

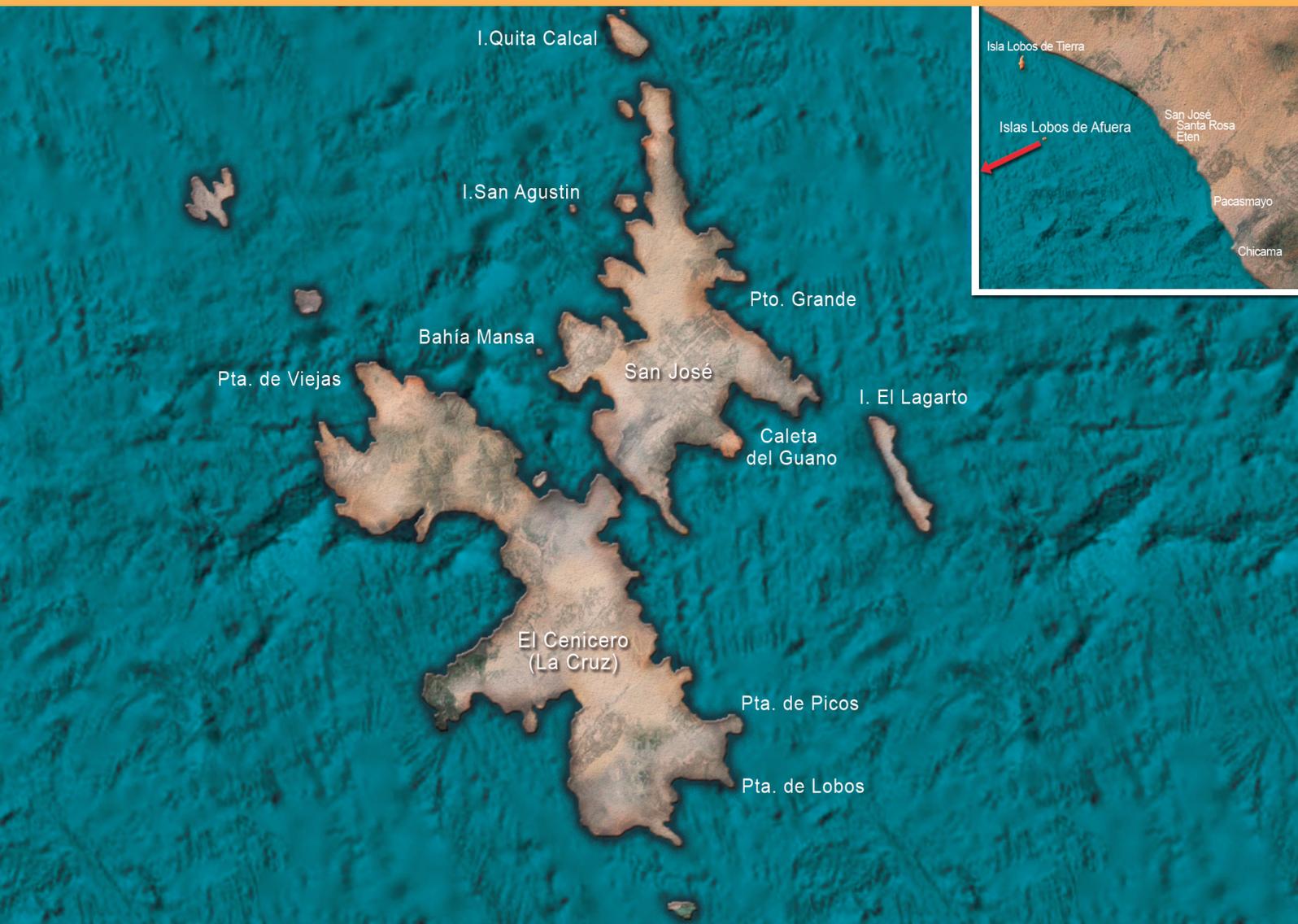


INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

# INFORME

ISSN 0378-7702

Volumen 42, Número 3



Julio-Setiembre 2015  
Callao, Perú

# FITOPLANCTON DEL MAR PERUANO, VERANO 2010

## PHYTOPLANKTON OF THE PERUVIAN SEA, SUMMER 2010

Elcira Delgado<sup>1</sup>

Flor Chang<sup>1</sup>

### RESUMEN

DELGADO E, CHANG F. 2015. *Fitoplancton del mar peruano, verano 2010*. *Inf Inst Mar Perú*. 42(3): 389-397.- Los volúmenes de plancton presentaron un rango entre 0,008 y 5,251 mL.m<sup>-3</sup> localizados frente a Punta La Negra y Salaverry, promedio 0,61 mL.m<sup>-3</sup>. El fitoplancton de red fue muy abundante y predominó en el 52% de las estaciones costeras conformado por especies de afloramiento. A 10 m de profundidad el fitoplancton registró una variación entre 69,32x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup> (San Juan) y 2.439,76x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup> (Chimbote), diversidad (H') entre 0,05 bits.cel<sup>-1</sup> (1 mn de Ilo) y 2,84 bits.cel<sup>-1</sup> (7 mn de San Juan), y uniformidad entre 0,02 (Ilo) y 0,921 (San Juan). Las diatomeas *Cerataulina pelagica* y *Chaetoceros* spp. fueron las que aportaron las mayores densidades celulares en la zona costera. La distribución de los indicadores biológicos demostraron una relación con las condiciones ambientales, cuando *Protoperdinium obtusum*, indicador de Aguas Costeras Frías (ACF) se distribuyó desde Paita hasta Mollendo (30 mn), *Ceratium breve*, indicador de AES fue registrado de manera normal al norte de los 6°S asociado en algunas estaciones a *Ceratium praelongum* y *C. incisum*, indicadores de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS).

PALABRAS CLAVE: Fitoplancton, composición y distribución, indicadores biológicos, verano 2010

### ABSTRACT

DELGADO E, CHANG F. 2015. *Phytoplankton of the Peruvian sea, summer 2010*. *Inf Inst Mar Perú*. 42(3): 389-397.- Plankton volumes were between 0.008 and 5.251 mL.m<sup>-3</sup>, with a mean of 0,61 mL.m<sup>-3</sup>, these were located in front Punta La Negra y Salaverry. Net phytoplankton was most abundant in the 52% of all stations consisting of species of coastal upwelling. Phytoplankton at 10 m depth varied between 69.32x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup> (San Juan) and 2,439.76x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup> (Chimbote). It had a diversity index (H') between 0.05 bits.cel<sup>-1</sup> (1 nm Ilo) and 2.84 bits.cel<sup>-1</sup> (7 nm San Juan), and the uniformity between 0.02 (Ilo) y 0.921 (San Juan). The most abundant diatoms was *Cerataulina pelagica* and *Chaetoceros* spp. with higher densities in the coastal area. The biological indicators showed a distribution related to the environmental parameters, *P. obtusum*, Cold Coastal Waters (CCW) indicator, was determined from Paita to Mollendo (30 nm). *Ceratium breve*, ESW indicator had a normal distribution, northern of 6°S associated in some stations with *C. praelongum* and *C. incisum*, Surface Subtropical Waters (SSW) indicators.

