuvieron un máximo de  $8 \times 10^3$  cel.L<sup>-1</sup> con *Thalassionema nitzschoides* como la más abundante para el 2018; cabe mencionar que la densidad celular fue mucho menor a lo reportado para el 2017.

Se registró la presencia del indicador de las ACF, *Protoperdinium obtusum* durante el 2018 excepto en agosto y octubre; en abril a 5 mn se registró en escala de abundante. No se reportó la presencia de la floración algal de *Akashiwo sanguinea* frente a Atico.

#### 4. DISCUSIÓN

De abril a diciembre las condiciones de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, fosfatos y silicatos coincidieron con lo indicado por MORÓN (2000), las aguas afloradas en condiciones normales frente al Perú pueden proceder de profundidades <120 m y fluctuar de 14 °C a 17 °C, de 34,85 a 35,00 ups, oxígeno disuelto entre 2,00 a 4,00 mL/L, fosfatos de 1,0 a 2,5 μM y silicatos de 2,0 μM a 30,0 μM; por lo tanto se corroboró el proceso de afloramiento en el “Punto fijo Atico”

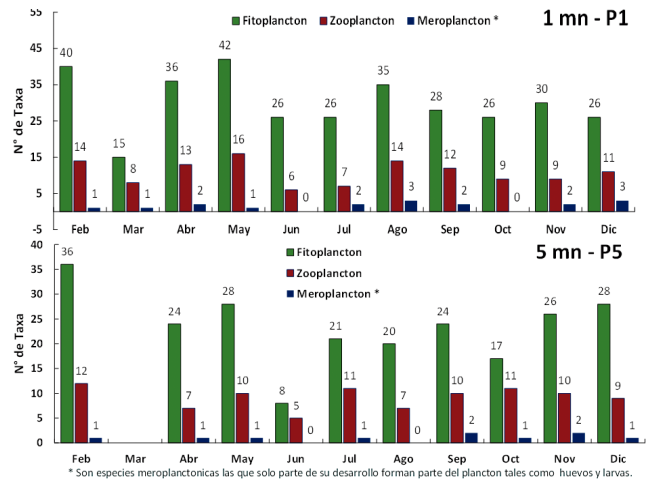


Figura 5.- Composición planctónica (fito/zoo/mero) por mes a 1 mn y 5mn de distancia a la costa. Monitoreo bio-oceanográfico frente al sector de Atico - Arequipa, 2018

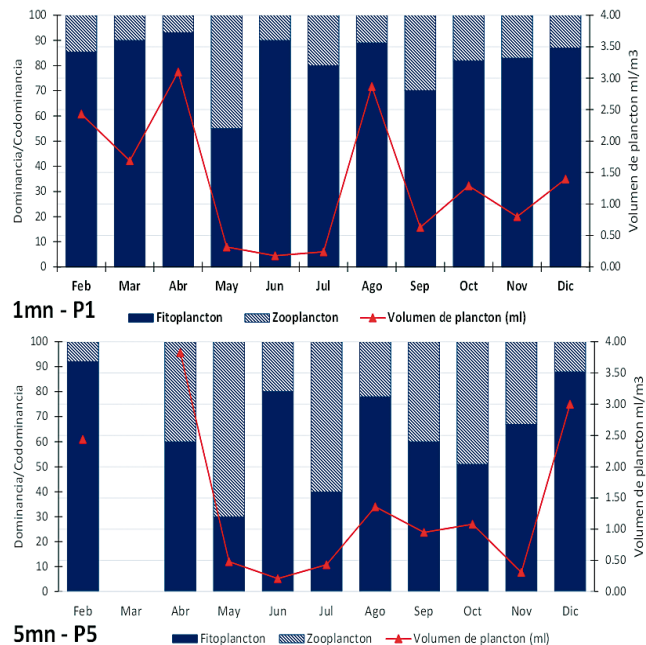


Figura 6.- Dominancia planctónica y volumen de plancton mL/cm<sup>3</sup> por mes a 1 mn y 5 mn de distancia a la costa. Monitoreo bio-oceanográfico frente al sector de Atico - Arequipa, 2018

