

MONITOREO BIO-OCEANOGRÁFICO FRENTE AL SECTOR DE ATICO - AREQUIPA, 2019

BIO-OCEANOGRAPHIC MONITORING OFF ATICO - AREQUIPA, 2019

Jorge del Aguila-Rivera

Cinthyra Ramos-Chávez

Deysi Valdivia-Chávez

RESUMEN

DEL AGUILA-RIVERA J, RAMOS-CHÁVEZ C, VALDIVIA-CHÁVEZ D. 2021. Monitoreo bio-oceanográfico frente al sector de Atico - Arequipa, 2019. *Inf Inst Mar Perú*. 48(2): 282-289.- Las condiciones térmicas estuvieron ligeramente más cálidas respecto al 2018. Se identificó las ACF que predominaron con excepción de enero, febrero y marzo que hubo acercamiento de las ASS. Los tenores de oxígeno aumentaron ligeramente respecto al año anterior. Desde septiembre hubo disminución en el pH. Las concentraciones superficiales promedio de nutrientes fueron ligeramente menores respecto al 2018. El componente planctónico presentó un volumen promedio de $0,55 \text{ mL.m}^{-3}$, la dominancia de fitoplancton fue 70,58%, la densidad de fitoplancton tuvo un promedio de $134 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$. Se reportó la presencia de *Protopeiridium obtusum* indicador de las ACF, durante todos los meses a excepción de mayo, junio, julio y diciembre. Se presentó la diatomea nerítica *Coscinodiscus* sp.1 como la más abundante de enero a diciembre a 1 y 5 mn, para el caso del zooplancton se tuvo como el más abundante al estadio de nauplios de los copéodos.

PALABRAS CLAVE: oxígeno, *Protopeiridium obtusum*, *Coscinodiscus* sp.1, nauplios de copéodo

ABSTRACT

DEL AGUILA-RIVERA J, RAMOS-CHÁVEZ C, VALDIVIA-CHÁVEZ D. 2021. Bio-oceanographic monitoring off Atico - Arequipa, 2019. *Inf Inst Mar Peru*. 48(2): 282-289.- Thermal conditions were slightly warmer compared to 2018. There was a predominance of CCW except for January, February, and March when there was an approach of SSW. Oxygen levels increased slightly compared to the previous year. There was a decrease in pH since September. The mean surface concentrations of nutrients were slightly lower compared to 2018. Plankton showed a mean volume of 0.55 mL.m^{-3} , phytoplankton dominance was 70.58%, and phytoplankton density averaged $134 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$. We reported the presence of *Protopeiridium obtusum*, which is an indicator of CCW, throughout the year except for May, June, July, and December. The neritic diatom *Coscinodiscus* sp.1 was the most abundant diatom from January to December at 1 and 5 nm. As regards zooplankton, the most abundant were the nauplii stage of copepods.

KEYWORDS: oxygen, *Protopeiridium obtusum*, *Coscinodiscus* sp.1, copepod nauplii

1. INTRODUCCIÓN

Según investigaciones realizadas por ZUTA y GUILLÉN (1970), "la zona sur del país está influenciada por las Aguas Costeras Frías (ACF) con un rango de salinidad de 34,8 a 35,1 ups, las cuales son ricas en nutrientes debido a los afloramientos, la Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) con valores de salinidad mayores a 35,1 ups presentando grandes fluctuaciones térmicas del verano al invierno y a nivel subsuperficial las Aguas Templadas de Subantártica (ATSA), con 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".

Según GRACO et al. (2006) "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, destacándose pesquerías, como la de anchoveta, que representan uno de los pilares de la economía del Perú".

DELGADO y SÁNCHEZ (2015) indican 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, para lo cual se ejecutan monitoreos periódicos para obtener información concerniente a la comunidad fitoplanctónica".

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

El presente informe da a conocer los resultados sobre temperatura del mar ($^{\circ}\text{C}$), 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 $16^{\circ}15'15''\text{S}$ - $73^{\circ}42'36''\text{W}$ a 1,5 mn frente a la Punta Atico, se agregó dos estaciones E-3 y E-5 a 3 y 5 mn 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 ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (ups), oxígeno disuelto (mL/L) de acuerdo a CARRIT & CARPENTER (1966) 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 libre de impurezas.

