

BOLETÍN

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458-7766

VOLUMEN 34, Número 1



Enero - Junio 2019
Callao, Perú



PERÚ

Ministerio
de la Producción

MICROFITOPLANCTON DEL VERANO 2009. CARACTERÍSTICAS Y ASOCIACIONES INTER-ESPECÍFICAS. BIC OLAYA, HUMBOLDT E IMARPE VI

MICROPHYTOPLANKTON IN SUMMER 2009. INTER-SPECIFIC CHARACTERISTICS AND ASSOCIATIONS. R/V OLAYA, R/V HUMBOLDT, AND IMARPE VI

Sonia Sánchez¹

Patricia Villanueva

RESUMEN

SÁNCHEZ S, VILLANUEVA P. 2019. *Microfitoplancton del verano 2009. Características y asociaciones inter-específicas. BIC Olaya, Humboldt e Imarpe VI. Bol Inst Mar Perú. 34(1): 49-60.*- El volumen de plancton fluctuó entre 0,075 y 7,243 mL.m⁻³ dando un valor medio de 0,6 mL.m⁻³. El fitoplancton destacó en el 39% de las estaciones dentro de las 30 mn de la costa, entre Punta Falsa y Punta Caballas. La TSM fluctuó entre 14,9 y 27,5 °C. *Protoperidinium obtusum* (ACF) fue localizado dentro de las 30 mn, desde Punta La Negra hasta San Juan de Marcona. *Ceratium praelongum* (ASS), se registró al norte por fuera de las 60 mn en el perfil Punta La Negra y Malabrigo, mientras que *Ceratium breve* (AES) se localizó desde Punta Sal a Paita, por fuera de las 30 mn.

PALABRAS CLAVE: biomasa planctónica, microfitoplancton, indicadores biológicos, verano 2009

ABSTRACT

SÁNCHEZ S, VILLANUEVA P. 2019. *Microphytoplankton in summer 2009. Inter-specific characteristics and associations. R/V Olaya. R/V Humboldt, and Imarpe VI. Bol Inst Mar Peru. 34(1): 49-60.*- Plankton volume varied between 0.075 and 7.243 mL.m⁻³ resulting in a mean value of 0.6 mL.m⁻³. Phytoplankton predominated in 39% of stations within 30 nm of the coast, between Punta Falsa and Punta Caballas. SST oscillated between 14.9 and 27.5 °C. *Protoperidinium obtusum* (CCW) was located within 30 nm, from Punta La Negra to San Juan de Marcona. *Ceratium praelongum* (SSW) was recorded north of 60 nm on the Punta La Negra and Malabrigo profiles, while *Ceratium breve* (SEW) was located from Punta Sal to Paita, outside 30 nm.

KEYWORDS: plankton biomass, microphytoplankton, biological indicators, summer 2009

1. INTRODUCCIÓN

Es común que la estación de verano presente condiciones ligeramente cálidas, así tenemos que las condiciones ambientales para el verano del 2008 se caracterizaron por la proyección hacia el sur de las Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES) observadas en las costas del Pacífico en los meses de enero y febrero, asociadas a las corrientes de norte a sur, además de las fuertes descargas de aguas continentales provenientes del Ecuador (Golfo de Guayaquil) por las altas precipitaciones, originando anomalías en el mar peruano, al elevar la TSM a >24 °C al norte de Supe y formar áreas de mezcla (MORÓN et al. 2011).

En el presente informe se describen las características latitudinales de distribución de la comunidad planctónica (volúmenes de plancton), con énfasis en la distribución y composición espeiológica del fitoplancton en superficie y a 10 m de profundidad, así como la de los organismos indicadores de masas de agua. Asimismo, se realizan análisis comunitarios de similaridad entre estaciones.

1. INTRODUCTION

It is usual for the summer season to present slightly warm conditions, so we can observe that the environmental conditions for summer 2008 were characterized by the projection towards the south of the Surface Equatorial Waters (SEW) which were observed on the Pacific coasts in January and February, associated with the north-south currents, as well as the strong discharge of continental waters from Ecuador (Gulf of Guayaquil) due to the high rainfall, which originated anomalies in the Peruvian sea, raising the SST to >24 °C north of Supe and forming mixing zones (MORÓN et al. 2011).

This report describes the latitudinal distribution characteristics of the plankton community (plankton volumes), emphasizing the distribution and species composition of phytoplankton at surface and a depth of 10 m, as well as that of water mass indicator organisms. Community analyses of similarity between stations were also carried out.

¹ IMARPE, DGIOCC, Laboratorio de Fitoplancton y Producción Primaria, soniasan@imarpe.gob.pe

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El Crucero de evaluación de recursos pelágicos fue realizado entre el 27 febrero y el 16 de abril del 2009, cubriendo hasta 200 mn desde la zona costera y desde Puerto Pizarro hasta Morro Sama, a bordo de los BIC Humboldt, José Olaya e Imarpe VI (Fig. 1).

Se recolectaron 98 muestras de superficie con red estándar de fitoplancton, en arrastres de 5 minutos a 3 nudos de velocidad. Las muestras fueron fijadas con formalina neutralizada siguiendo las pautas descritas en THRÖNDSSEN (1978). Para la determinación de volúmenes se siguió a UNESCO (1981).

Para los análisis semi-cuantitativos se consideraron los principales grupos del plancton (fitoplancton – zooplancton), otorgando a los organismos más representativos valores convencionales de acuerdo a su abundancia, siguiendo la metodología del Laboratorio de Fitoplancton y Producción Primaria del IMARPE.

Para el análisis cuantitativo se recolectaron 24 muestras de agua en los perfiles hidrográficos de Puerto Pizarro, Paita, Punta la Negra, Chicama, Atico e Ilo (Fig. 1). Estas muestras fueron recolectadas con botella Niskin a 10 m de profundidad. Para su análisis se siguió la metodología de UTERMÖHL (1958), cuyos resultados son expresados en $N^{\circ} \text{ cel} \times 10^3 \cdot L^{-1}$. Las muestras fueron preservadas en todos los casos con formalina neutralizada, siguiendo las pautas descritas en THRÖNDSSEN (1978).

En la determinación taxonómica de los diferentes organismos del fitoplancton se emplearon los trabajos de HUSTEDT (1930), CUPP (1943), HENDEY (1964), SOURNIA (1967), SCHILLER (1971) y SUNDSTRÖM (1986) llegando hasta especie en la mayoría de los casos.

Se calculó el índice de diversidad de Shannon y Weaver y se realizó un análisis de similaridad entre estaciones a 10 m de profundidad, empleándose la transformación $\text{Log}(x + 1)$ para la normalización de los valores de concentración celular (IBÁÑEZ & SEGUIN 1972). Se contó con el auxilio del programa Primer (ver. 64) y para las cartas de distribución se empleó Surfer (ver. 10).

