



BOLETÍN

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458 - 7766

Volumen 26, Números 1 y 2

CONCIMAR Perú



II Congreso de Ciencias del Mar del Perú
Piura, Perú. Del 24 al 28 de mayo 2010



Enero - Diciembre 2011

Callao, Perú

Comportamiento nictemeral del fitoplancton frente al Callao (12°S), Perú

Phytoplankton nycthemeral behavior off Callao (12°S), Perú

AVY BERNALES

NELLY JACOBO

FLOR CHANG

JORGE QUISPE

SONIA SÁNCHEZ

VÍCTOR ARAMAYO

JESÚS LEDESMA

Instituto del Mar del Perú, Esq. Gamarra y Gral. Valle Chucuito-Callao, Perú, Callao 01
Telefax: +51-01-6250800, email: abernales@imarpe.pe

Resumen

BERNALES A, CHANG F, SÁNCHEZ S, LEDESMA J, JACOBO N, QUISPE J, ARAMAYO V. 2011. *Comportamiento nictemeral del fitoplancton frente al Callao (12°S), Perú*. *Bol Inst Mar Perú* 26(1-2): 33-38.- El estudio se realizó entre el 18 y 21 abril 2006, en dos estaciones frente a la costa central del Perú (12°S). Se colectaron muestras cada 6 horas para evaluar la distribución vertical del fitoplancton hasta los 75 m de profundidad, y se determinó la composición y abundancia del fitoplancton en relación a las concentraciones de oxígeno disuelto. Se discute el diferente comportamiento de las especies más abundantes en la columna de agua, como la diatomea *Asterionellopsis glacialis*, del dinoflagelado *Akashiwo sanguinea*, y de los fitoflagelados en la estación más costera. Las dos primeras especies profundizaron su distribución hasta los 25 m durante la noche, pero los fitoflagelados presentaron focos de concentración máximos en la Zona de Mínimo Oxígeno tanto en el día como en la noche en la estación ubicada a 30 mn.

PALABRAS CLAVE: Comportamiento nictemeral, fitoplancton, Zona de Mínimo Oxígeno, *Asterionellopsis glacialis*, *Akashiwo sanguinea*.

Abstract

BERNALES A, CHANG F, SÁNCHEZ S, LEDESMA J, JACOBO N, QUISPE J, ARAMAYO V. 2011. *Phytoplankton nycthemeral behavior off Callao (12°S), Perú*. *Bol Inst Mar Perú* 26(1-2): 33-38.- Between April 18th to 21th of 2006, nycthemeral behavior changes in phytoplankton were studied at two stations off the central coast of Peru (12°S). Water samples were collected every 6 hours to a depth of 75 m. Phytoplankton composition and abundance were determined in relation to dissolved oxygen. Differences in the nycthemeral fluctuations are discussed, focusing mainly in the vertical distribution of the diatom *Asterionellopsis glacialis*, the dinoflagellate *Akashiwo sanguinea*, and phytoflagellates at the closest coastal station. The first two species reached 25 m in depth during the night; whereas the phytoflagellates showed highest abundances in the Oxygen Minimum Zone at both day and night times in the station located at 30 nm.

KEYWORDS: nycthemeral behavior, phytoplankton, Oxygen Minimum Zone, *Asterionellopsis glacialis*, *Akashiwo sanguinea*.

Introducción

En el mar, la producción primaria es realizada por el fitoplancton, constituido por algas microscópicas que tienen capacidad de fotosíntesis. Es de gran importancia ecológica conocer el comportamiento nictemeral del fitoplancton, es decir, su actividad en la columna de agua durante las 24 horas continuas.

Uno de los principales centros de surgencia costera del Sistema de la Corriente de Humboldt (SCH) frente a la costa peruana es el Callao (12°S), donde se registran concentraciones pobres de oxígeno y se caracteriza por un engrosamiento de la Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO). Las bajas concentraciones en las aguas subsuperficiales, aunadas a otros parámetros físico-químicos, influyen en las interacciones biológicas del fitoplancton determinando un comportamiento nictemeral especial.