Las muestras recolectadas para análisis de nutrientes se colocaron en frascos de polietileno de 250 mL, fueron congeladas para su preservación 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 ($75\ \mu\text{m}$) 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: $V = V_c / K$

Donde:

V = biovolumen de plancton

V_c = biovolumen de plancton centrifugado (mL)

$K = 6.6273\ \text{m}^3$ (constante que indica el agua filtrada por la red)

Los resultados de los volúmenes fueron expresados en mililitros de plancton por metro cúbico de agua de mar filtrada ($\text{mL}\cdot\text{m}^{-3}$) según metodología empleada por ROJAS *et al.* (1985).

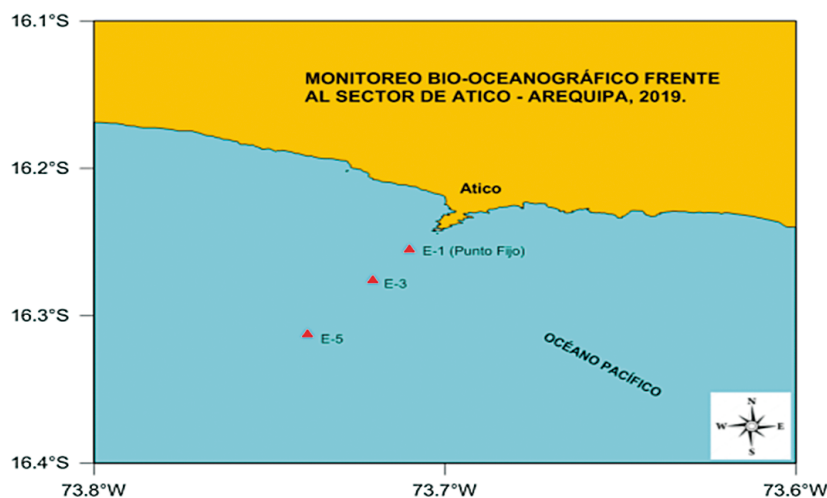


Figura 1.- Estaciones de muestreo

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 la estación E-1 (Punto Fijo) a 10 m de profundidad.

El conteo celular se realizó según la metodología de UTERMÖHL (1958), expresando los resultados en $N^{\circ}\text{cel} \times 10^3/\text{L}$.

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 el tratamiento de los datos crudos del perfilador CTD SBE25Plus. El procesamiento y análisis se ejecutaron utilizando Excel 2010 y Surfer 9,0 para las interpolaciones de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH y nutrientes.

3. RESULTADOS

PUNTO FIJO (E1)

Temperatura (°C)

Durante el 2019, la temperatura superficial del mar (TSM) (E-1) fluctuó de 13,96 °C en junio a 17,82 °C en enero, promedio fue 16,01 °C, siendo superior en 0,27 °C al 2018.

La isoterma de 15 °C estuvo localizada por encima de 100 m durante todo el año, excepto entre junio y septiembre (Fig. 2a). En la isobata de 100 m la temperatura fluctuó de 13,15 °C en agosto a 14,77 °C en enero, promedio de 13,92 °C superior en 0,55 °C al 2018.

Durante el año se presentaron condiciones neutras, evidenciándose un ligero calentamiento en toda la columna de agua con respecto al 2018.

Salinidad (ups)

La estratificación halina mostró mayor representatividad de las ACF en el 2019, con excep-

ción de enero, febrero y marzo, cuando hubo mezcla con las ASS entre los 20 y 50 m (Fig. 2b).

Oxígeno disuelto (mL/L)

El oxígeno disuelto a nivel superficial varió entre 2,0 y 4,0 mL/L, a excepción de junio, valores que están relacionados con afloramientos costeros; se pudo observar homogénea concentración hasta 100 m de julio a agosto.

La oxiclina estuvo por encima de 70 m de febrero a diciembre; la capa deficiente en oxígeno (<0,5 mL/L) se localizó encima de 100 m en marzo, abril y mayo. A finales del primer trimestre del año 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

La isolínea de 8,00 estuvo por encima de 60 m de enero a agosto hasta 100 m, de septiembre hasta fin de año se observó moderada disminución en el pH (Fig. 2d). En términos generales el pH estuvo dentro del rango de los ECAs categoría 4 (conservación del ambiente marino).

Nutrientes

Fosfatos (μM)

Las concentraciones superficiales oscilaron de 1,25 μM a 2,80 μM, promedio de 1,91 μM, siendo similar a la media del 2018; a 100 m de profundidad fluctuaron entre 1,45 μM a 2,99 μM, promedio de 2,47 μM. La variabilidad de los fosfatos estuvo similar durante todo el año (Fig. 3a).