KEYWORDS: Phytoplankton, composition and distribution, biological indicators, summer 2010

## 1. INTRODUCCIÓN

Las aguas costeras del mar peruano, consideradas como una de las más productivas del mundo destacan en las pesquerías como la de anchoveta, que representa uno de los pilares de la economía del país.

Bajo esta premisa, una de las principales épocas de estudio de los recursos pelágicos son los veranos cuando se realizan las evaluaciones con énfasis en anchoveta y paralelamente se efectúan los estudios sobre los componentes de la comunidad de fitoplancton, cuya abundancia dependerá de la disponibilidad de nutrientes y de parámetros ambientales que se mantuvieron durante el período de estudio.

El fitoplancton como primer alimento disponible juega un rol importante para los primeros estadios de las larvas de los recursos pelágicos como de los bivalvos

y según las concentraciones de sus componentes dependerá la supervivencia y por ende el crecimiento y reproducción.

El principal objetivo de este estudio fue estimar las concentraciones de los volúmenes de plancton, la composición y abundancia de fitoplancton de red, así como las densidades celulares en las principales áreas de afloramiento y la distribución de los indicadores biológicos de masas de agua durante el verano 2010.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

El muestreo se realizó en el mar peruano en el verano 2010, durante el desarrollo del Crucero Hidroacústico de Evaluación de Recursos Pelágicos, en el área comprendida desde la costa hasta las 80 mn, a bordo del Buque de Investigación Científica (BIC) José Olaya (Fig. 1).

<sup>1</sup> Lab. Fitoplancton y Producción Primaria. edelgado@imarpe.gob.pe, fchang@imarpe.gob.pe

Se obtuvo un total de 134 muestras de fitoplancton; 105 fueron colectadas con red estándar de fitoplancton (75 µm) durante 5 minutos y a 3 nudos de velocidad en toda el área de estudio y 29 muestras de agua fueron colectadas con botellas Niskin a 10 m de profundidad solo en los perfiles hidrográficos.

Los volúmenes de plancton se obtuvieron por centrifugación a 2400 rpm durante 5 minutos, aplicando la siguiente fórmula:

$$V = V_c / K,$$

Donde:

V = volumen de plancton

V<sub>c</sub> = volumen de plancton centrifugado (mL)

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

Los resultados fueron expresados en mililitros de plancton por metro cúbico de agua de mar filtrada (mL.m<sup>-3</sup>).

Las muestras de red fueron analizadas semicuantitativamente, considerando los porcentajes de los componentes del plancton (fitoplancton y zooplancton) según metodología del IMARPE (ROJAS DE MENDIOLA et al.1985) y los resultados se expresaron en base a las abundancias relativas de cada componente del microfitorplancton.

Para el recuento del fitoplancton en muestras de agua se eligió la metodología de UTERMÖHL, cuyos resultados fueron expresados en N° celx10<sup>3</sup>. L<sup>-1</sup>.

Tanto las muestras de red como las de agua fueron preservadas con formalina neutralizada, según THRÖNDSSEN (1978).

Para la determinación taxonómica de la comunidad de fitoplancton se consultaron los trabajos de HUSTEDT (1930), CUPP (1943), HENDEY (1964), SOURNIA (1967), SCHILLER (1971), SUNDSTRÖM (1986), HEIMDAL (1993), THRÖNDSSEN (1993), HASLE y SYVERTSEN (1996) y STEIDINGER y TANGEN (1996).

En la elaboración de los gráficos, tales como cartas de posición, distribución de volúmenes de plancton e indicadores de masas de agua se utilizó el software SURFER ver.8.

### 3. RESULTADOS

#### DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE LOS VOLÚMENES DE PLANCTON

Los volúmenes de plancton presentaron un rango de variación entre 0,008 mL.m<sup>-3</sup>, frente a Punta La Negra a 70 mn y 5,251 mL.m<sup>-3</sup> y frente a Salaverry a 50 mn, con promedio general de 0,61 mL.m<sup>-3</sup>, valores asociados a un rango de TSM que estuvo entre 16,1 y 25,7 °C.

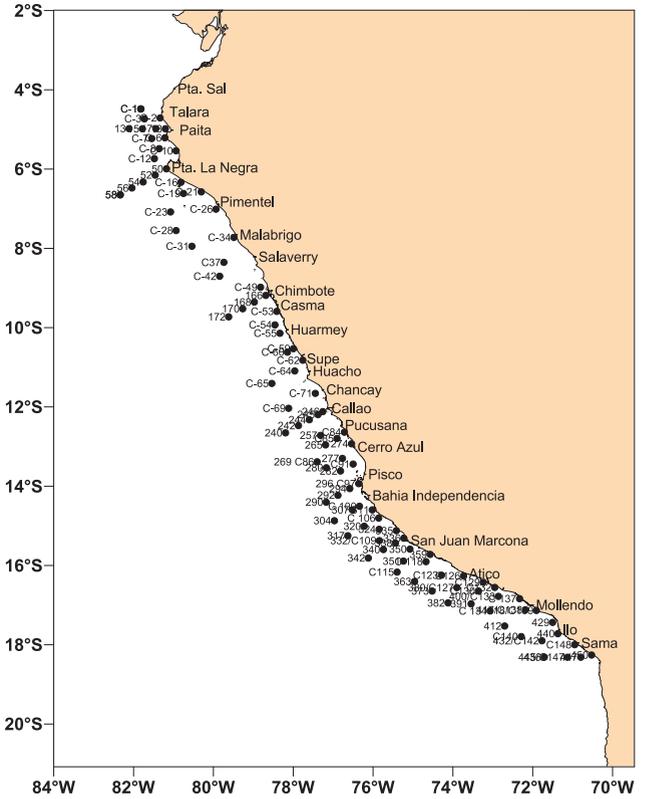


Figura 1.- Carta de posiciones. Cruce de Evaluación de Recursos Pelágicos BIC Olaya 1002-04