HERRERA y ESCRIBANO (2006) estudiaron la influencia de la variabilidad oceanográfica en la composición específica del fitoplancton en un centro de surgencia del norte de Chile (21°S), donde la abundancia de sus especies dominantes estuvo fuertemente correlacionada con la profundidad de la ZMO y la estratificación de la columna de agua, al implicar cambios en las condiciones redox que afectaba la disponibilidad de nutrientes. Por otro lado, fluctuaciones en la habilidad fotosintética de poblaciones algales naturales fueron reportadas en el estuario de Senix Creek en Nueva York (DOTY y OGURI 1957, HOLMES y HAXO 1958, VERDUIN 1960).

En este estudio se analizan las implicancias del comportamiento nictemeral del fitoplancton y la influencia de la ZMO en la distribución vertical de sus densidades celulares, con énfasis en las especies más abundantes del microfítoplancton (la diatomea *Asterionellopsis*

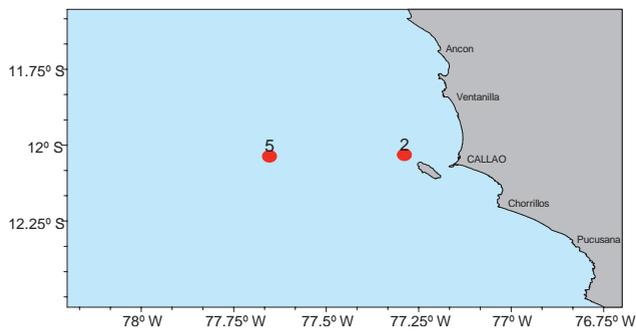


Figura 1.- Carta de posiciones. Línea Callao 2006

glacialis y el dinoflagelado *Akashiwo sanguinea*), así como de la comunidad del nanoplancton.

Material y métodos

Entre el 18 y 21 de abril del 2006, en dos estaciones fijas experimentales localizadas a 10 y 30 mn frente al Callao (Estación 2: 12°02,03S, 77°17,32W y Estación 5: 12°02,4S, 77°39,1W) (Fig. 1), se realizaron lances de roseta oceanográfica, equipadas con botella Niskin de 5 L, cada 6 horas hasta los 75 m de profundidad. Luego de estimarse la zona eufótica con el disco Secchi, se determinaron las profundidades de 5, 15, 25, 43, 63, 75 m para coleccionar 35 muestras que sirvieron para el posterior análisis cuantitativo del fitoplancton con un microscopio invertido según la metodología de Utermöhl (1958) y las recomendaciones de UNESCO (SOURNIA 1978), obteniéndose los resultados en N° cél $\times 10^3/L^{-1}$. Se elaboraron gráficos de la distribución vertical del microfitoplancton y nanoplancton, así como de oxígeno disuelto para evaluar sus implicancias en la distribución de éstos para la estación costera (Est. 2, a 10 mn) y para la zona límite de la plataforma (Est. 5, a 30 mn), analizando el comportamiento nictemeral de las especies más abundantes.

El análisis del oxígeno disuelto fue realizado según la modificación de Carpenter para el método de Winkler (PARSONS et al. 1984). Se realizaron pruebas estadísticas para determinar diferencias significativas de las concentraciones totales y por grupos de la comunidad fitoplanctónica entre estaciones de muestreo y entre los períodos del día (diurno y nocturno) con el paquete estadístico Minitab 15. La data de la estación más costera fue previamente transformada a $\log(x+1)$.

Se calcularon coeficientes de correlación no paramétricos (Coeficiente de Spearman r) entre los grupos (microfitoplancton y nanoplancton) y las especies más abundantes *A. glacialis* y *A. sanguinea* con parámetros abióticos como el viento, transporte Ekman, índice de afloramiento e índice de turbulencia.

Resultados

ESTACIÓN 2 (10 mn)

Las mayores densidades celulares del microfitoplancton se hallaron a las 10 mn, a 25 m de profundidad, entre las 19:15 h (148×10^3 cél/L $^{-1}$) y 01:15 h (316×10^3 cél/L $^{-1}$). Sobresalieron blooms de diatomeas (*Asterionellopsis glacialis*, *Chaetoceros* spp.) y de dinoflagelados (*Prorocentrum micans*, *Akashiwo sanguinea*), asociados en su mayoría a valores de oxígeno disuelto $>0,5$ mL/L (Fig. 2). La luz no fue un factor limitante para la ocurrencia de blooms algales de las diatomeas *A. glacialis* y de los dinoflagelados *A. sanguinea* y *Prorocentrum micans*.