Silicatos (μM)

Los silicatos en superficie oscilaron de 6,39 μM en mayo a 24,39 μM en junio, promedio de 14,37 μM, siendo menor en 5,44 μM respecto al 2018; a 100 m varió de 16,13 μM en febrero a 27,48 μM en agosto, promedio de 22,49 μM; en febrero y marzo se registró concentraciones menores a 15,0 μM (Fig. 3b).

Nitritos (μM)

Los nitritos en superficie variaron de 0,12 μM (febrero) a 0,81 μM (enero), promedio de 0,52 μM menor en 0,03 μM respecto al 2018; a 100 m la variación fue de 0,06 μM (julio) a 4,87 μM (Fig. 3c).

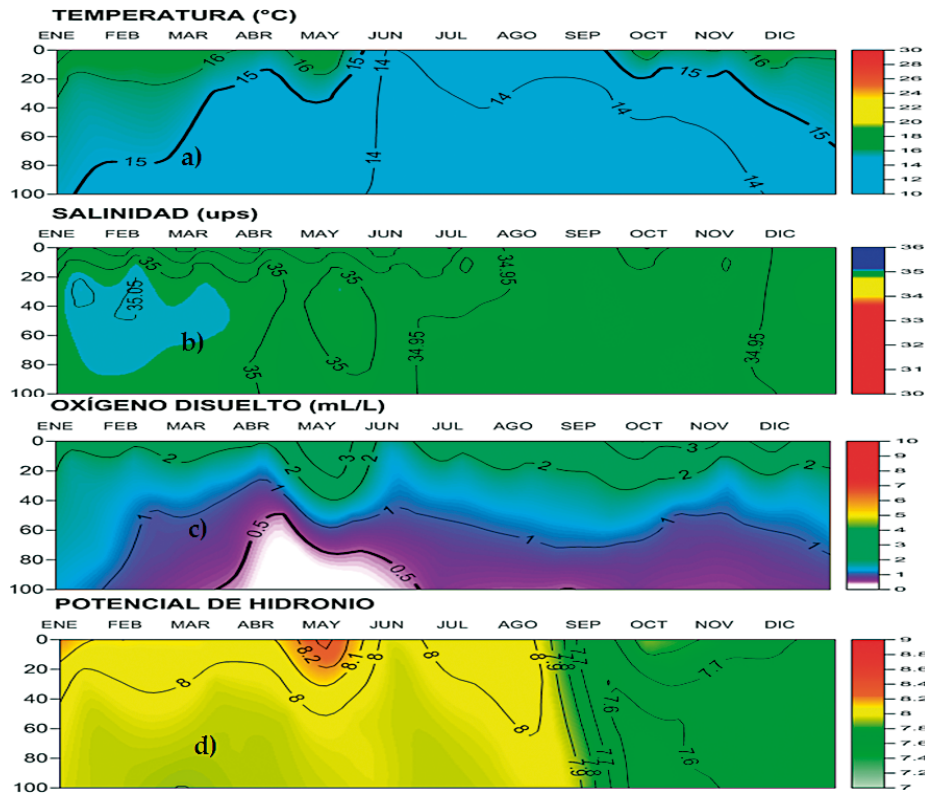


Figura 2.- Serie de tiempo de a) temperatura (°C), b) salinidad (ups), c) oxígeno disuelto (mL/L), d) potencial de hidronio en Punta Fijo. Monitoreo bio-oceanográfico frente al sector de Atico - Arequipa, 2019