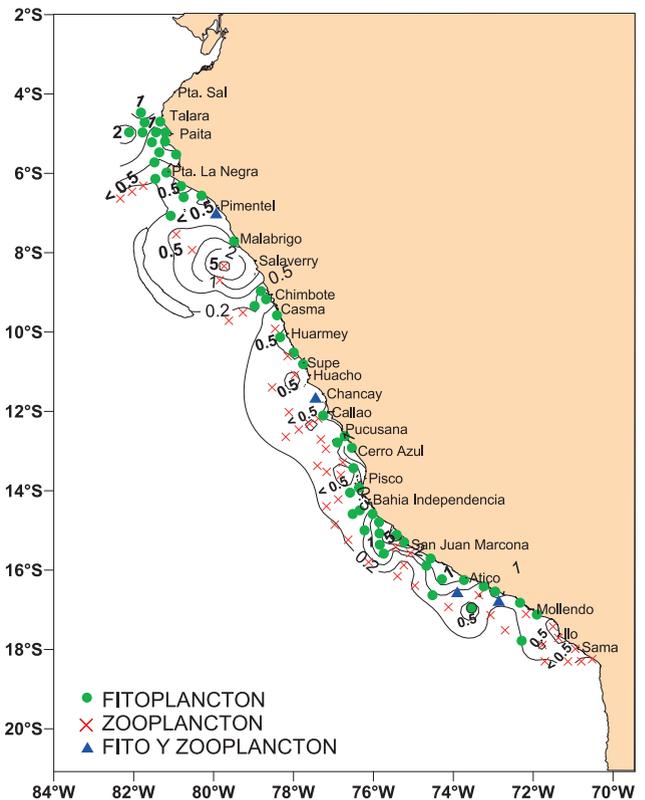


Figura 2.- Distribución en superficie de los volúmenes de plancton (mL.m<sup>-3</sup>). Cruce de Evaluación de Recursos Pelágicos BIC Olaya 1002-04

El fitoplancton alcanzó predominancia en el 52% de estaciones, mientras que el zooplancton lo hizo en el 45%, ambos componentes alcanzaron una codominancia del 3%. Los altos volúmenes de plancton con principales núcleos de 5,0 mL.m<sup>-3</sup> se obtuvieron entre Malabrigo-Salaverry y bahía Independencia-San Juan de Marcona, seguido de núcleos de 2,0 y 1,0 mL.m<sup>-3</sup> frente a Paita y al norte de Talara, respectivamente. Otro núcleo resaltante de 1,0 mL.m<sup>-3</sup> se ubicó entre San Juan de Marcona y Atico. En todos estos núcleos la predominancia fue del fitoplancton, a excepción del núcleo frente a Malabrigo que estuvo representado por el zooplancton. El 73% de los volúmenes fueron menores a 0,5 mL.m<sup>-3</sup>.

**DISTRIBUCIÓN, COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA RELATIVA DE LA COMUNIDAD DE FITOPLANCTON (Fig. 2)**

El fitoplancton se caracterizó por presentar tres zonas de distribución:

1. Entre Punta Sal y Pimentel desde la línea costera hasta las 60 mn, donde las diatomeas obtuvieron abundancias relativas de "Muy Abundante" como *Helicotheca tamesis*, *Chaetoceros affinis*, *Ch. compressus*, *Ch. debilis*, *Detonula pumila* y *Asterionellopsis glacialis*. Diatomeas como *Ceratulina pelagica* y *Leptocylindrus mediterraneus* alcanzaron abundancias relativas de "Abundante".
2. Entre Malabrigo y Cerro Azul y con una zona de distribución restringida hasta las 30 mn donde sobresalieron otras diatomeas como *Thalassiosira sp.*, *Chaetoceros lorenzianus*,

*Coscinodiscus perforatus* y *Leptocylindrus danicus*, además de los dinoflagelados *Protoperidinium depressum*, *Ceratium furca* y *Ceratium massiliense*, todas estas especies presentaron abundancias relativas de "Muy Abundante". Entre tanto, *Pseudo-nitzschia cf. delicatissima*, *Thalassionema nitzschioides*, *Ch. affinis debilis*, *Ch. didymus* y *Ch. affinis* lograron obtener abundancias relativas de "Abundante".

3. Entre Pisco y Sama, siendo el área de distribución del fitoplancton hasta las 50 mn. Entre las diatomeas importantes se determinaron a *C. perforatus*, *P. cf. delicatissima*, *Ch. lorenzianus*, *Ch. didymus*, *Ch. affinis*, *Ch. debilis*, *Ch. constrictus* y *Thalassiosira partheneia* con abundancias relativas de "Muy Abundante". En esta zona, destacaron las especies termófilas como *Ceratium azoricum*, *C. kofoidii*, *Goniodoma polyedricum*, *Ceratium macroceros* y *C. trichoceros*, entre otros cuyas abundancias relativas llegaron a la categoría de "Escaso".

**DISTRIBUCIÓN LATITUDINAL DE LOS VOLÚMENES PROMEDIO DE PLANCTON**

El 93% de los volúmenes promedio de plancton por grado latitudinal presentó valores menores a 1,0 mL.m<sup>-3</sup>, solo el 7% obtuvo valores mayores a 1,5 mL.m<sup>-3</sup>. Dentro de las 30 mn los volúmenes de plancton fluctuaron desde 0,07 mL.m<sup>-3</sup> (8-9°S) hasta 1,53 mL.m<sup>-3</sup> (15-16°S). Entre las 30-60 mn, la variación se incrementó siendo de 0,04 mL.m<sup>-3</sup> (9-10°S) a 3,0 mL.m<sup>-3</sup> (8-9°S) y por fuera de las 60 mn la fluctuación fue menor entre 0,05 y 0,6 mL.m<sup>-3</sup> ubicados entre los 6°-7°S y 7°-8°S, respectivamente (Fig. 3).

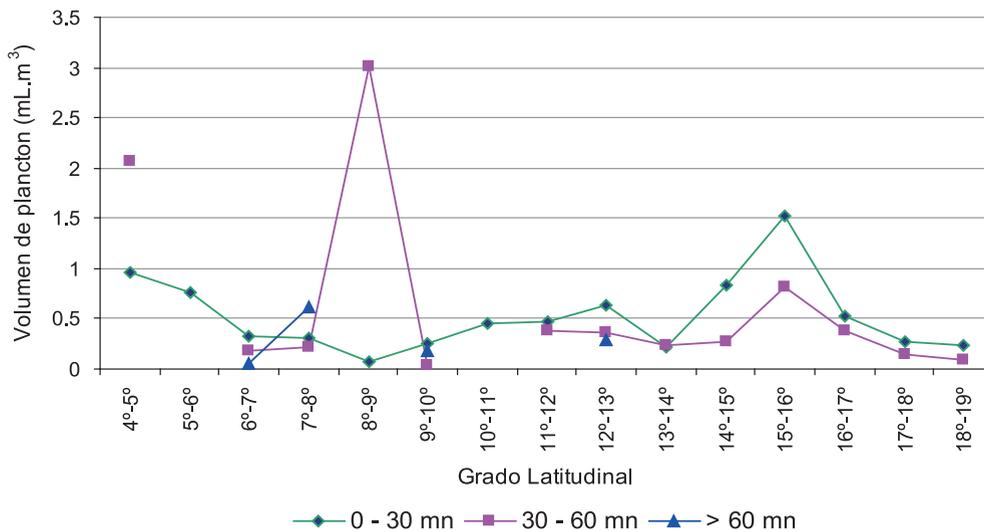


Figura 3.- Distribución latitudinal de los volúmenes de plancton (mL.m<sup>-3</sup>).  
 Crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos BIC Olaya 1002-04

### COMPOSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE FITOPLANCTON A 10 M DE PROFUNDIDAD (Nº CELSX10<sup>3</sup>.L<sup>-1</sup>)

Las concentraciones totales del fitoplancton fluctuaron entre 69,32x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup> en San Juan (Est. 338) y 2.439,76x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup> en Chimbote (Est. 168), siendo la media general de 641x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup>. El microfítoplancton, conformado por diatomeas, dinoflagelados y silicoflagelados, presentaron concentraciones que variaron entre 0,14x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup> en Ilo (Est. 438) y 2.384,56x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup> en Punta La Negra (Est. 52); las concentraciones del nanofítoplancton (fitoflagelados y cocolitofóridos) estuvieron fluctuando entre 34x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup> en San Juan (Est. 336) y 248,32x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup> en Paita (Est. 15) (Fig. 4).

La riqueza específica total fue de 167 especies: 101 diatomeas, 55 dinoflagelados, 3 silicoflagelados, 6 cocolitofóridos y 2 fitoflagelados.

En el perfil Paita las mayores concentraciones del fitoplancton correspondieron a la diatomea *Cerataulina pelagica* y a varias especies de fitoflagelados con valores de 296x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup> y 247x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup> a 17 y 33 mn, respectivamente. Otras diatomeas que alcanzaron abundancias considerables fueron *Chaetoceros affinis* *Ch. curvisetus*, *Ch. lauderi* y *Guinardia delicatula* cuyas densidades variaron entre 110 y 185x10<sup>3</sup> cel.L<sup>-1</sup>, todas a 4 mn, seguidas de *Helicotheca tamesis* (217x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup>) y *Thalassiosira* sp. (455x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup>), estas dos últimas especies a 33 mn de la costa.

En Punta La Negra, a 2 mn continuó la abundancia de *C. pelagica* (197x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup>) y *Ch. curvisetus* (100x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup>), incorporándose *Ch. debilis* (154 x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup>) y *Ch. socialis* 226x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup> (Fig. 4).

A 21 mn se observó el incremento de *Ch. socialis* con un total de 668x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup> seguido de la predominancia de *Detonula pumila* con 142x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup> y de *Prorocentrum gracile* con 132 x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup>. *Pseudonitzschia pungens* a 42 mn obtuvo la mayor abundancia de 162 x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup>, finalmente a 61 mn sólo destacó *Leptocylindrus danicus* con 667x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup>.

En Chimbote, sólo se apreció la abundancia de *L. danicus* a 6 mn de la costa con un valor de 106x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup>; a 24 mn resaltaron las diatomeas *Pseudonitzschia* cf. *delicatissima*, *P. pungens* y varias especies de fitoflagelados con abundancias de 1.060 x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup>, 624x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup> y 736x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup>, respectivamente. Otra diatomea que sobresalió fue *Dactyliosolen fragilissimus* con 151x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup> a 69 mn.

En San Juan, se determinó a *Ch. curvisetus* con máxima abundancia de 1.216x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup> a 2 mn, y a las varias especies de fitoflagelados con 127 x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup> a 7 mn.

Ilo se caracterizó por presentar bajas abundancias, representadas por *Thalassiosira subtilis* con 3,9x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup> a 1 mn, seguido del cocolitofórido *Emiliania huxleyi* (22x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup>) y de varias especies de fitoflagelados con 175 x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup>, ambos valores a 30 mn (Fig. 4).

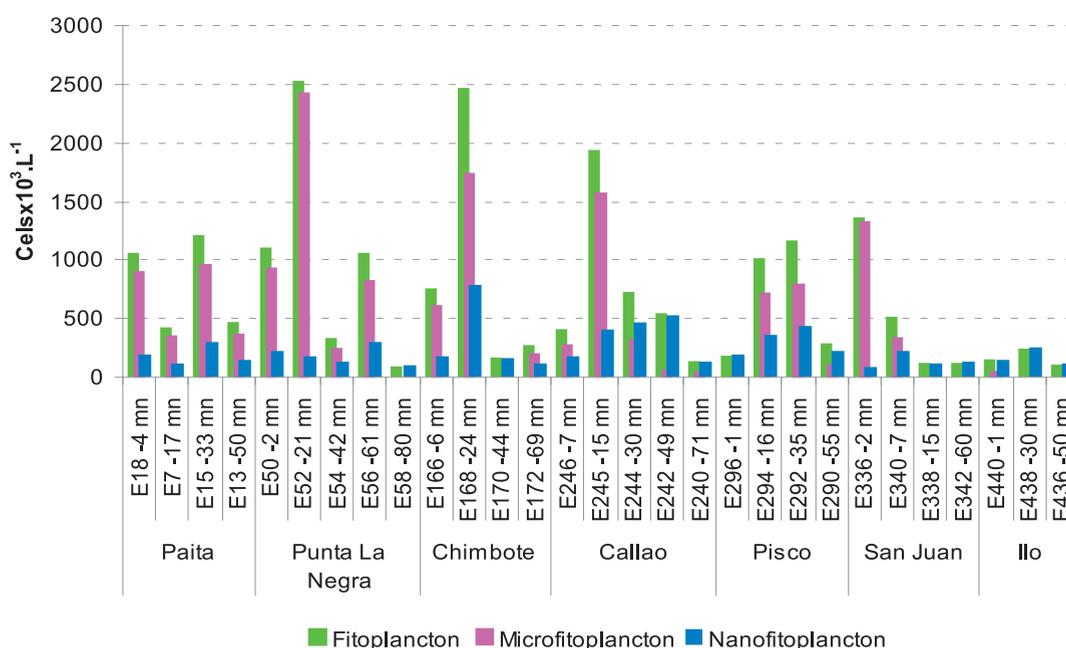


Figura 4.- Distribución de las concentraciones del fitoplancton (celsx10<sup>3</sup>.L<sup>-1</sup>).  
Crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos BIC Olaya 1002-04

**DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER Y ANÁLISIS COMUNITARIO**

La diversidad presentó una variación entre 0,05 bits.cel<sup>-1</sup> (1 mn de Ilo) y 2,84 bits.cel<sup>-1</sup> (7 mn de San Juan) en las estaciones 440 y 340, respectivamente, con promedio general de 1.145 y desviación estándar de 0,668. Así mismo, se observó que el 66% de los valores fueron menores a 1,5 bits.cel<sup>-1</sup>.