El nanoplancton estuvo caracterizado principalmente por los fitoflagelados con concentraciones máximas de 342×10^3 cél/L $^{-1}$ (10 mn) a las 05:20 horas relacionada a valores de oxígeno mayores a 0,2 mL/L.

ESTACIÓN 5 (30 mn)

Las mayores concentraciones celulares de microfitoplancton se registraron a la profundidad de 5 m, a las 13:30 h, con un núcleo máximo de 100×10^3 cél/L $^{-1}$, dado por la diatomea *Leptocylindrus mediterraneus* (53×10^3 cél/L $^{-1}$) y un bloom del dinoflagelado *Akashiwo sanguinea* (40×10^3 cél/L $^{-1}$), asociados en su mayoría a valores de oxígeno disuelto >3 mL/L; las mínimas densidades de este grupo estuvieron por debajo de la isoxígena de 0,5 mL/L (Fig. 3). Las densidades celulares de *A. glacialis* fueron mínimas tanto en el día como en la noche con valores menores a 30×10^3 cél/L $^{-1}$.

La comunidad del nanoplancton, representados por fitoflagelados, destacó con tres grupos:

- 1) Uno con un valor máximo de 281×10^3 cél/L $^{-1}$ (a las 7:17 h), a 43 m de profundidad, asociado a valores de oxígeno disuelto $<0,5$ mL/L, por debajo de los 20 m, en la Zona de Mínimo de Oxígeno característica del Callao (GRACO et al. 2007);
- 2) Otro núcleo de 166×10^3 cél/L $^{-1}$ (a las 20:10 h), a 5 m de profundidad, asociado a valores de oxígeno disuelto $>0,5$ mL/L. Además, durante el día, fueron más frecuentes las concentraciones $<150 \times 10^3$ cél/L $^{-1}$ dentro de los 20 m de profundidad, asociadas a valores de oxígeno disuelto mayores a 1 mL/L.
- 3) Cabe destacar otro núcleo considerable de 101×10^3 cél/L $^{-1}$ a los 75 m de profundidad (20:10 horas) con valores próximos a 0,25 mL/L (Fig. 4).

Así pues, para la zona límite de la plataforma, los fitoflagelados presentaron núcleos máximos en la Zona Mínima de Oxígeno tanto en el día como en la noche y a profundidades entre 40 y 75 m de profundidad.

En los resultados de la Estación 2 se aplicó un ANOVA de dos factores para evaluar la significancia de las concentraciones totales del fitoplancton con la profundidad y el tiempo (Fig. 5). Se obtuvo diferencias