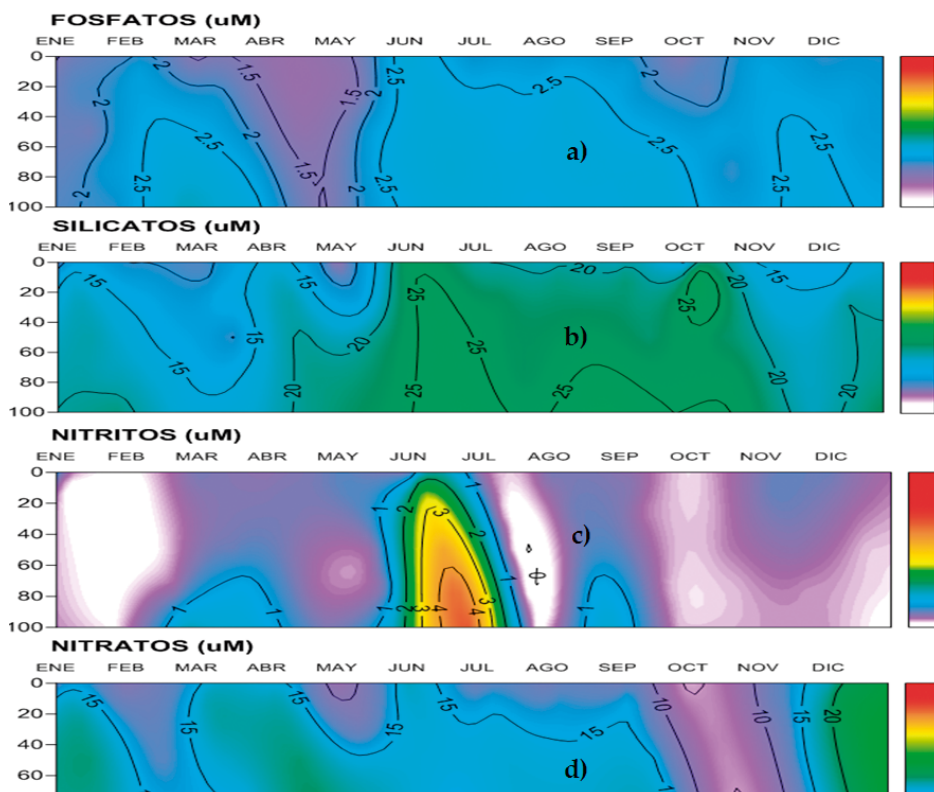


Figura 3.- Serie de tiempo de a) fosfatos (µM), b) silicatos (µM), c) nitritos (µM), d) nitratos (µM) en "Punta Fijo". Monitoreo bio-oceanográfico frente al sector de Atico - Arequipa, 2019

Nitratos (μM)

La concentración superficial de nitratos fluctuó de $4,05 \mu\text{M}$ (octubre) a $16,99 \mu\text{M}$ (diciembre), promedio de $12,02 \mu\text{M}$ siendo menor en $7,48 \mu\text{M}$ respecto al 2018; a 100 m varió de $4,63 \mu\text{M}$ (octubre) a $24,18 \mu\text{M}$ (diciembre), promedio de $15,68 \mu\text{M}$ (Fig. 3d).

Los silicatos y nitratos presentaron distribución y variabilidad similar a lo indicado por GRACO *et al.* (2006).

VARIABILIDAD HASTA 5 MN

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

Durante el 2019 la topografía de la isoterma de 15°C indicó localización por encima de los 100 m de profundidad; temperaturas a nivel superficial mayores a $18,0^{\circ}\text{C}$ se registraron durante el primer trimestre y en diciembre a 5 mn (Fig. 4).

Salinidad (ups)

Las condiciones halinas estuvieron demarcadas por la presencia de las ASS y las ACF generándose zonas de mezcla durante el primer trimestre, posteriormente las ACF predominaron en el área monitoreada (Fig. 5).

Oxígeno disuelto (mL/L)

En superficie presentó valores entre 2,00 y 4,00 mL/L , asociados a afloramientos costeros, en octubre hubo tenores mayores a $5,00 \text{mL/L}$. La mínima de oxígeno ($0,5 \text{mL/L}$) estuvo encima de 100 m excepto en enero y febrero. Entre marzo y octubre la ZMO, se encontró de 30 a 50 m intersectando la capa eufótica (Fig. 6).

Potencial de hidronio

Entre enero y agosto los valores de pH estuvieron por encima de 8,0 los que aumentaron de 1 a 5 mn, desde septiembre se registró una moderada disminución en el pH hasta los 100 m (Fig. 7).

ASPECTOS BIOLÓGICOS

Los volúmenes de plancton obtenidos en superficie registraron valor promedio $0,55 \text{mL.m}^{-3}$, con mínima concentración de $0,03 \text{mL.m}^{-3}$ en setiembre a 1 mn y máxima de $2,94 \text{mL.m}^{-3}$ en enero a 5 mn (Fig. 8).