La uniformidad o equitabilidad tuvo una fluctuación entre 0,02 (1 mn de Ilo) y 0,921(60 mn de San Juan). El análisis comunitario del fitoplancton a 10 m de profundidad originó la formación de dos grandes grupos con similaridad del 30%. El grupo 1 estuvo conformado por los subgrupos 1a y 1b. El subgrupo 1a conformó aquellas estaciones con abundancias totales del fitoplancton que variaron entre 106 y 2.502,56x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup> y se encontraron distribuidas dentro de las 16 mn, perteneciendo a todos los perfiles hidrográficos.

El subgrupo 1b, congregó a las estaciones cuyas abundancias de fitoplancton oscilaron entre 290,84 y 2.439,76x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup> que se distribuyeron entre las 17 y 60 mn en los perfiles de Paita, Punta La Negra, Chimbote y Callao. El grupo 2 estuvo conformado por estaciones donde las abundancias del fitoplancton fueron bajas con un rango de variación entre 55,36 y 231,76x10<sup>3</sup> cels.L<sup>-1</sup> distribuidas entre las 30 y 80 mn y ubicadas en todos los perfiles (Fig. 5).

**DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE TEMPERATURA, SALINIDAD E INDICADORES BIOLÓGICOS DE MASAS DE AGUA**

**Temperatura.-** La TSM presentó un rango entre 16,1 y 25,9 °C, con distribución térmica propia de la estación de verano e incremento térmico de la zona costera hacia la zona oceánica, este último debido a la presencia de aguas oceánicas al sur de los 6°S y aguas ecuatoriales y oceánicas al norte de los 6°S. Las zonas con temperaturas entre 19° y 21 °C, se localizaron en una franja costera de amplitud variable entre Pimentel-Pisco y San Juan-Los Palos, temperaturas que también se mostraron por fuera de las 20 mn entre Pisco y San Juan, así como dentro de la bahía de Sechura. Las mínimas temperaturas (<18 °C) se ubicaron dentro de las 5 mn frente a bahía Independencia; en tanto que, las más cálidas (temperaturas mayores a 25 °C) se mostraron por fuera de las 40 mn frente a Punta Falsa y entre Casma-Huarmey (Inf. Ejecutivo 2010) (Fig. 6).

**Salinidad.-** La salinidad osciló entre 33,58 y 35,62 ups. Las altas concentraciones halinas (>35,1 ups) se debieron a presencia de aguas oceánicas, que mostraron fuerte proyección hacia la zona costera alcanzando las 5 mn frente a Pisco y San Juan. Las aguas con bajas concentraciones correspondieron a la interacción del agua de mar con el agua de la descarga de los ríos.

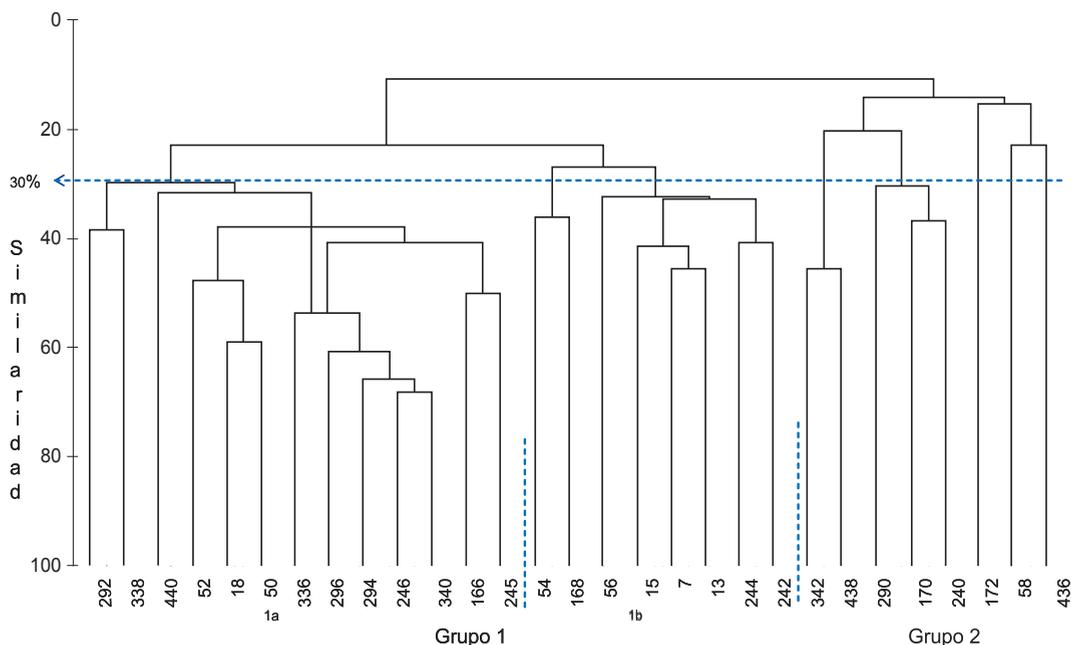


Figura 5.- Dendrograma de similaridad entre muestras de la comunidad de fitoplancton a 10 m de profundidad. Crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos BIC Olaya 1002-04

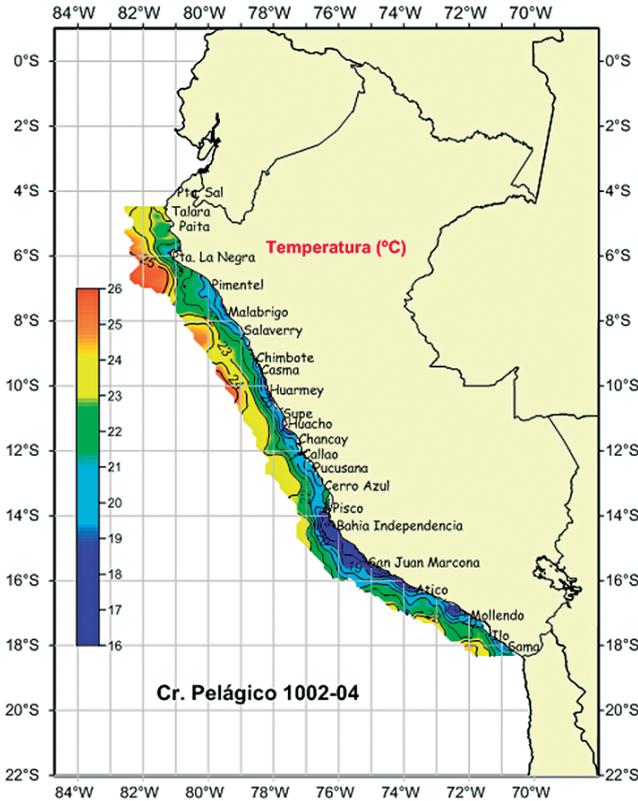


Figura 6.- Distribución superficial de la temperatura del mar (°C). Cr. Evaluación de Recursos Pelágicos BIC Olaya 1002-04