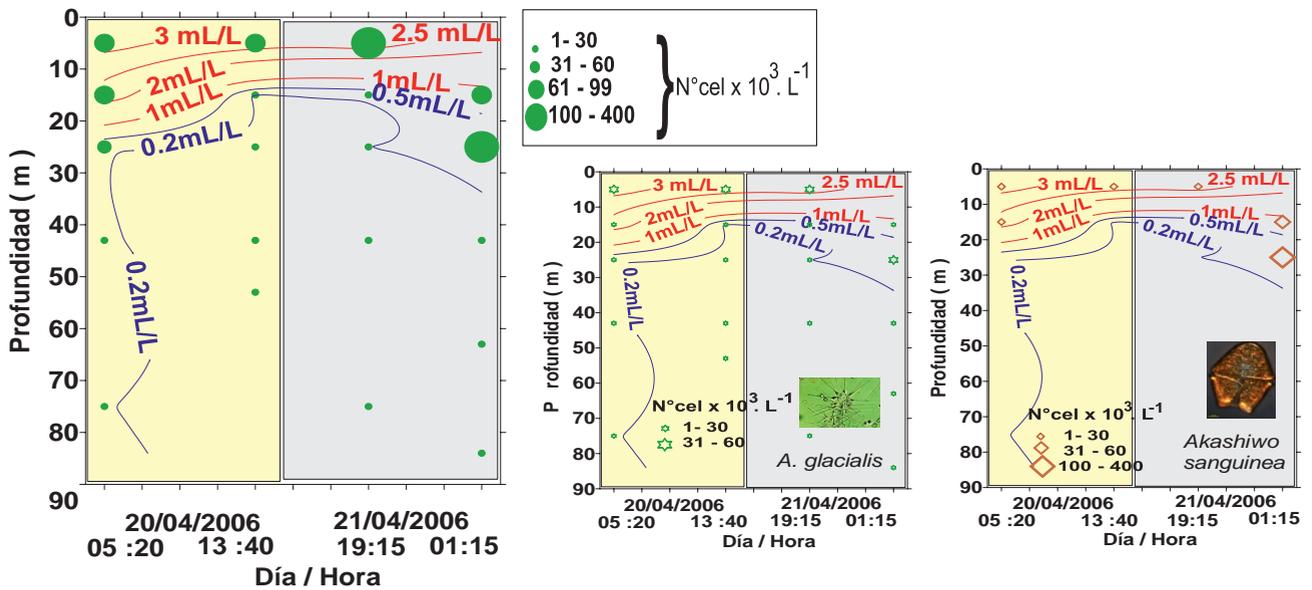


Figura 2.- Distribución vertical del microfitoplancton (N° células $\cdot 10^3 \cdot L^{-1}$) y oxígeno disuelto (mL/L). Abril 2006 (10 mn)

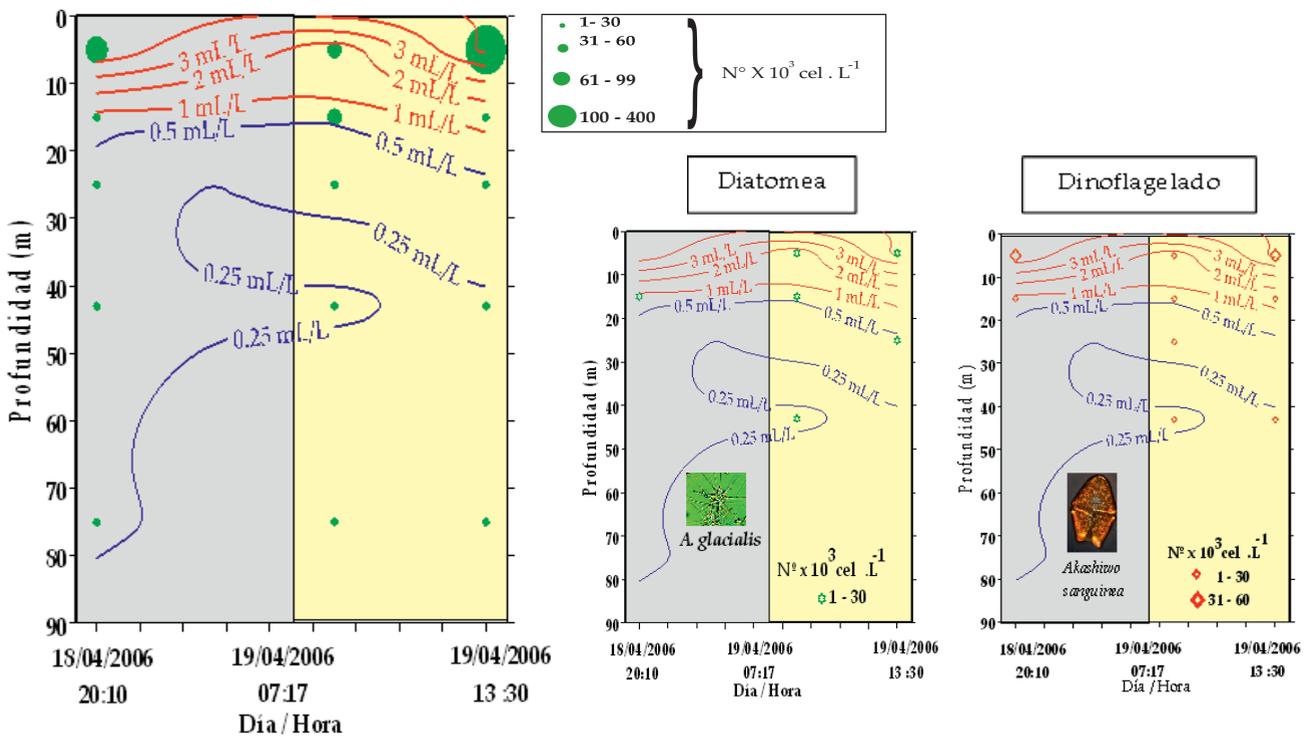


Figura 3.- Distribución vertical del microfitoplancton ($N^{\circ} \times 10^3$ cel. L^{-1}) y oxígeno disuelto (mL/L) a 30 mn de Callao. Abril 2006