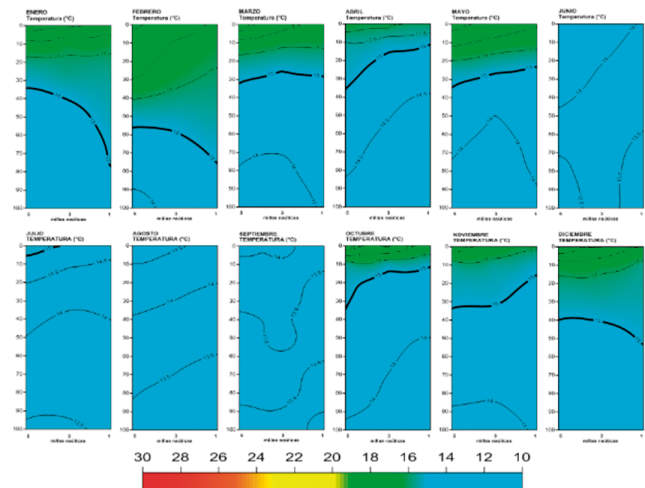


Figura 4.- Perfil de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) frente al sector de Atico hasta 5 mn

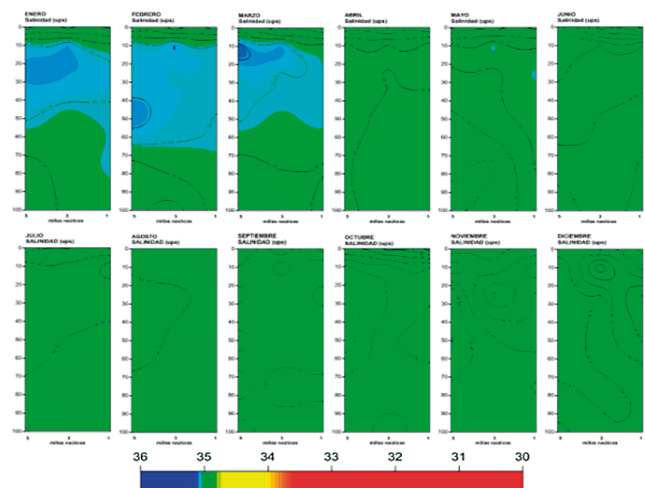


Figura 5.- Perfil de salinidad (ups) frente al sector de Atico hasta 5 mn

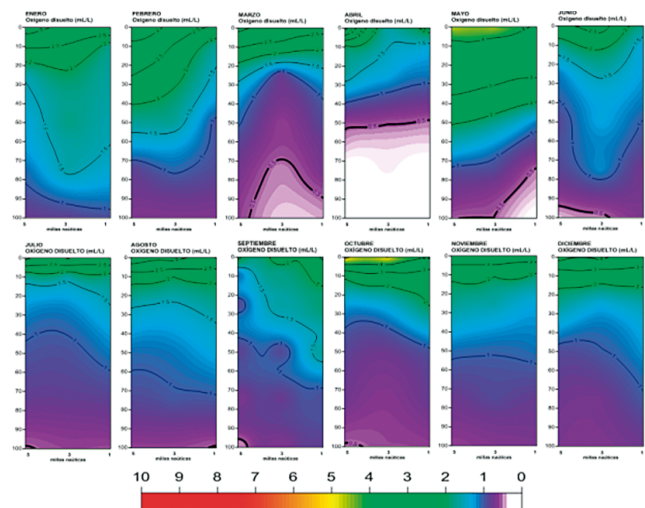


Figura 6.- Perfil de oxígeno disuelto (mL/L) frente al sector de Atico hasta 5 mn

La dominancia de fitoplancton sobre el zooplancton fue 75,81% en promedio a 1 mn, a 5 mn se reportó una codominancia fito/zoo de 65,35% (Fig. 8).

El número de taxa fitoplanctónica fue mayor para todos los meses en relación al zooplancton (Fig. 9), se resalta la presencia del componente meroplanctónico conformado por especies que una fase de su desarrollo se encuentra en el plancton. Se reporta como especies muy abundantes a *Coscinodiscus* sp.1, *Thalassionema nitzschioides*, *Lithodesmium undulatum* para todo el año; en el caso del componente zooplanctónico se tiene como abundante al grupo de los copépodos con el estadio de nauplio y el Orden Calanoida. La población de dinoflagelados no fue abundante pero si tuvo representatividad, con la especie de distribución cosmopolita *Ceratium furca*.