2. MATERIAL AND METHODS

Between 27 February and 16 April 2009, the pelagic resource assessment cruise was carried out covering up to 200 nm from the coastal zone and from Puerto Pizarro to Morro Sama, on board R/V Humboldt, R/V José Olaya, and R/V IMARPE VI (Fig. 1).

A total of 98 surface samples were collected with standard phytoplankton net, in 5-minute trawls at a speed of 3 knots. The samples were fixed with neutralized formalin following the guidelines described by THRÖNDSSEN (1978). The determination of volumes has been described in previous assessments following to UNESCO (1981).

For the semi-quantitative analyses, the main plankton groups (phytoplankton - zooplankton) were considered, by giving the most representative organisms conventional values based on their abundance and following the methodology of the Laboratory of Phytoplankton and Primary Production of IMARPE.

For quantitative analysis, a total of 24 water samples were collected from the Puerto Pizarro, Paita, Punta la Negra, Chicama, Atico, and Ilo hydrographic profiles (Fig. 1). These samples were collected with a Niskin bottle at a depth of 10 m. For their analysis, the methodology of UTERMÖHL (1958) was followed, whose results are expressed in $N^{\circ} \text{ cell} \times 10^3 \cdot L^{-1}$. The samples were preserved in all cases with neutralized formalin, as described in THRÖNDSSEN (1978).

The works of HUSTEDT (1930), CUPP (1943), HENDEY (1964), SOURNIA (1967), SCHILLER (1971), and SUNDSTRÖM (1986) were used for the taxonomic determination of the different phytoplankton organisms, extending to species level in most cases.

The Shannon-Weaver index was estimated, and a similarity analysis was performed between stations at a depth of 10 m, using the Log transformation $(x + 1)$ for the normalization of cell concentration values (IBÁÑEZ & SEGUIN 1972). We were assisted by Primer software (ver. 64) and for plotting charts, we employed Surfer (ver. 10).

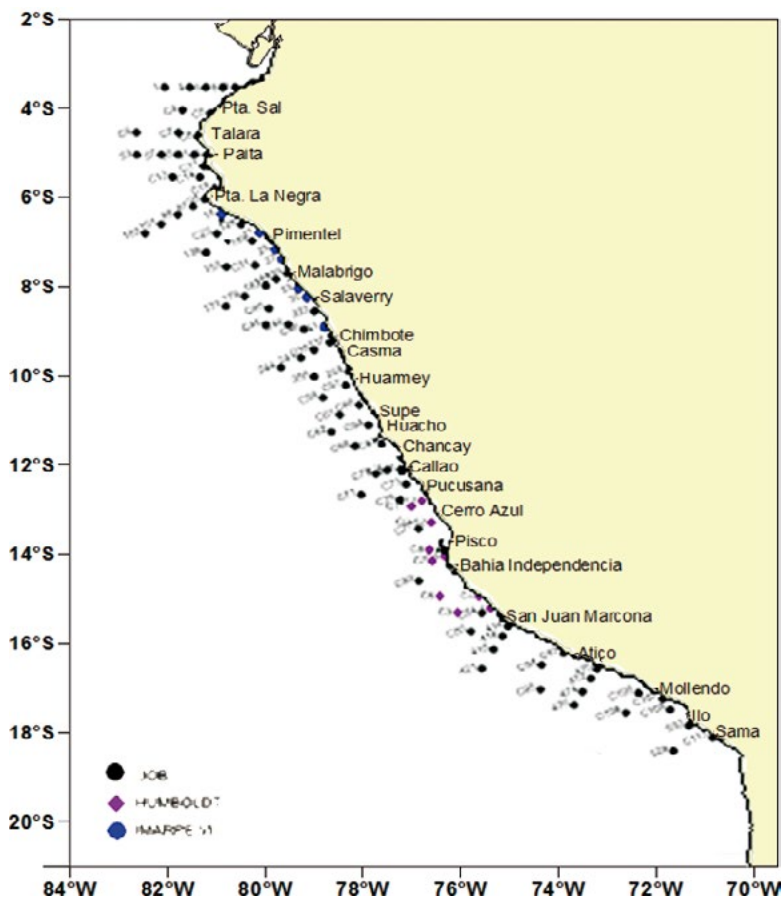


Figura 1.- Carta de posiciones. Cr. Evaluación Recursos Pelágicos 0902-03. BIC Olaya, Humboldt e Imarpe VI

Figure 1. Plotting chart. Pelagic Resources Assessment Cruise 0902-03. R/V Olaya, R/V Humboldt and Imarpe VI

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución de los volúmenes (mL/m³) y composición del fitoplancton en superficie

Los volúmenes de plancton fluctuaron entre 0,075 (Est. 474) y 7,243 mL.m⁻³ (Est. C15), el promedio general fue de 0,6 mL.m⁻³ (Fig. 2), valor que supera a lo registrado en el verano del 2008, cuando se obtuvo el promedio de 0,36 mL.m⁻³ (DELGADO *et al.* 2008). El 88% de los volúmenes de plancton registraron valores menores a 1,0 mL.m⁻³, mientras que el 71% presentaron valores menores a 0,5 mL.m⁻³, en esta evaluación la TSM fluctuó entre 14,9 y 27,5 °C.

El fitoplancton destacó en el 39% de las estaciones, principalmente dentro de las 30 mn de la costa, entre Punta Falsa y Punta Caballas. El zooplancton predominó en el 42% del área evaluada, fueron más abundante copépodos, nauplios y foraminíferos. El 20% restante fue compartido entre fito y zooplancton.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Distribution of volumes (mL/m³) and composition of surface phytoplankton

Plankton volumes ranged from 0.075 (Est. 474) to 7.243 mL.m⁻³ (Est. C15), the overall mean was 0.6 mL.m⁻³ (Fig. 2), a value that exceeds what was recorded in summer 2008, when a mean of 0.36 mL.m⁻³ was obtained (DELGADO *et al.* 2008). A total of 88% of plankton volumes had values lower than 1.0 mL.m⁻³, and 71% had values lower than 0.5 mL.m⁻³, in this assessment SST oscillated between 14.9° and 27.5 °C.

Phytoplankton stood out in 39% of the stations, mainly within 30 nm from the coast, between Punta Falsa and Punta Caballas. Zooplankton was predominant in 42% of the surveyed area, copepods, nauplii, and Foraminifera were more abundant. The remaining 20% was shared between phytoplankton and zooplankton.