significativas ($F= 9,97$, $p<0,05$) en relación con las profundidades, registrándose las máximas concentraciones principalmente dentro de los 20 m. La diferencia no fue significativa con el tiempo ($F= 1,44$, $p>0,05$) posiblemente por la necesidad de incrementar la frecuencia de muestreo.

Para la Estación 5 (zona límite de la plataforma), se realizó un ANOVA unidireccional, obteniéndose diferencias

no significativas con la profundidad ($F= 2,71$, $p>0,05$), con las máximas concentraciones del fitoplancton dentro de los 10 m, coincidiendo con la distribución y predominancia de los fitoflagelados en superficie y entre los 40 a 75 m de profundidad (Fig. 6).

En general, del cálculo de coeficientes de correlación de Spearman entre las especies más abundantes *A.*

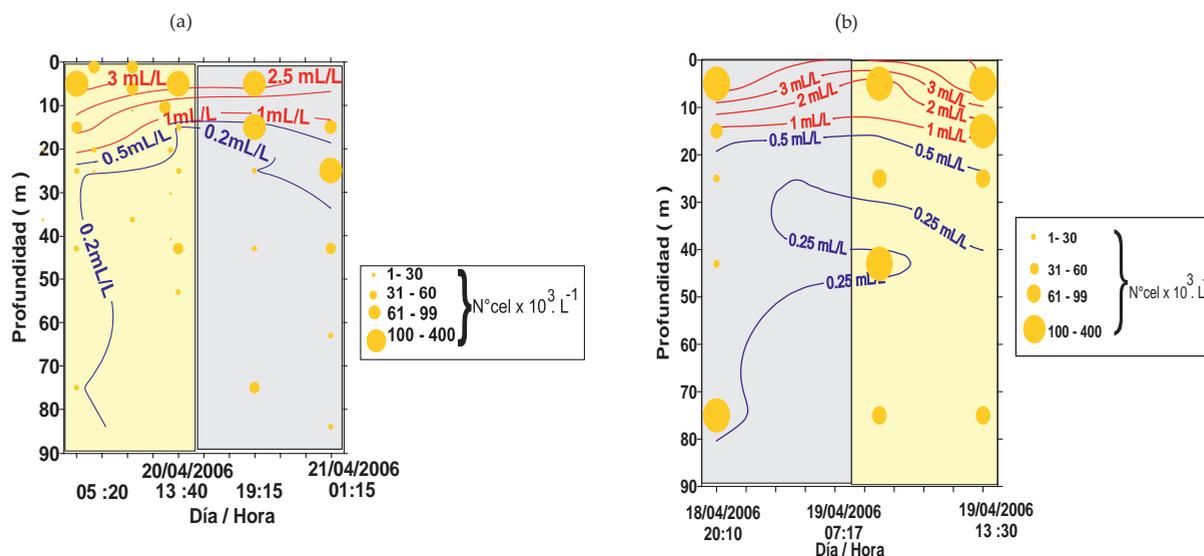
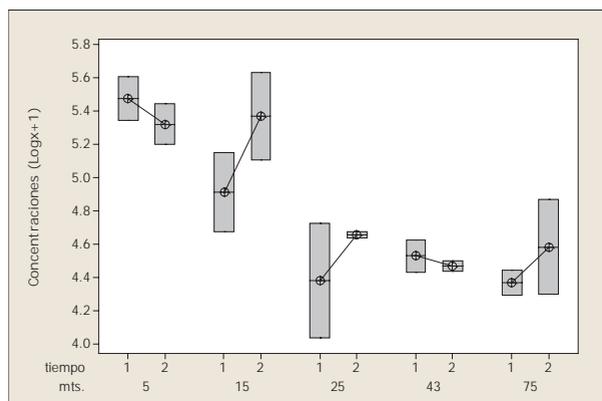