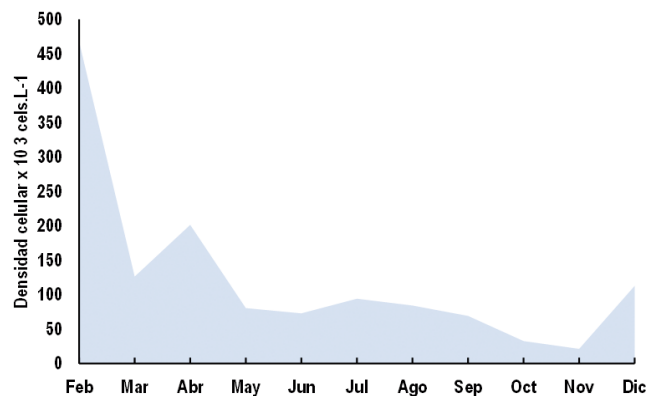


Figura 7.- Densidad celular células x 10<sup>3</sup> cel. L<sup>-1</sup>. Monitoreo Bio-oceanográfico frente al sector de Atico - Arequipa, 2018

en los meses mencionados, así mismo se ratifica que las concentraciones de nutrientes estuvieron dentro de los rangos promedio superficiales publicados para la costa de Perú, según lo indicado por ZUTA y GUILLEN, 1970; GUILLÉN y IZAGUIRRE DE RONDÁN, 1973; CALIENES *et al.*, 1985, excepto los silicatos y nitratos en marzo.

La disposición de nutrientes (silicatos y nitratos) fue menor respecto al 2017, manifestándose disminución en la densidad celular fitoplanctónica. La concentración de estos nutrientes es uno de los factores que afecta el crecimiento de la comunidad marina, pero también lo son su distribución y variabilidad (GRACO *et al.*, 2006).

## 5. CONCLUSIONES

Las condiciones térmicas estuvieron menos cálidas respecto al 2017.

Se identificó dos masas de agua, las ACF predominaron durante el 2018, con excepción de febrero que hubo un acercamiento de las ASS.

Se presentó dos niveles altos de densidad fitoplanctónica en febrero y abril. Se reportó la presencia del dinoflagelado *Protoperidinium obtusum* indicador de las ACF en todos los meses excepto en agosto y octubre.

Las condiciones oceanográficas que fueron estudiadas indicaron un desarrollo de procesos de afloramiento desde abril a diciembre.

## 6. REFERENCIAS

- BALECH E. 1988. Dinoflagelados del atlántico sudoccidental. Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanograf. 1: 310 p.
- 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.
- CUPP E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of north america. Bull. Scripps Inst. Oceanograp. 5: 1-238.
- DELGADO E, SÁNCHEZ S. 2015. Fitoplancton frente a la costa peruana en la primavera 2003. Inf Ins Mar del Perú. 42(2): 158-165.
- GÓMEZ O. 1997. Los Tintinidos (Protozoa: Ciliata) del mar peruano y sus relaciones con el fenómeno El Niño. Bol Inst Mar Perú. 16(2): 61-83.
- 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 Zeland. p. 397-418.
- GRACO M, LEDESMA J, FLORES G, GIRÓN M. 2006. Nutrientes, oxígeno y procesos biogeoquímicos en el sistema de surgencias de la corriente de Humboldt frente al Perú. Rev. peru. Biol. 14(1): 117 -128.
- HEIMDAL B. 1993. Modern coccolithophorids, p. 147-247. en C. R. Tomas [ed.], Marine phytoplankton. a guide to naked flagellates and coccolithophorids. academic.
- HELLY J, LEVIN L. 2004. Global distribution of naturally occurring marine hypoxia on continental margins. Deep-Sea Reserch Part I. (51): 1159-1168.
- IMARPE. 2010. Manual de procedimientos para el muestreo y ensayo semicuantitativo y cuantitativo de fitoplancton potencialmente tóxico. Laboratorio de fitoplancton y productividad primaria.
- LEÓN V, PAULMIER A, LEDESMA J, CROOT P, GRACO M, FLORES G, MORÓN O, TENORIO J. 2011. pH como un trazador de la variabilidad biogeoquímica en el sistema de Humboldt. Bol Inst Mar Perú. 26 (1-2): 19-24.
- MORÓN O. 2000. Características del ambiente marino frente a la costa peruana. Bol Inst Mar Perú. 19 (1-2): 179-204.
- OCHOA N, 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) 1997: p. 61-84
- 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.
- SANTANDER H, LUYO G, CARRASCO S, VÉLIZ M, SANDOVAL O. 1981. Catálogo de zooplancton en el mar peruano. Bol Inst Mar Perú. 6: 75.
- STRICKLAND J, PARSONS T. 1972. A practical handbook of seawater analysis. bulletin 167 (2a edición). fish. red. bd. of Canadá.
- THRÖNDSSEN J. 1978. Preservation and storage. En A. Sournia (Ed.) Phytoplankton manual. UNESCO, París. 69 - 74.
- ZUTA S, GUILLÉN O. 1970. Oceanografía de las Aguas Costera del Perú. Bol Inst Mar Perú. Vol. 2(5): 157-324.