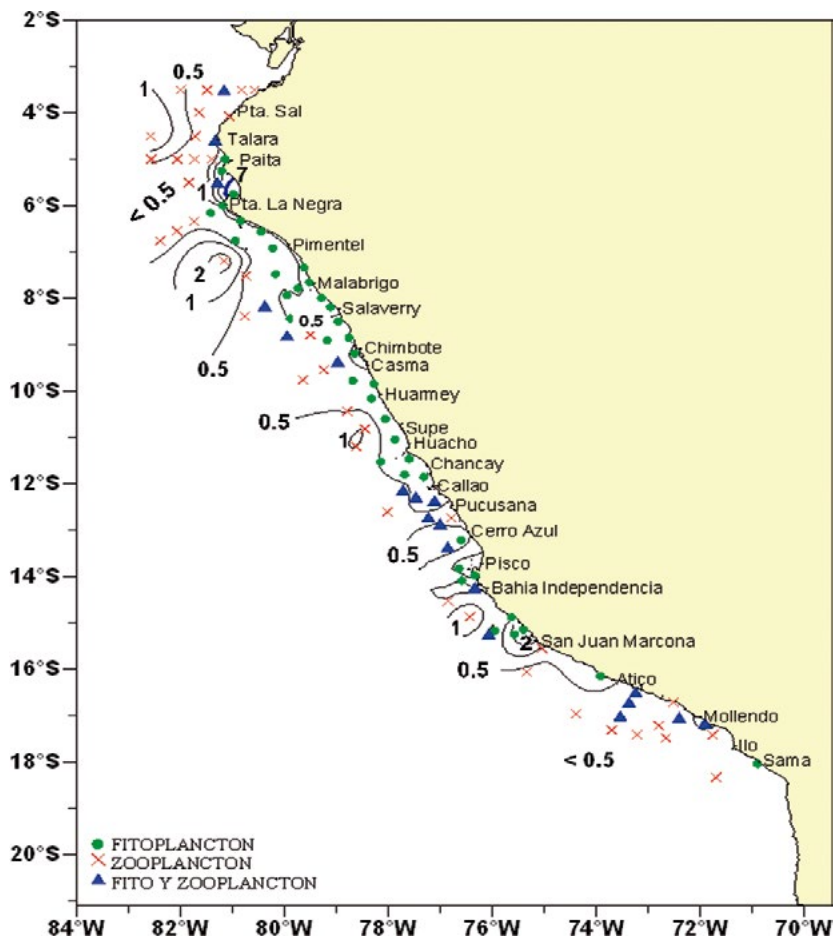


Figura 2.- Distribución de los volúmenes de plancton (mL/m³). Cr. Evaluación Recursos Pelágicos 0902-03. BIC Olaya, Humboldt e Imarpe VI

Figure 2. Distribution of plankton volumes (mL/m³). Pelagic Resources Assessment Cruise 0902-03. R/V Olaya, R/V Humboldt and Imarpe VI

Se registró un núcleo con alta concentración de biomasa planctónica >7,0 mL.m⁻³, compuesto por fitoplancton localizado entre Punta Gobernador y Punta Falsa (5 y 6°S). Núcleos mayores a 2 mL.m⁻³ fueron encontrados frente a Pimentel y San Juan de Marcona, mientras que núcleos mayores a 1 mL.m⁻³ se ubicaron en Talara, Paita, Supe y Bahía Independencia – Pisco. En el verano del 2008, el máximo valor de 2,72 mL.m⁻³ se registró entre Punta Falsa y Pimentel a 40 mn (DELGADO *et al.* 2008).

En el verano del 2004 y 2005, se observó disminución brusca del volumen promedio de plancton (mL.m⁻³) y de la predominancia del fitoplancton (%) con valores menores a 0,4 mL.m⁻³ y 50%, respectivamente (Fig. 3). A partir del 2006 se observaron ligeros incrementos del fitoplancton hasta el 2009 cuando superó el 30% de abundancia coincidiendo con la TSM que osciló de 15,60 a 27,78 °C.

A nucleus with a high concentration of planktonic biomass >7.0 mL.m⁻³, formed by phytoplankton located between Punta Gobernador and Punta Falsa (5 and 6°S), was recorded. Nuclei greater than 2 mL.m⁻³ were found off Pimentel and San Juan de Marcona, while nuclei greater than 1 mL.m⁻³ were located in Talara, Paita, Supe, and Independencia Bay - Pisco. In Summer 2008, the maximum value of 2.72 mL.m⁻³ was recorded between Punta Falsa and Pimentel at 40 nm (DELGADO *et al.* 2008).

In Summer 2004 and 2005, mean plankton volumes (mL.m⁻³) and phytoplankton predominance (%) were sharply reduced, with values less than 0.4 mL.m⁻³ and 50%, respectively (Fig. 3). From 2006, slight increases in phytoplankton were observed until 2009, when the abundance exceeded 30%, coinciding with the SST, which ranged from 15.60 °C to 27.78 °C.

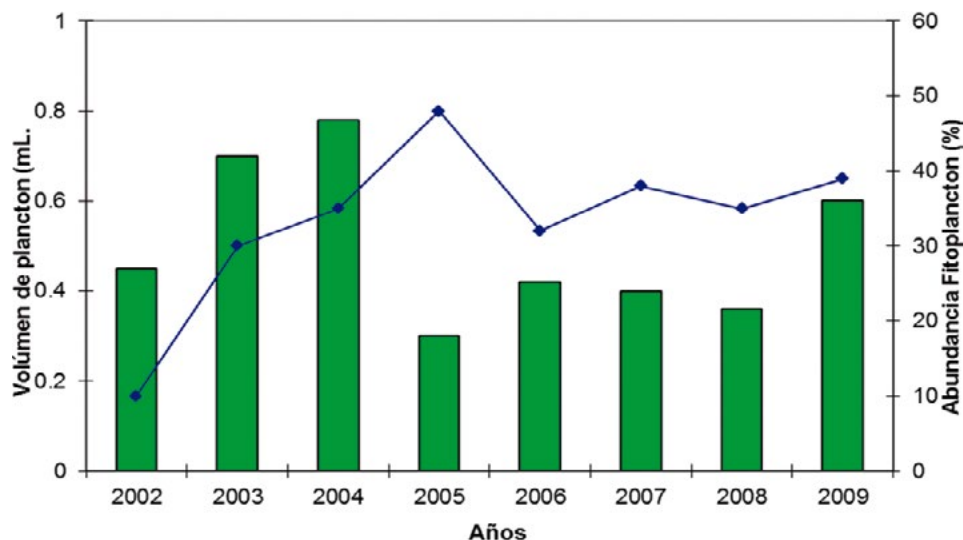


Figura 3.- Variación del volumen promedio de plancton y abundancia porcentual del fitoplancton entre 2002 y 2009. Cr. Evaluación Recursos Pelágicos 0902-03. BIC Olaya, Humboldt e Imarpe VI

Figure 3. Variation in mean plankton volume and percent abundance of phytoplankton between 2002 and 2009. Pelagic Resources Assessment Cruise 0902-03. R/V Olaya, R/V Humboldt and Imarpe VI

La composición espeiológica, se ha mantenido constante entre los años 2003 y 2009 predominando diatomeas de afloramiento costero y neríticas, sobre todo en la región centro-norte, a diferencia del año 2002 cuando se observaron especies termófilas (VILLANUEVA & SÁNCHEZ 2006).