Figura 4.- Distribución vertical del nanoplancton (N° cél. $10^3 \cdot L^{-1}$) y oxígeno disuelto (mL/L) a 10 mn (a) y 30 mn (b). Abril 2006

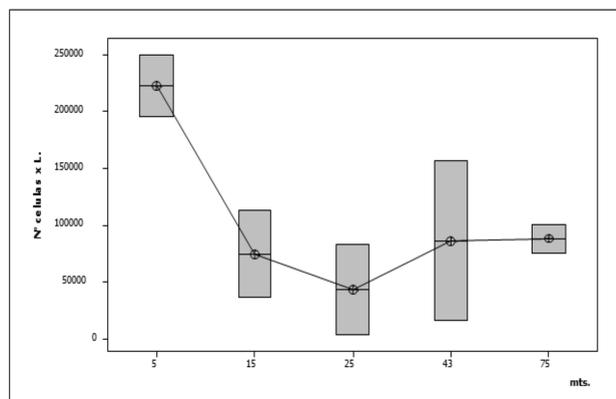


ANOVA de dos factores: Concentraciones vs. Tiempo y Profundidad (m)

Fuente	Grados de Libertad	Suma cuadrados	Media cuadrática	F	P
m	4	2.99263	0.748157	9.97	0.002
tiempo	1	0.10828	0.108281	1.44	0.257
Interacción	4	0.25122	0.062806	0.84	0.532
Error	10	0.75021	0.075021		
Total	19	4.10235			

S= 0.2739 R²= 81.71% R²(ajustado)= 65.25%

Figura 5.- Pruebas estadísticas aplicadas a Estación 2 (10 mn)



Fuente	Grados de Libertad	Suma cuadrados	Media cuadrática	F	P
m	4	38364084960	9591021240	2.71	0.152
Error	5	17701704800	3540340960		
Total	9	56065789760			

S= 59501 R²= 68.43% R²(ajustado)=43.17%

Figura 6.- Pruebas Estadísticas aplicadas a estación 5 (30 mn)

glacialis y *A. sanguinea* (Tabla 1) con parámetros abióticos como el viento, transporte Ekman, índice de afloramiento e índice de turbulencia, se obtuvieron correlaciones significativas con un $p < 0,05$.

En la estación ubicada a 30 mn, el grupo del microplancton y el dinoflagelado *Akashiwo sanguinea* se relacionaron positivamente con el oxígeno ($r = 0,941$ y $r = 0,867$, respectivamente); mientras que el nanoplancton y la diatomea *Asterionellopsis glacialis* obtuvieron valores de $r = 0,411$ y $r = 0,454$. Estos resultados

conducen a valores altos de oxígeno asociados a la fase inicial de la floración algal causada por *A. sanguinea* y a la producción de oxígeno producto de la actividad fotosintética del microplancton.

Discusión

Los cambios que ocurren en la comunidad del fitoplancton regularmente cada 24 horas son conocidos como cambios nictemerales, llamándose a dichos comportamientos diurnos por la mañana y nocturnos a los

Tabla 1.- Coeficientes de correlación de Spearman (r) con p < 0,05

Variable	Oxígeno	Índice turbulencia
Microplancton	0,999	-0,962
<i>Asterionellopsis glacilis</i>	-0,479	0,708
<i>Akashiwo sanguínea</i>	0,994	-0,984
Nanoplancton	-0,217	-0,068

Tabla 2.- Coeficientes de correlación de Spearman (r) con p<0,05. Estación 2

Variable	Oxígeno
Microplancton	0,751
<i>Asterionellopsis glacilis</i>	0,672
<i>Akashiwo sanguínea</i>	0,778
Nanoplancton	0,525

Tabla 3.- Coeficientes de correlación de Spearman (r) con p<0,05. Estación 5

Variable	Oxígeno
Microplancton	0,941
<i>Asterionellopsis glacilis</i>	0,454
<i>Akashiwo sanguínea</i>	0,867
Nanoplancton	0,411

que se dan por la noche. Investigaciones realizadas por PATTERSON y WILSON (1995), REYNOLDS (1996), MELO y HUSZAR (2000), hallaron que la variación nictemeral del fitoplancton así como su distribución vertical dependían de: (i) propiedades de mezcla; (ii) ocurrencia de poblaciones autorreguladoras por movimiento activo vía flagelos o movimiento pasivo a través de aerotopos; y (iii) ocurrencia de especies de rápido crecimiento capaces de cambiar en abundancia durante un ciclo de 24 horas. Asimismo, otro patrón general es la ocurrencia de densidades más altas de la población del fitoplancton durante la segunda parte del día.