Se registró 87 especies fitoplanctónicas, las cuales 48 fueron diatomeas, 31 dinoflagelados, 2 silicoflagelados, 4 representantes del grupo de los fitoflagelados y 2 cocolitoforidos.

Las densidades del fitoplancton fluctuaron entre 26×10^3 cel.L⁻¹ en junio y 371×10^3 cel.L⁻¹ en mayo (Fig. 10). Durante los meses de muestreo, el nanoplancton (cocolitoforidos) fue el más representativo, de 21 a 323×10^3 cel.L⁻¹. Las diatomeas alcanzaron un máximo de 11×10^3 cel.L⁻¹ con *Chaetoceros curvisetus* como la más abundante; cabe mencionar que la densidad celular fue ligeramente mayor a lo reportado para el 2018.

Se reportó presencia del dinoflagelado indicador de Aguas Costeras Frías (ACF) *Protoperdinium obtusum*, a excepción de mayo, junio, julio y diciembre.

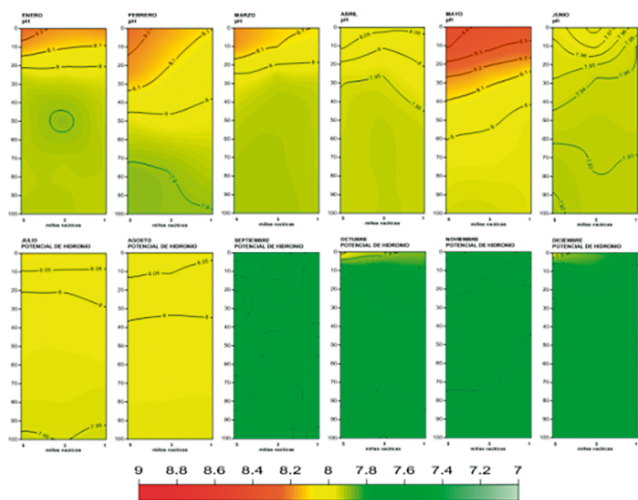


Figura 7.- Perfil de potencial de hidronio frente al sector de Atico hasta 5 mn

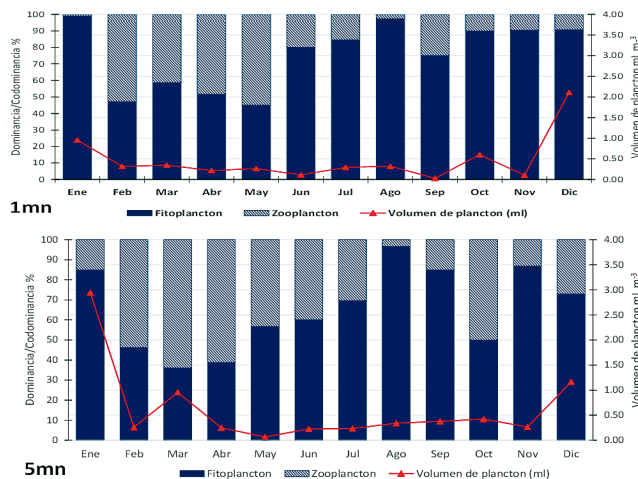


Figura 8.- Dominancia planctónica y volumen de plancton mL.m⁻³ por mes a 1 mn y 5mn de distancia a costa. Monitoreo Bio-oceanográfico frente al sector de Atico - Arequipa, 2019

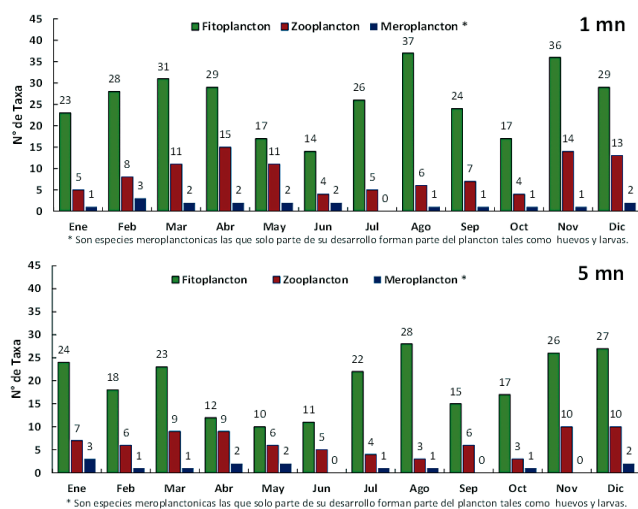


Figura 9.- Composición planctónica (fito/zoo/mero) por mes a 1 mn y 5 mn de distancia a costa. Monitoreo Bio-oceanográfico frente al sector de Atico - Arequipa, 2019