En el 2009 el fitoplancton se caracterizó por presencia de especies de fases iniciales y avanzadas en la sucesión ecológica, destacando en el primer grupo *Chaetoceros debilis* Cleve; *Ch. lorenzianus* Grunow, *Ch. curvisetus* Cleve; *Ch. affinis* Lauder; *Ch. socialis* Lauder; *Detonula pumila* (Castracane); *Ch. compressus* Lauder; *Skeletonema costatum* (Greville) con abundancias relativas de abundante, localizadas principalmente frente a Paita, Chimbote, Pisco e Ilo. En el segundo grupo destacaron *Ceratium furca* Ehrenberg; *C. fusus* (Ehrenberg); *C. tripos* Nitzsch; *C. buceros* Zacharias; *Protopteridinium depressum* (Bailey) y *P. crassipes* (Kofoid), que por lo general estuvieron distribuidos a lo largo de todo el litoral y dentro de las 60 mn. Estuvieron presentes, en forma esporádica, especies de fases intermedias como *Actinocyclus* sp.; *Coscinodiscus perforatus* Cleve y Möller; *C. granii* Gough; *Lithodesmiun undulatum* Ehrenberg; *Thalassionema frauenfeldii* (Grunow) y *Th. nitzschoides* (Grunow) entre Pimentel y Malabrigo y entre Supe y Callao.

In terms of species composition, it remained constant between 2003 and 2009, with a predominance of coastal and neritic upwelling diatoms, mainly in the central-north region, while in 2002, thermophilic species were observed (VILLANUEVA & SÁNCHEZ 2006).

In 2009, phytoplankton was characterized by the presence of early- and advanced-stages species in ecological succession, with the first group being *Chaetoceros debilis* Cleve; *Ch. lorenzianus* Grunow, *Ch. curvisetus* Cleve; *Ch. affinis* Lauder; *Ch. socialis* Lauder; *Detonula pumila* (Castracane); *Ch. compressus* Lauder; *Skeletonema costatum* (Greville) which had relative abundances of abundant, primarily off Paita, Chimbote, Pisco, and Ilo. The second group included *Ceratium furca* Ehrenberg; *C. fusus* (Ehrenberg); *C. tripos* Nitzsch; *C. buceros* Zacharias; *Protopteridinium depressum* (Bailey), and *P. crassipes* (Kofoid), which were generally distributed along the entire coastline and within 60 nm. Sporadically, in association with this community, mid-stage species such as *Actinocyclus* sp.; *Coscinodiscus perforatus* Cleve and Möller; *C. granii* Gough; *Lithodesmiun undulatum* Ehrenberg; *Thalassionema frauenfeldii* (Grunow), and *Th. nitzschoides* (Grunow) were present between Pimentel and Malabrigo and between Supe and Callao.

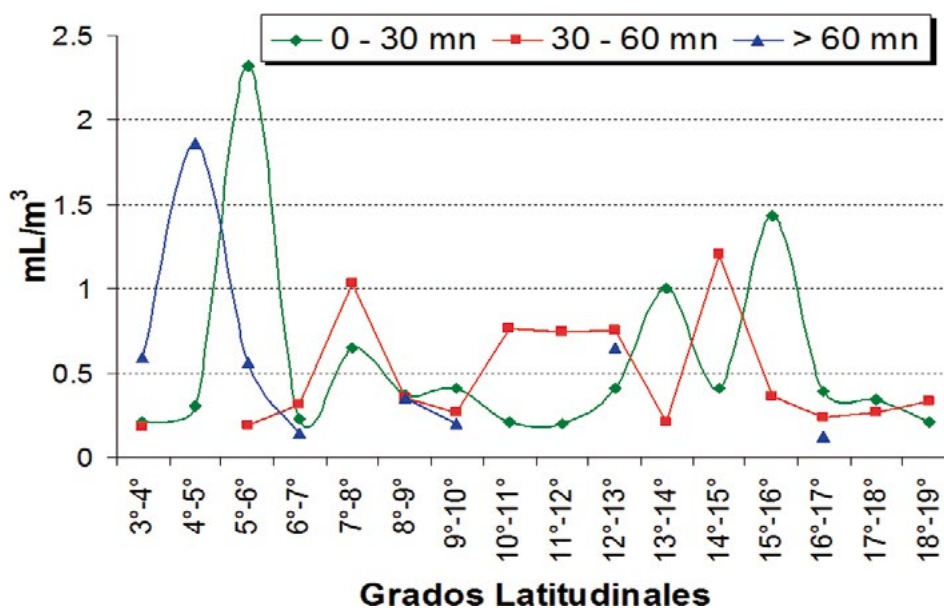


Figura 4.- Distribución latitudinal de volúmenes promedio de plancton (mL.m⁻³). Cr. Evaluación de Recursos Pelágicos 0902-03. BIC Olaya, Humboldt e Imarpe VI

Figure 4. Latitudinal distribution of mean plankton volumes (mL.m⁻³). Pelagic Resources Assessment Cruise 0902-03. R/V Olaya, R/V Humboldt and Imarpe VI

Las especies termófilas estuvieron presentes, destacando *Planktoniella sol* (Wallich); *Helicotheca tamensis* (Shrubsole); *Ceratium incisum* (Karsten), entre otros. Estos organismos estuvieron distribuidos principalmente al norte de Talara y por fuera de las 30 mn a lo largo del litoral.

Distribución isoparalitoral de los volúmenes promedio de plancton

Dentro de las 30 mn las mayores concentraciones de los volúmenes de plancton promedio, estuvieron localizadas entre 5 y 6°S, con un valor que superó 2 mL.m⁻³, seguido de un segundo pico de más de 1 mL.m⁻³ entre 15 y 16°S.

Entre 30 y 60 mn las mayores concentraciones promedio se presentaron entre 14 y 15°S, con un pico que superó 1,0 mL.m⁻³; por fuera de 60 mn las concentraciones promedio fueron menores a 1 mL.m⁻³, a excepción de un pico localizado entre 4 y 5°S que superó 1,5 mL.m⁻³ (Fig. 4).

Al igual que en el año 2008, las mayores concentraciones planctónicas en el 2009 se localizaron al norte entre 3 y 6°S, registrándose en menor proporción al sur, entre 14 y 16°S, concentraciones superiores a 1 mL.m⁻³.

Thermophilic species were present, including *Planktoniella sol* (Wallich); *Helicotheca tamensis* (Shrubsole); *Ceratium incisum* (Karsten), among others. These organisms were distributed mainly north of Talara and outside 30 nm along the coast.