La distribución en parches del fitoplancton en algunos sistemas estuarinos ha sido asociada con la influencia física de las mareas (DUSTAN y PINCKNEY 1989) por lo que las corrientes marinas también serían influenciadas por ellas. Las mareas son corrientes periódicas con ciclo diario que son producidas por la atracción lunar y en menor grado, del sol. Se muestra la serie mensual de la marea para el mes de abril del 2006 en la Bahía del Callao observándose que a partir del día 17 de abril el ciclo de marea relacionada con la amplitud se fue incrementando, estimándose que las corrientes de marea controlaron la dinámica afectando la componente biológica (Fig. 7).

Luego del período de estratificación del verano, las capas superficiales del agua vuelven a enfriarse y se hacen más densas durante el otoño, lo que produce que se hundan hacia el fondo. Los vientos que son capaces de romper la estabilidad de las capas superiores

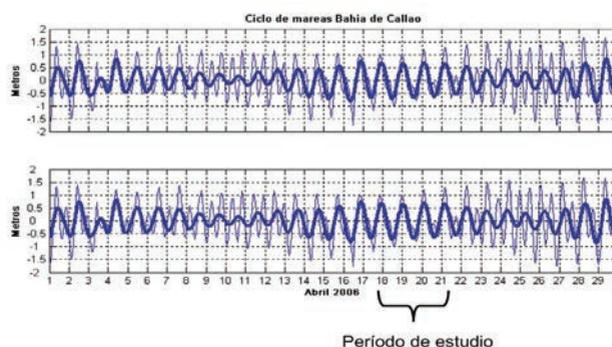


Figura 7.- Serie de la marea en Bahía de Callao para abril del 2006.

contribuyen a la mezcla completa de las aguas. Asimismo, se debería tomar en cuenta la capa de mezcla, capa donde hay activa turbulencia homogenizando algunos rangos de profundidades.

La mayor abundancia del nanoplancton en ambas estaciones coincidirían con una de las estrategias adaptativas propuesta por REYNOLDS (2006) en su modelo CSR, que considera a los nanoflagelados como estrategias C. Dichos organismos se caracterizan por ser colonistas, invasivos, de rápido crecimiento con altos radios superficie/Volumen (s/V), además de ser susceptibles al pastoreo y dominantes en aguas estratificadas con alta concentración de nutrientes y alta disponibilidad de luz (ALVES DE SOUZA 2008).

La evidencia de diferencias en el comportamiento nictemeral del dinoflagelado *Akashiwo sanguínea* y de los fitoflagelados en la estación más costera, respondería a la capacidad de locomoción de éstos vía flagelos, determinando la respiración de dinoflagelados (WIDDOWS et. al. 1979) durante la oscuridad que, aunado a la descomposición bacteriana contribuirían al agotamiento del oxígeno. Así pues, el dinoflagelado *A. sanguínea*, la diatomea *Asterionellopsis glacialis* y los fitoflagelados mostraron diferencias en su comportamiento nictemeral dentro de las 10 mn, profundizando su distribución hasta los 25 m durante la noche.

Además, forzantes físicas, como turbulencia y advección afectan también la distribución y composición de especies e inducen variabilidad en el suministro de nutrientes (HERRERA y ESCRIBANO 2006).

Es conocido que las diatomeas grandes dispuestas en cadena son más efectivas en la fijación de nutrientes aflorados que los grupos más pequeños, lo que sumado a la turbulencia, favorece su desarrollo y crecimiento (HUTCHINGS et al. 1995). Al respecto, el valor de r = 0,708 obtenido para la correlación de *A. glacialis* con la turbulencia coincidiría con las condiciones descritas.

La variación en la intensidad del pastoreo, medida por la distribución de la Zona de Mínima de Oxígeno (ZMO), puede ser otro mecanismo a través del cual la comunidad fitoplanctónica se vería afectada (CRIA-

LES-HERNÁNDEZ Y SCHWAMBORN, 2007).