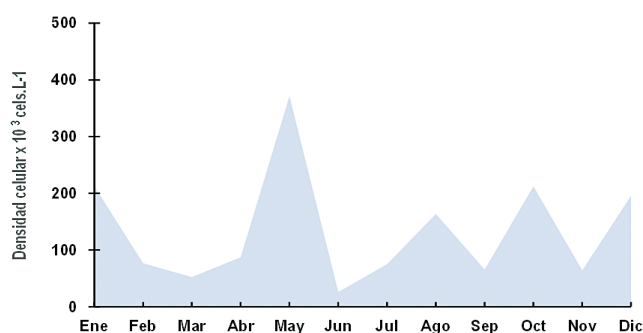


Figura 10.- Densidad celular células x 10³ cel. L⁻¹. Monitoreo Bio-oceanográfico frente al sector de Atico - Arequipa, 2019

Durante el 2019 no se reportó presencia de floración algal de *Akashiwo sanguinea* frente a Atico, solo se reportó su presencia en noviembre tanto a 1 como a 5 mn.

4. DISCUSIÓN

Las condiciones de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, fosfatos y silicatos durante el año 2019, excepto enero y octubre, 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 en los meses mencionados; así mismo, se ratifica que las concentraciones de nutrientes estuvieron dentro de los rangos promedio superficiales para la costa de Perú, según lo indicado por ZUTA y GUILLÉN (1970), GUILLÉN y IZAGUIRRE DE RONDÁN (1973), CALIENES *et al.* (1985).

En términos generales la zona mínima de oxígeno (ZMO) en el punto fijo presentó una ligera profundización respecto al 2018, resaltando en marzo, abril y mayo, cuando se observó elevación por encima de los 100 m coincidiendo con las bajas concentraciones de fosfatos, silicatos, nitritos y nitratos.

La disposición de fosfatos y nitritos fue menor respecto al 2018, manifestándose disminución en la densidad celular fitoplanctónica; así mismo, los silicatos y nitratos presentaron un ligero descenso respecto al año anterior. ZUTA y GUILLÉN (1970) indican que la variación de los silicatos está muy asociada con la variabilidad de las fases activas y pasivas de la surgencia y de los tipos de poblaciones fitoplanctónicas presentes.

Los anteriores autores también indicaron que “la disponibilidad de nutrientes frente a Perú es el resultado de eventos de surgencias costera, las cuales transportan desde profundidades someras (usualmente 50 – 100 m) aguas con un alto contenido de nitratos y bajo contenido de oxígeno disuelto”.

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 ligeramente más cálidas en comparación al año 2018.

Se identificó dos masas de agua, las ACF predominaron durante el 2019 con excepción de enero, febrero y marzo cuando hubo acercamiento de las ASS.

Los tenores de oxígeno aumentaron ligeramente respecto al año anterior, así mismo, se verificó la relación directa con el pH, cuyos registros disminuyeron desde septiembre.

Las concentraciones superficiales promedio de nutrientes fueron ligeramente menores respecto al 2018.

Las condiciones oceanográficas indicaron el desarrollo del proceso de afloramiento costero durante el 2019 excepto en enero y octubre.

Se presentó un nivel alto de densidad fitoplanctónica en mayo.

El dinoflagelado *Protoperdinium obtusum* se reportó durante todos los meses a excepción de mayo, junio, julio y diciembre.

6. REFERENCIAS

- BALECH E. 1988. Dinoflagelados del atlántico sudoccidental. Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanograf. 1: 310 pp.
- 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.
- 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 Inst Mar 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

- Comission 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. In 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. Res. Bd. of Canadá.
- THRÖNDSSEN J. 1978. Preservation and storage. En A. Sournia (Ed.) *Phytoplankton manual*. UNESCO, París. 69 - 74.
- UTERMÖHL H. 1958. Zur Vervollkomnung der Quantitativen Phytoplankton methodic Mitt. *Inter. Ver. Limnol.* 9:1-38.
- ZUTA S, GUILLÉN O. 1970. Oceanografía de las Aguas Costera del Perú, . *Bol Inst Mar Perú.* Vol. 2(5): 157-324.