Isoparalittoral distribution of mean plankton volumes

Within 30 nm, the highest concentrations of mean plankton volumes were located between 5° and 6°S, showing a value that exceeded 2 mL.m⁻³, followed by a second peak of more than 1 mL.m⁻³ between 15 and 16°S.

Between 30-60 nm, the highest mean concentrations occurred between 14° and 15° S, with a peak that exceeded 1.0 mL.m⁻³, while outside 60 nm, the mean concentrations were generally less than 1 mL.m⁻³, except for a peak located between 4 and 5° S that exceeded 1.5 mL.m⁻³ (Fig. 4).

As in 2008, the highest planktonic concentrations in 2009 were located to the north between 3 and 6°S, with a lower proportion in the south, between 14 and 16°S, concentrations higher than 1 mL.m⁻³.

Distribución de las concentraciones de fitoplancton (N° cel $\times 10^3 L^{-1}$) a 10 m de profundidad

En el análisis cuantitativo se determinaron 144 especies: 74 diatomeas, 55 dinoflagelados, 2 silicoflagelados, 9 coccolitofóridos y 4 fitoflagelados.

Las concentraciones del fitoplancton total fluctuaron entre 9.720 cel. L^{-1} por fuera de 60 mn y más de 2.000 $\times 10^3$ cel. L^{-1} en Punta la Negra (Punta Falsa) y Chicama. Dentro de 30 mn al norte del litoral; el promedio fue de 345 $\times 10^3$ cel. L^{-1} (Fig. 5).

Distribution of phytoplankton concentrations (N° cel $\times 10^3 L^{-1}$) at a depth of 10 m

In the quantitative analysis, a total of 144 species were determined; 74 diatoms, 55 dinoflagellates, 2 silicoflagellates, 9 coccolithophores, and 4 phytoflagellates.

The concentrations of total phytoplankton oscillated between 9,720 cells L^{-1} outside 60 nm and more than 2,000 $\times 10^3$ cells L^{-1} in Punta la Negra (Punta Falsa) and Chicama, within 30 nm north of the coast; the mean was 345 $\times 10^3$ cells L^{-1} (Fig. 5).

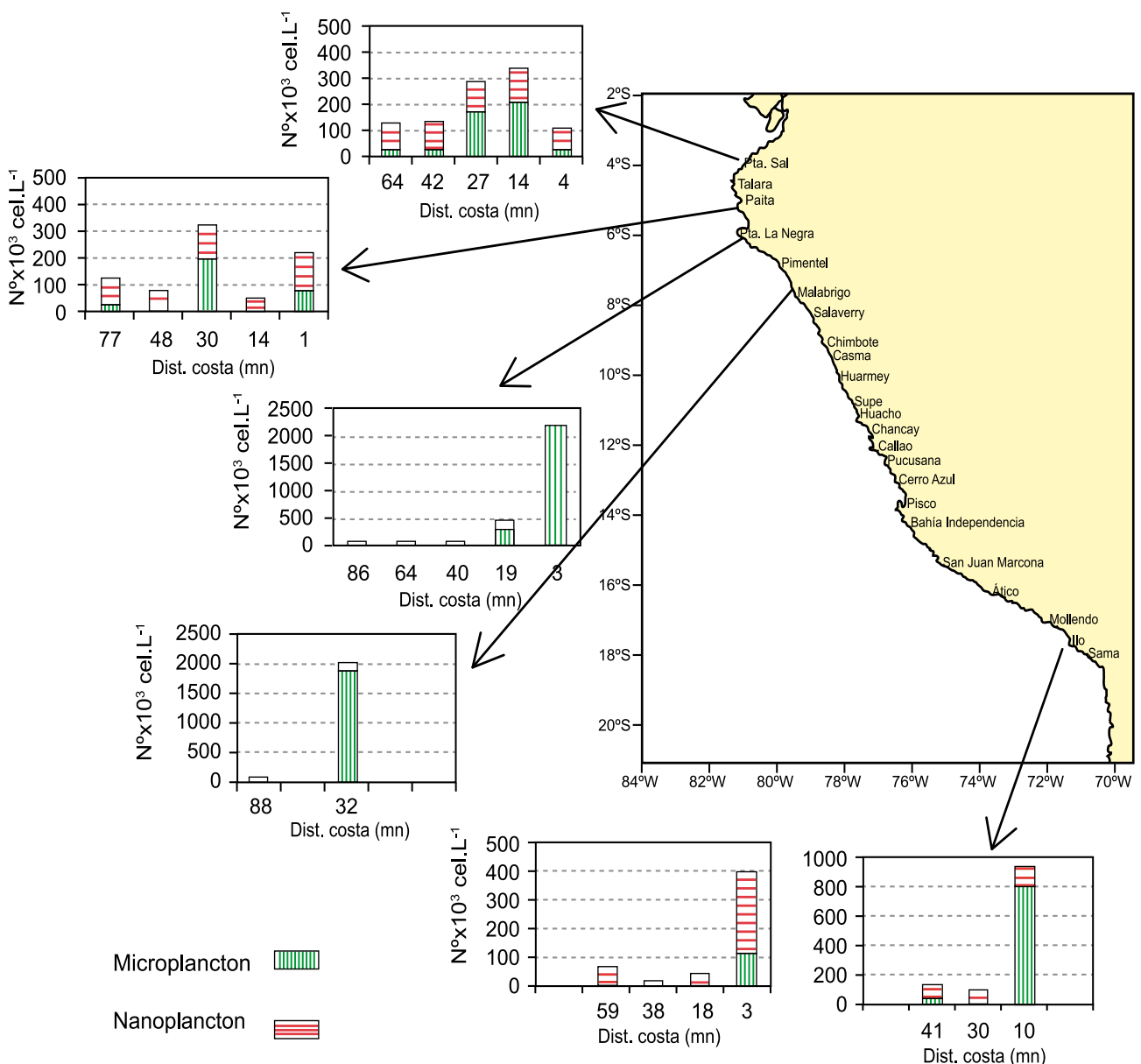


Figura 5.- Distribución del microplankton y nanoplankton en los perfiles hidrográficos de: Puerto Pizarro, Paita, Punta la Negra, Chicama, Atico e Ilo. Cr. Recursos Pelágicos 0902. BIC Olaya, Humboldt e Imarpe VI

Figure 5. Distribution of microplankton and nanoplankton in hydrographic profiles of: Puerto Pizarro, Paita, Punta la Negra, Chicama, Atico, and Ilo. Pelagic Resources Cruise 0902. R/V Olaya, R/V Humboldt, and Imarpe VI

El nanofitoplancton (cocolitofóridos y fitoflagelados) fue el grupo dominante en toda el área muestreada a diferencia del microfitoplancton (diatomeas, dinoflagelados y silicoflagelados) que solo dominó en 29% del área. En el primer grupo destacaron los flagelados pequeños, que alcanzaron densidades altas de hasta 269×10^3 cel. L^{-1} , localizado cerca de la costa (3 mn) frente a Atico y otras menores a 149×10^3 cel. L^{-1} localizadas entre 10 y 32 mn, en los demás perfiles.