De esta manera, se puede colegir que las comunidades del microfitoplancton y del nanoplancton (10 y 30 mn) estuvieron influenciadas por el Limite Superior ZMO (0,5 mL/L), a excepción del último grupo, ubicado a 30 mn.

Para dar un mejor enfoque de la escala espacio temporal en que se da la distribución vertical del fitoplancton, y establecer patrones de comportamiento nictemeral de sus especies, sería conveniente realizar a futuro estudios que comprendan ciclos de más horas (por ejemplo 30 horas), por más días (una semana) y estacionalmente, además de involucrar otros centros de surgencia.

Además, se debería tomar en cuenta la capa de mezcla ya que su profundidad determina el nivel promedio de luz visto por el fitoplancton. En capas de mezcla muy profundas, el fitoplancton es incapaz de obtener suficiente luz para mantener su metabolismo.

Referencias

- ALVES DE SOUZA C. 2008. Functional groups in marine phytoplankton assemblages dominated by diatoms in fiords of southern Chile. *Journal of Plankton Research*, 30 (11): 1233-1243.
- CRIALES-HERNÁNDEZ M, SCHWAMBORN R. 2007. Zooplankton vertical distribution and migration off Central Peru in relation to the oxygen minimum layer. *Helgol Mar Res* 62 (Supplement 1): 85-100.
- DOTY MS, OGURI M. 1957. Evidence for a photosynthetic daily periodicity. *Limnol. Oceanogr.* 2: 37-40.
- DUSTAN P, PINCKNEY J. 1989. Tidally induced phytoplankton patchiness. *Limnol. Oceanogr.* 34 (2): 410-419.
- 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.
- HERRERA L, ESCRIBANO R. 2006. Factors structuring the phytoplankton community in the upwelling site off El Loa River in northern Chile. *Journal of Marine Systems* 61:13-38.
- HOLMES RW, HAXO F. 1958. Diurnal variations in the photosynthesis of natural phytoplankton populations in artificial light. U.S. Fish Wildl. Serv. Spec. Sci. Rep.: Fish. 279: 73-76.
- HUTCHINGS L, PITCHER G, PROBYN T, BAILEY G. 1995. The chemical and biological consequences of coastal upwelling. En: SUMMERHAYES CP, EMERS KC, ANGEL MV, SMITH RL, ZEITZCHEL B. (eds) *Upwelling in the ocean modern process and ancient records*. pp. 65-81. John Wiley & Sons, Nueva York.
- MELO S, HUSZAR VLM. 2000. Phytoplankton in an Amazonian flood-plain lake (Lago Batata, Brasil): diel variation and species strategies. *J. Plankton Res.*, vol. 22, no. 1, p. 63-76.
- PARSONS R, TAKAHASHI M, MARGRAVE B. 1984. *Biological oceanographic processes*. Pergamon Press, London, 330 pp.
- PATTERSON G, WILSON K.K. 1995. The influence of diel climatic cycle on the depth-time distribution of phytoplankton and photosynthesis in a shallow equatorial lake (Lake Baringo, Kenya). *Hydrobiologia*, 304, 1-8.
- REYNOLDS C S. 1996. On the vertical distribution of phytoplankton in the lakes of the val rio Doce, eastern Brazil. In Tundisi, J.G. and Saijo, Y. (eds) *Limnological Studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil*. BAS/USP/CHREA, São Carlos, pp. 227-241.
- REYNOLDS C S. 2006. *The Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press, Cap.7 (308 - 318).
- SOURNIA, 1978. *Phytoplankton manual*. Monographs on Oceanographic Methodology, N°6, 337 pp. UNESCO. Paris.
- UTERMÖHL, 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt.int. Ver. theor. angewan. Limnol.* 9:1-38.
- VERDUIN J. 1960. Phytoplankton communities of Western Lake Erie and the CO₂ and O₂ changes associated with them. 5 (4): 372-380.
- WIDDOWS J, MOORE M N, LOWE D M, SALKELD P N. 1979. Some effects of a dinoflagellate bloom (*Gyrodinium aureolum*) on the mussel *Mytilus edulis*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 59, pp. 522-524.