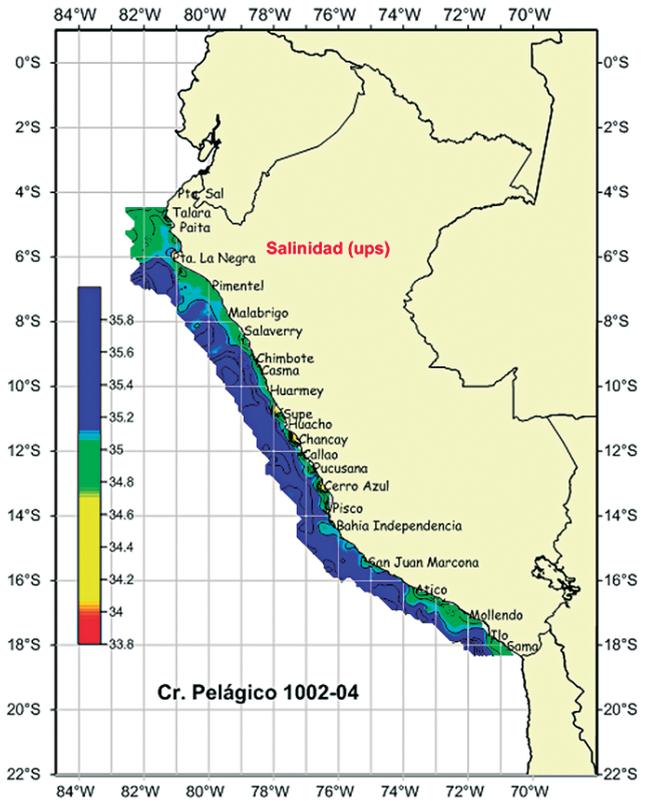


Figura 7.- Distribución superficial de la salinidad del mar (ups). Cr. Evaluación de Recursos Pelágicos BIC Olaya 1002-04

Las Aguas Costeras Frías (ACF), propias del régimen costero, cuyo borde exterior estuvo delimitado por la isohalina de 35,05 ups, estuvieron restringidas a zonas costeras con amplitud variable, y mostraron mayor amplitud al norte de Pimentel (hasta las 40 mn) y sur de Atico (30 mn). Estas aguas tuvieron mayor desplazamiento pero formando mezclas con las aguas oceánicas y ecuatoriales.

Las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) con concentraciones de sales mayores a 35,1 ups mostraron predominancia al sur de los 6°S, con fuertes proyecciones hacia la costa principalmente frente a Punta Falsa y hacia el sur de Malabrigo (Chicama).

Entre Talara-Punta Falsa, Pimentel y Atico-Mollendo se encontró aguas de mezcla debido a la interacción de las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) con las ACF, ASS. Además, en la zona costera se observó procesos de mezcla debido a la descarga de los ríos (Informe Ejecutivo 2010) (Fig. 7).

**Indicadores biológicos.-** La evolución de las condiciones ambientales para el verano mostró cambios significativos en la distribución de estos organismos con respecto al inicio de la temporada de estudio. Así se apreció que, el indicador de Aguas Costeras Frías (ACF), *Protoperidinium obtusum* amplió su área

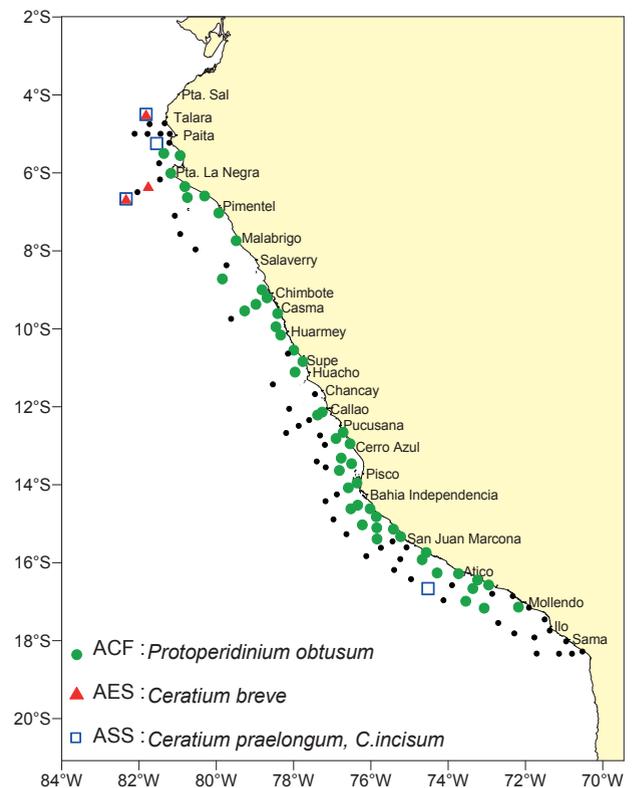


Figura 8.- Distribución de indicadores biológicos de masas de agua. Cr. Evaluación de Recursos Pelágicos BIC Olaya 1002-04

de distribución a lo largo del litoral, llegando en el norte hasta Paita y al sur hasta Mollendo, con mayor amplitud en Chimbote (60 mn). El dinoflagelado *Ceratium breve* indicador de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) fue menos frecuente y se registró por fuera de las 30 mn entre Talara y Punta La Negra, asociado en algunas estaciones al indicador de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) (Fig.8).

#### 4. DISCUSIÓN

Comparando los aspectos oceanográficos de los veranos anteriores, las anomalías térmicas registradas durante el crucero de verano 2010 mostró un incremento significativo especialmente en la zona centro y norte, con valores térmicos típicos de condiciones cálidas, situación que se confirmó con la información de las secciones verticales de temperatura, las cuales mostraron un descenso de la isoterma de 15 °C hacia los 70 m de profundidad, en comparación a los meses anteriores a este crucero (IMARPE 2010).

Estas anomalías repercutieron negativamente en las estimaciones del promedio de la biomasa planctónica, pues para este período la disminución fue semejante a los últimos ocho años, es decir entre 2002 y 2009 (SÁNCHEZ y VILLANUEVA 2003, SÁNCHEZ y VILLANUEVA 2005, DELGADO y CHANG 2006, VILLANUEVA y SÁNCHEZ 2006, CHANG y SÁNCHEZ 2008, DELGADO et al. 2008 y SÁNCHEZ y JACOBO 2010), cuando los valores fueron menores a 1,0 mL.m<sup>-3</sup>, al igual que en esta evaluación (0,61 mL.m<sup>-3</sup>); apreciándose los más bajos promedios en el 2005 (0,33 mL.m<sup>-3</sup>), valores que no superan a los encontrados por ROJAS DE MENDIOLA et al. (1985) quienes reportaron concentraciones medias mayores a 3,0 mLm<sup>-3</sup> para la costa peruana.