En el microfitoplancton, las diatomeas fueron el grupo dominante dentro de las 30 mn, con núcleos importantes frente a Chicama (1.779×10^3 cel. L^{-1}) y Punta La Negra (2.156×10^3 cel. L^{-1}). Estos valores disminuyeron conforme se alejaron de la costa.

Las especies de diatomeas más importantes fueron *Chaetoceros compressus*, *Ch. debilis*, *Ch. curvisetus* y *Guinardia delicatula* (Cleve), entre otras. Los dinoflagelados, cocolitofóridos y silicoflagelados mostraron menores concentraciones celulares.

La comunidad fitoplanctónica se encontró en las primeras fases de la sucesión ecológica, destacando especies de afloramiento dentro de las 30 mn en los perfiles de Punta Falsa y Chicama, sobresaliendo *Skeletonema costatum* (1.252×10^3 cel. L^{-1}), *Chaetoceros socialis* (382×10^3 cel. L^{-1}), *Ch. debilis* (199×10^3 cel. L^{-1}), *Ch. compressus* (178×10^3 cel. L^{-1}) y *Detonula pumila* (358×10^3 cel. L^{-1}). La especie representante de los dinoflagelados fue *Gymnodinium* sp. (78×10^3 cel. L^{-1}) por fuera de las 60 mn frente a Chicama. Entre el nanofitoplancton se detectaron flagelados en todas las estaciones, con densidades menores a 267×10^3 cel. L^{-1} , seguidos de varias especies de cocolitoforidos y *Leucocryptos marina* (Braarud) con 30×10^3 y 23×10^3 cel. L^{-1} por fuera de 30 y 20 mn frente a Ilo y Punta Falsa, respectivamente.

Análisis de diversidad (H'), Equidad (J') y comunitario (Bray Curtis) a 10 m de profundidad

En la Tabla 1 se observan los resultados de cada uno de los índices. Diversidad y Equidad alcanzaron los valores más altos en las estaciones más costeras. Con respecto al número de especies se observó variación entre 5 a 63 especies en Chicama, estación donde se obtuvo la máxima H' y J' (Tabla 1). El análisis comunitario en modo Q distinguió una similitud de 30% y la formación de dos grupos, a excepción de la Est. 103 (Fig. 6).

Nanophytoplankton (coccolithophores and phytoflagellates) was the dominant group in the whole sampled area, unlike microphytoplankton (diatoms, dinoflagellates, and silicoflagellates), which was dominant only in 29% of the area. In the first group, small flagellates predominated, reaching high densities of up to 269×10^3 cells. L^{-1} , located near the coast (3 nm) off Atico and others lower than 149×10^3 cel. L^{-1} located between 10 and 32 nm, in the other profiles.

In microphytoplankton, diatoms were the dominant group within 30 nm, with two important nuclei off Chicama and Punta La Negra with 1,779 and 2,156 $\times 10^3$ cells. L^{-1} , respectively. These values decreased as they moved away from the coast.

The most important diatomaceous species were *Chaetoceros compressus*, *Ch. debilis*, *Ch. curvisetus*, and *Guinardia delicatula* (Cleve), to name a few. Dinoflagellates, coccolithophores, and silicoflagellates showed lower cell concentrations.

The phytoplankton community was found in the first stages of the ecological succession, with abundant upwelling species within 30 nm in the Punta Falsa and Chicama profiles, with *Skeletonema costatum* (1.252×10^3 cel. L^{-1}), *Chaetoceros socialis* (382×10^3 cel. L^{-1}), *Ch. debilis* (199×10^3 cel. L^{-1}), *Ch. compressus* (178×10^3 cel. L^{-1}), and *Detonula pumila* (358×10^3 cel. L^{-1}) being the most representative ones. The representative species of the dinoflagellates was *Gymnodinium* sp. (78×10^3 cel. L^{-1}) outside 60 mn off Chicama. Among the nanophytoplankton, flagellates were detected in all stations, with densities lower than 267×10^3 cel. L^{-1} , followed by several species of coccolithophores and marine *Leucocryptos marina* (Braarud) with 30×10^3 and 23×10^3 cel. L^{-1} outside 30 and 20 nm off Ilo and Punta Falsa, respectively.

Diversity (H'), Equity (J') and Community (Bray Curtis) analysis at a depth of 10 m

Table 1 shows the results for each of the indices. Diversity and Equity reached the highest values in the most coastal stations. Regarding the number of species, a variation between 5 and 63 species was observed in Chicama, where the maximum H' and J' was obtained (Table 1). The community analysis in Q mode detected a similarity of 30% and the formation of two groups, except for Sta. 103 (Fig. 6).

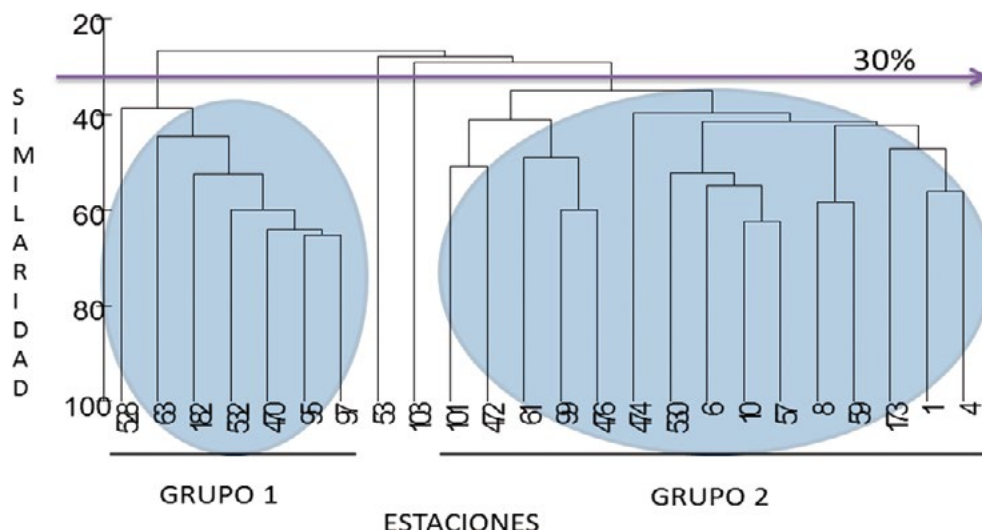


Figura 6.- Dendrograma de similaridad de Bray Curtis entre las estaciones. Cr. Ev. Recursos Pelágicos 0902-03. BIC José Olaya, Humboldt e Imarpe VI

Figure 6. Bray Bray-Curtis similarity dendrogram between stations. Pelagic Resources Assessment Cruise 0902-03. R/V José Olaya, R/V Humboldt and Imarpe VI

Tabla 1.- Análisis de diversidad (H'), equidad (J') y riqueza de especies del fitoplancton a 10 m de profundidad. Cr. Recursos Pelágicos 0902. BIC José Olaya, Humboldt e Imarpe VI

Table 1. Diversity (H'), equity (J') and species richness of phytoplankton at a depth of 10 m. Pelagic Resources Cruise 0902. R/V José Olaya, R/V Humboldt and Imarpe VI

Perfil / Profile	Estación / Station	Dist a costa (mn) Dist. from the coast (nm)	Nº especies (S)	Abundancia (Nº cel.L ⁻¹) Abundance	Riqueza (Richness)	Equidad J' (Equity)	Diversidad H' (Diversity)
Pto. Pizarro	10	4	18	101340	1,47	0,38	1,58
	8	14	26	332020	1,97	0,27	1,25
	6	27	17	282820	1,27	0,40	1,64
	4	42	13	128120	1,02	0,21	0,78
	1	64	21	125160	1,70	0,38	1,68
Paita	63	1	32	2164440	2,52	0,36	1,82
	61	14	5	44080	0,37	0,14	0,33
	59	30	31	321140	2,37	0,34	1,69
	57	48	20	69020	1,71	0,43	1,86
	53	77	18	115180	1,46	0,28	1,18
Pta. La Negra	95	3	56	2230540	3,76	0,39	2,27
	97	19	42	450760	3,15	0,41	2,20
	99	40	7	44380	0,56	0,28	0,78
	101	64	14	60500	1,18	0,21	0,80
	103	86	20	41840	1,79	0,25	1,09
Chicama	182	32	63	2012180	4,27	0,61	3,64
	172	88	12	42120	1,03	0,26	0,93
Atico	470	3	49	398340	3,72	0,34	1,92
	472	18	14	40740	1,22	0,18	0,67
	474	38	18	9720	1,85	0,42	1,74
	476	59	9	64840	0,72	0,19	0,59
Ilo	532	10	54	938120	3,85	0,53	3,03
	530	30	20	95840	1,66	0,35	1,52
	528	41	29	132140	2,37	0,34	1,63
Promedio / Mean			25		1,96	0,33	1,53

El grupo 1, abarcó las estaciones costeras de Punta La Negra, Chicama, Atico e Ilo y la más oceánica de Paita. La mayor abundancia promedio fue $896 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$ y la riqueza de especies fue superior a 40 especies.

El grupo 2, reunió el mayor número de estaciones, localizadas por fuera de las 30 mn a excepción de Puerto Pizarro y Paita. Este grupo reportó bajas densidades celulares, en promedio ($118 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$), además de presentar riqueza de especies menor a 30 especies.

Las estaciones 53 y 103, no fueron consideradas en ninguno de los dos grupos, estuvieron localizadas por fuera de las 70 mn frente a Paita y Punta La Negra.

Group 1 included the coastal stations of Punta La Negra, Chicama, Atico, and Ilo and the most oceanic station of Paita. The highest mean abundance was $896 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$ and species richness was greater than 40 species.

Group 2 had the largest number of stations, which were located mainly outside 30 nm except for Puerto Pizarro and Paita. This group reported low cell densities, on average ($118 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$), in addition to presenting species richness lower than 30 species.

Stations 53 and 103, which were not considered in either group, were located outside 70 nm off Paita and Punta La Negra.

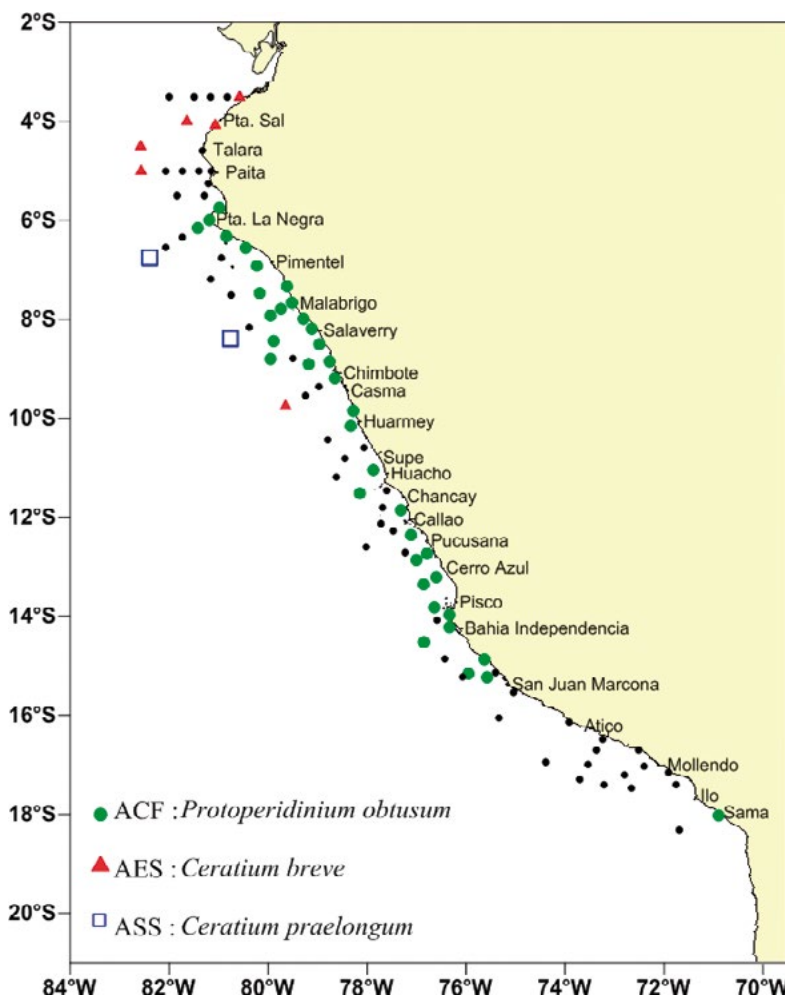


Figura 7.- Distribución de indicadores biológicos de masas de agua. Cr. Evaluación de Recursos Pelágicos 0902-03. BIC José Olaya, Humboldt e Imarpe VI

Figure 7. Distribution of indicator organisms of water masses. Pelagic Resources Assessment Cruise 0902-03. R/V José Olaya, R/V Humboldt, and Imarpe VI

Distribución de organismos indicadores de masas de agua

Ceratium breve (AES) se registró al norte, desde Punta Sal hasta Paita, por fuera de las 30 mn. Latitudinalmente, se observó un desplazamiento inusual hacia el sur, localizándose frente a Chimbote por fuera de las 30 mn, asociado a TSM superior a 24 °C.