En estos años también se observó disminución de la predominancia porcentual del fitoplancton con

valores menores al 50% (Fig. 9). Sin embargo, la composición específica fue semejante en estos años, predominando diatomeas de afloramientos costeros y neríticos, principalmente en la región centro-norte, a excepción del 2002 cuando los dinoflagelados fueron los que presentaron una máxima abundancia relativa resaltando las especies termófilas (VILLANUEVA y SÁNCHEZ 2006).

En relación con la distribución latitudinal del volumen de plancton (30 mn), se observó que a partir del verano 2002 se registró valores mayores a 1,0 mL.m<sup>-3</sup> al sur de los 14°S, a excepción del 2005 y 2007, pues para el verano del 2005 las condiciones ambientales fluctuaban de normal a ligeramente frías en la mayor parte del litoral, con presencia de ASS próximas a la costa y una menor proyección frente a Chicama y Chimbote, San Juan y Atico (IMARPE 2005) y para el verano del 2007 se registró un calentamiento moderado en la región norte de Mórrope y sur de Ocoña con incursión de ASS a la costa (CHANG y SÁNCHEZ 2008). Sin embargo, sólo en los veranos 2003 y 2007, las concentraciones medias del plancton en el norte excedieron los 3,0 mL.m<sup>-3</sup> entre los 4° y 6°S; en los veranos del 2005, 2006, 2008, 2009 y 2010 se obtuvieron volúmenes mayores a 1,0 mL.m<sup>-3</sup> en esta zona (SÁNCHEZ y VILLANUEVA 2005, CHANG y SÁNCHEZ 2008, DELGADO et al. 2009, SÁNCHEZ y JACOBO et al. 2010).

De la misma manera, se observó la recuperación de los volúmenes entre los 30 y 60 mn en el verano 2002 entre los 6°-7°S (de 0,7 a 1,20 mL.m<sup>-3</sup>), sin alcanzar valores mayores a 1,5 mL.m<sup>-3</sup> como en los veranos del 2003 al 2005 (condiciones influenciadas por procesos de mezcla de las ACF y AES (IMARPE 2008), además de los valores del verano del 2009 (SÁNCHEZ y JACOBO 2010), diferente a este verano (2010) cuando se incrementó a 3,0 mL.m<sup>-3</sup> (8°-9°S).

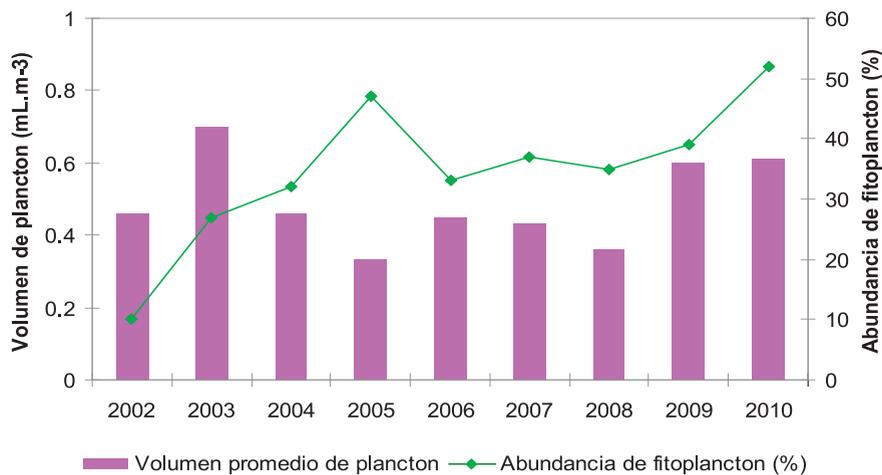


Figura 9.- Variación interanual del volumen promedio de plancton y abundancia porcentual del fitoplancton entre 2002-2010

Por fuera de las 60 mn, las concentraciones medias ( $<0,5 \text{ mL.m}^{-3}$ ) disminuyeron significativamente hacia el sur, tendencia similar a los veranos del 2002 al 2008, mientras que en el 2009 resaltó un pico de  $1,8 \text{ mL.m}^{-3}$  entre los  $4^\circ$ -  $5^\circ\text{S}$  y en el 2010 todos los valores fueron menores a  $0,6 \text{ mL.m}^{-3}$ .

Se comprobó un notable incremento de las densidades celulares del fitoplancton en este verano, principalmente en Paita y Punta La Negra siendo las densidades totales de 1.174.940 y 2.502.560  $\text{cels.L}^{-1}$ , respectivamente. En el 2009, Punta La Negra obtuvo un máximo de 2.232.620  $\text{cels.L}^{-1}$  e Ilo hizo lo propio con 925.260  $\text{cels.L}^{-1}$  (SÁNCHEZ y JACOBO 2010). Se determinó a *Cerataulina pelagica* y *Chaetoceros* spp. como las especies que aportaron las mayores densidades celulares para el verano 2010 a diferencia del 2009 donde *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros socialis* y *Ch. debilis* fueron las más abundantes.

En lo referente a indicadores biológicos en el 2009 (SÁNCHEZ y JACOBO 2010) y 2010, *Ceratium breve* (AES) presentó una distribución normal, es decir al norte de Punta La Negra y por fuera de las 30 mn, a diferencia del 2008 cuando estuvo distribuido entre Puerto Pizarro y Huarmey coincidiendo con las condiciones cálidas asociado a anomalías de  $+1,44^\circ\text{C}$  (IMARPE 2008).

En el período 2002-2007 se apreció variaciones latitudinales y longitudinales asociadas con el ingreso de esta masa de agua (AES) hacia la zona costera, excepto el 2004, que no se registró este indicador debido a la fuerte proyección de ASS hasta las 30 mn con anomalías de hasta  $+2,0^\circ\text{C}$  (Anuario 2004) y en el 2005 se registró condiciones más frías que lo normal originando anomalías de hasta  $-2,0^\circ\text{C}$  (IMARPE 2005).

La amplia distribución del indicador de ACF en la zona costera (30 mn) desde Paita hasta el norte de San Juan fue similar para los veranos 2009 y 2010, sin embargo, en este último año amplió su distribución hasta Mollendo. Difiere del 2008, cuando se distribuyó hasta las 40 mn, que coincidió con el afloramiento observado entre Pisco y San Juan asociado a TSM menores a  $17^\circ\text{C}$  siendo diferente entre el 2002 y 2003 que estuvo bastante restringido a la costa respecto a lo observado del 2004 al 2007.