Protoperidinium obtusum (ACF) estuvo mayormente en la zona costera (dentro 30 mn) desde Punta La Negra hasta San Juan de Marcona, fue reportado esporádicamente a distancias >60 mn de la costa frente a Salaverry, asociado a TSM de 20 °C y salinidades menores a 35,1 ups (Fig. 7).

Ceratium praelongum (ASS) estuvo distribuido al norte, por fuera de las 60 mn en el perfil de Punta La Negra y Malabrigo.

En el verano del 2008 *P. obtusum* (ACF) se registró desde Punta Falsa hasta Ilo (30 mn), *C. praelongum* y *C. incisum* (ASS) frente a Punta Falsa, San Juan (60 mn) y en Atico hasta las 120 mn y *C. breve* (AES) distribuido hasta 120 mn y al norte de los 10°S con un acercamiento máximo a costa entre Puerto Pizarro y Punta Falsa (DELGADO *et al.* 2008).

4. CONCLUSIONES

El promedio de biomasa planctónica fue 0,6 mL.m⁻³. El fitoplancton destacó en el 39% de las estaciones, entre Punta Falsa y Punta Caballas y dentro de las 30 mn de la costa.

El fitoplancton se caracterizó por presencia de especies de fases iniciales y avanzadas en la sucesión ecológica, destacando en el primer grupo *Chaetoceros debilis*, *Ch. lorenzianus*, *Ch. curvoisetus*, *Ch. affinis*, *Ch. socialis*, *Detonula pumila*, *Ch. compressus*, *Skeletonema costatum*.

Ceratium breve (AES) se registró al norte desde Punta Sal a Paita fuera de las 30 mn, con un desplazamiento inusual hacia el sur frente a Chimbote y también fuera de las 30 mn. *Protoperidinium obtusum* (ACF) se localizó mayormente en la zona costera (dentro de las 30 mn) desde Punta La Negra hasta San Juan de Marcona, mientras que *C. praelongum* (ASS) estuvo al norte por fuera de las 60 mn en el perfil de Punta La Negra y Malabrigo.

Distribution of indicator organisms of water masses

Ceratium breve (SEW) was recorded to the north from Punta Sal to Paita, outside 30 nm. At latitude level, an unusual displacement towards the south was observed, located off Chimbote, outside 30 nm and which were associated with SST above 24 °C.

Protoperidinium obtusum (CCW) was mostly in the coastal zone (within 30 nm) from Punta La Negra to San Juan de Marcona, it was sporadically reported at distances >60 nm from the coast off Salaverry and it was associated with SST of 20 °C and salinities lower than 35.1 ups (Fig. 7).

Ceratium praelongum (SSW) was generally distributed north of 60 nm in the Punta La Negra and Malabrigo profiles.

In Summer 2008, *P. obtusum* (CCW) was recorded from Punta Falsa to Ilo (30 nm), *C. praelongum* and *C. incisum* (SSW) were present off Punta Falsa, San Juan (60 nm), and in Atico up to 120 nm and *C. breve* (SEW) was distributed up to 120 nm and north of 10°S with a maximum approximation to the coast between Puerto Pizarro and Punta Falsa (DELGADO *et al.* 2008).

4. CONCLUSIONS

The mean planktonic biomass was 0.6 mL.m⁻³. Phytoplankton stood out in 39% of the stations, between Punta Falsa and Punta Caballas and within 30 nm from the coast.

Phytoplankton was characterized by the presence of early- and advanced-stages species in ecological succession, the first group included *Chaetoceros debilis*, *Ch. lorenzianus*, *Ch. curvoisetus*, *Ch. affinis*, *Ch. socialis*, *Detonula pumila*, *Ch. compressus*, *Skeletonema costatum*.

Ceratium breve (SEW) was recorded to the north from Punta Sal to Paita outside 30 nm, with an unusual southward displacement off Chimbote and outside 30 nm. *Protoperidinium obtusum* (CCW) was located mostly in the coastal zone (within 30 nm) from Punta La Negra to San Juan de Marcona, while *C. praelongum* (SSW) was to the north outside 60 nm in the Punta La Negra and Malabrigo profiles.

Agradecimientos

Las autoras desean expresar su agradecimiento al personal del Laboratorio de Fitoplancton y Producción Primaria por el apoyo brindado en el análisis de las muestras y elaboración de gráficos.

Acknowledgments

The authors would like to thank the staff of the Laboratory of Phytoplankton and Primary Production for their support in the analysis of samples and elaboration of graphs.

5. REFERENCIAS / REFERENCES

- CUPP E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bull. Scripps it Oceangr. 5: 1-237.
- DELGADO E, CHANG F, BERNALES A. 2008. El fitoplancton del mar peruano durante el verano 2008. Crucero BIC J. Olaya y SNP-2 0802-04. Informe Interno del Área de Fitoplancton y Producción Primaria.
- 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 Berücksichtigung der ubrigen Lander Europas sowie der angrenzenden Meerresgebiete. In: L. Rabenhorst (ed) Kryptogamenflora von Deutschland, Osterreich und der Schweiz. 1 Teil. Akat. Verlagsges. Leipzig. Reprint Johnson Rep. Goop, New York 1971. 920 pp.
- IBÁÑEZ F, SEGUIN F. 1972. Étude du cycle du zooplancton d'Abidjan. Comparaison de plusieurs méthodes d'analyses multi variables: composantes principales. Inv. Pesq. 36: 81 - 108.
- MORÓN O, FLORES R, GARCÍA W, QUISPE J, TENORIO J. 2011. Aspectos oceanográficos en el invierno 2008: Crucero pelágico BIC Humboldt 0806-07. Inf Inst Mar Perú. 38(1): 153 - 164.
- SCHILLER J. 1971. Dinoflagellatae (Peridinea) in monographischer Behandlung.1 Teil. In: 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* (Peridinien Planctonique) dans le Canal de Mozambique. Contribution a une révision mondiale. Vie et Milieu. 18(2A-A): 375 - 580.
- SUNDSTRÖM B. 1986. The marine diatom genus *Rhizosolenia*. A new approach to the taxonomy. Lund, Sweden. 196 pp.
- THRÖNSEN J. 1978. Preservation and storage. In: A. Sournia (Ed.) Phytoplankton manual. UNESCO, París. 69 - 74 pp.
- UNESCO. 1981. Programa de plancton para el Pacífico Oriental. Informes de la UNESCO sobre ciencias del mar. 11: 25 - 26.
- UTERMÖHL H. 1958. Zur Vervollkommnung der Quantitativen Phytoplankton methodik Mitt. Inter. Ver. Limnol. 9: 1-38.
- VILLANUEVA P, SÁNCHEZ S. 2006. La comunidad fitoplanctónica en el mar peruano durante el verano 2002. Inf Inst Mar Perú. 33(3): 117 - 122.