En condiciones normales, generalmente los indicadores relacionados a ASS son reportados en la zona oceánica. En el 2006 y 2007 se determinó una amplitud latitudinal en su distribución y en el 2008 y 2009 se evidenció decremento tanto latitudinal como longitudinalmente, situación que estuvo acorde con los parámetros ambientales (IMARPE 2008). Situación similar se presentó en el 2010, aunque además fue determinado por fuera de las 30 mn al norte de Atico. La

presencia de indicadores de ASS (60 mn) al norte del litoral coincidió con la información oceanográfica que registró aguas de mezcla (AES y ASS), no evidenciando AES típicas (IMARPE 2010a).

## 5. CONCLUSIONES

Los volúmenes de plancton registraron un promedio general de  $0,61 \text{ mL.m}^{-3}$ . El fitoplancton de red estuvo conformado por especies de afloramiento con abundancias relativas de "Muy Abundante" como *Detonula pumila*, *Chaetoceros* spp., *Asterionellopsis glaciales* y *Cerataulina pelagica* y las diatomeas oceánicas *Helicotheca tamesis* y *Thalassiosira partheneia*. Entre Pisco y Sama destacaron los dinoflagelados termófilos.

La media general de la concentración total del fitoplancton fue de  $641 \times 10^3 \text{ cels.L}^{-1}$ . Las diatomeas *Cerataulina pelagica* y *Chaetoceros* spp. fueron las que aportaron las mayores densidades celulares. El índice de diversidad con valores menores a 2.8  $\text{bits.cel}^{-1}$  demostró que la comunidad de fitoplancton estuvo en las primeras fases de la sucesión ecológica.

Las condiciones ambientales fueron típicas de la temporada coincidiendo con la distribución de los indicadores biológicos de masas de agua.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Las autoras desean expresar su agradecimiento al personal del Área de Fitoplancton y Producción Primaria por el apoyo brindado en el análisis de las muestras, a la Blga. Liz Romero por la actualización de los gráficos y al Ing. Enrique Tello por la contribución de los gráficos de los parámetros físicos.

## 7. REFERENCIAS

- CUPP E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps Inst. Oceogr. 5: 1-237.
- CHANG, F, SÁNCHEZ, S. 2008. Características del microfitoplancton durante el verano 2007. Informe Interno del Laboratorio de Fitoplancton y Producción Primaria. (Formato de publicación).
- DELGADO E, CHANG F, BERNALES A. 2008. El fitoplancton del mar peruano durante el verano 2008. Inf. Int. Laboratorio de Fitoplancton y Producción Primaria (formato de publicación).
- DELGADO E, CHANG F. 2006. La comunidad microalgal durante el verano 2006. Inf. Int. Área de Fitoplancton y Producción Primaria (formato de publicación).
- DELGADO E, CHANG F, VILLANUEVA P. 2004. Composición y distribución del fitoplancton frente a la costa peruana verano 2004. Inf. Int. Área de Fitoplancton y Producción Primaria.
- HASLE G, SYVERTSEN E. 1996. Marine diatoms. In: Tomas C. (ed.). Identifying. Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press, Inc. San Diego. 1-383pp.

- HEIMDAL B. 1993. Modern Coccolithophorids. In Tomas C. (ed.). Marine Phytoplankton a guide to naked flagellates and coccolithophorids, Cap. 3. Academic Press, Inc. San Diego. 147-235 pp.
- HENDEY I. 1964. An introductory account of the smaller algae of British Coastal waters. Part. V. Bacillariophyceae (Diatoms). Her Majesty's Stationery Office, London: 317 pp.
- HUSTEDT F. 1930. Die Kieselalgen Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz mit Beuecksichtigung der ubrigen Lander Europas sowie der angrenzenden Meerresgebiete. En: L. Rabenhorst (ed) Kryptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz. 1 Teil. Akat. Verlagsges. Leipzig, Reprint Johnson Rep. Goop, New York 1971: 920 pp.
- IMARPE 2004. Anuario científico tecnológico. Anu. cient. tecnol. IMARPE Vol. 4, 2004.
- IMARPE 2005. Anuario científico tecnológico. Anu. cient. tecnol. IMARPE Vol. 5, 2005.
- IMARPE 2005. Informe ejecutivo del crucero regional oceanográfico 0509-10.
- IMARPE 2008. Informe ejecutivo del crucero de evaluación de recursos pelágicos 0802-04
- IMARPE 2010. Informe ejecutivo del crucero de evaluación de recursos pelágicos 1002-04
- ROJAS DE MENDIOLA B, GÓMEZ O, OCHOA N. 1985. Efectos del fenómeno El Niño sobre el fitoplancton. En: ARNTZ, W., A. LANDA y J. TARAZONA (Eds.). El Niño, su impacto en la fauna marina. Bol. Inst. Mar Perú, Vol. Ext.: 33-40.
- SÁNCHEZ S, VILLANUEVA P. 2003. Características de distribución y composición de los productores primarios durante el verano 2003. Inf. Int. Área de Fitoplancton y Producción Primaria.
- SÁNCHEZ S, VILLANUEVA P. 2005. Características de los productores primarios frente a la costa peruana durante el verano 2005. Cr. de Evaluación de Recursos Pelágicos. Inf. Int. del Área de Fitoplancton y Producción Primaria.
- SCHILLER J. 1971. Dinoflagellatae (Peridinea) in monographischer Behandlung. 1 Teil. En: L. Rabenhorst (ed) Kriptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz. Vol. X Flagellatae. Section III3, Part. I. Reprint by Johnson Repr. Corp. New York, London: 617 pp.
- SOURNIA A. 1967. Le genre *Ceratium* (Peridinién Planctonique) dans le Canal de Mozambique. Contribution a une révision mondiale. Vie et Milieu. 18 (2A-A): 375-580 pp.
- STEIDINGER K, TANGEN K. 1996. Dinoflagellates. In: Tomas C. (ed.). Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press, Inc. San Diego. 387-570pp.
- SUNDSTRÖM B. 1986. The marine diatom genus *Rhizosolenia*. A new approach to the taxonomy. Lund, Sweden: 196 pp.
- THRÖNDSSEN J. 1978. Preservation and storage. En: A. Sournia (Ed.) Phytoplankton manual. UNESCO, Paris: 69-74.
- THRÖNDSSEN J. 1993. The Planktonic Marine Flagellates. In Tomas C. (ed.). Marine Phytoplankton a guide to naked flagellates and coccolithophorids, Cap. 2. Academic Press, Inc. San Diego. 7-145 pp.
- VILLANUEVA P, SÁNCHEZ S. 2006. La comunidad fitoplanctónica en el mar peruano durante el verano 2002. Inf. Inst. Mar Perú 33 (3): 117-122.