

BOLETÍN

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458-7766

VOLUMEN 34, Número 1



Enero - Junio 2019
Callao, Perú



PERÚ

Ministerio
de la Producción

EL FITOPLANCTON EN EL MAR PERUANO A FINES DE PRIMAVERA DEL 2008. EVALUACIÓN DE RECURSOS PELÁGICOS, CRUCERO 0811-12

PHYTOPLANKTON IN THE PERUVIAN SEA IN LATE SPRING 2008. PELAGIC RESOURCE ASSESSMENT, CRUISE 0811-12

Flor Chang¹Elcira Delgado²Aoy Bernales¹

RESUMEN

CHANG F, DELGADO E, BERNALES A. 2019. El fitoplancton en el mar peruano a fines de primavera del 2008. Evaluación de recursos pelágicos, Crucero 0811-12. Bol Inst Mar Perú. 34(1): 35-48.- Se recolectaron 76 muestras utilizando una red de fitoplancton y 33 con botellas Niskin. Los volúmenes de plancton fluctuaron entre 0,08 y 10,7 mL.m⁻³, con media de 1,02 mL.m⁻³. El fitoplancton estuvo restringido a 30 mn desde Pimentel hasta Atico y 200 mn frente a Pacasmayo. Estuvo conformado por diatomeas de fases tempranas e intermedias de la sucesión ecológica. Latitudinalmente, el mayor valor promedio fue localizado entre 6 y 7°S y dentro de 30 mn. Otros valores importantes fueron localizados entre 30 y 60 mn. Cuantitativamente, la mayor concentración estuvo en Chimbote (16.390 x10³ cel.L⁻¹) y la menor en Paita (33 x10³ cel.L⁻¹) con importante representatividad del nanoplancton. El ANOVA de dos vías, reportó diferencias significativas entre los volúmenes de plancton de acuerdo a distancias de costa (P<0,002; F= 8,53). La distribución de los indicadores biológicos denotó desplazamiento inusual de *Ceratium breve* var. *schmidtii* (AES) frente a Punta La Negra. *Protoperidinium obtusum* (ACF) estuvo restringido a la franja costera (20 mn) su distribución aumentó frente a Salaverry y Pacasmayo, *Ceratium praelongum* estuvo costero frente a Paita y asociado a AES más allá de 60 mn en Punta La Negra y frente a San Juan por fuera de 90 mn.

PALABRAS CLAVE: fitoplancton, nanoplancton, microplancton, primavera 2008

ABSTRACT

CHANG F, DELGADO E, BERNALES A. 2019. Phytoplankton in the Peruvian sea in late spring 2008. Pelagic resource assessment, Cruise 0811-12. Bol Inst Mar Peru. 34(1): 35-48.- 76 samples were collected using a network of phytoplankton and 33 were collected with Niskin bottles. Plankton volumes ranged between 0.08 and 10.7 mL.m⁻³, with a mean of 1.02 mL.m⁻³. Phytoplankton was restricted to 30 nm from Pimentel to Atico and 200 nm off Pacasmayo. It was formed by diatoms of early and intermediate stages of ecological succession. The highest mean value was latitudinally located between 6 and 7°S and within 30 nm, while other important values were located between 30 and 60 nm. In terms of quantity, the highest concentration was in Chimbote (16.390 x10³ cel.L⁻¹) and the lowest in Paita (33 x10³ cel.L⁻¹) with important representation of nanoplankton. The two-way ANOVA showed significant differences between plankton volumes based on coastal distances (P<0.002; F=8.53). The distribution of biological indicators evidenced the unusual displacement of *Ceratium breve* var. *schmidtii* (SEW) off Punta La Negra. *Protoperidinium obtusum* (CCW) was limited to the coastal strip (20 nm) and its distribution increased off Salaverry and Pacasmayo, while *Ceratium praelongum* was coastal off Paita and it was associated with SEW beyond 60 nm at Punta La Negra and off San Juan, outside 90 nm.

KEYWORDS: phytoplankton, nanoplankton, microplankton, spring 2008

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de los lineamientos de la política institucional, el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) orienta sus esfuerzos a realizar investigaciones multidisciplinarias de los recursos que sustentan las pesquerías, con el fin de proporcionar bases científicas y técnicas para la explotación óptima y sustentable de los recursos pesqueros. La especie más importante de la pesquería pelágica en el Perú es la anchoveta (*Engraulis ringens* J.), constituyendo una de las pesquerías más trascendentales del mundo por la magnitud de sus desembarques.

1. INTRODUCTION

As part of the institutional policy guidelines, the Instituto del Mar del Perú (IMARPE) - Alternative: Peruvian Marine Research Institute-, directs its efforts to carry out multidisciplinary research on the resources that sustain the fisheries, with the aim of providing scientific and technical bases for the optimal and sustainable exploitation of such fishery resources. The most significant species in the Peruvian pelagic fishery is the anchoveta (*Engraulis ringens* J.), constituting one of the most important fisheries in the world due to the magnitude of its landings.

1 IMARPE, DGIICC, Laboratorio de Fitoplancton y Producción Primaria. fchang@imarpe.gob.pe

En este estudio damos a conocer los resultados obtenidos a fines de la primavera 2008, relacionados con la concentración de biomasa planctónica en superficie, composición y distribución del fitoplancton de red, densidades celulares a 10 m de profundidad y distribución de organismos fitoplanctónicos asociados a diferentes masas de agua.

In this paper, we present the results obtained at the end of spring 2008, related to the concentration of plankton biomass on the surface, composition and distribution of net phytoplankton, cell densities at a depth of 10 m and distribution of phytoplankton organisms associated with different water masses.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Entre el 21 de noviembre y 24 de diciembre del 2008 a bordo de los BIC Humboldt y Olaya, se realizó el crucero de recursos pelágicos que comprendió el área de Paita a Ilo y desde la línea costera hasta 300 mn (Fig. 1), recolectándose 109 muestras para los análisis semicuantitativos y cuantitativos.

2. MATERIAL AND METHODS

Between November 21 and December 24, 2008, a pelagic resource cruise was carried out aboard the R/V Humboldt and R/V Olaya, which covered the area from Paita to Ilo and from the coastline up to 300 nm (Fig. 1). A total of 109 samples were collected for semi-quantitative and quantitative analyses.

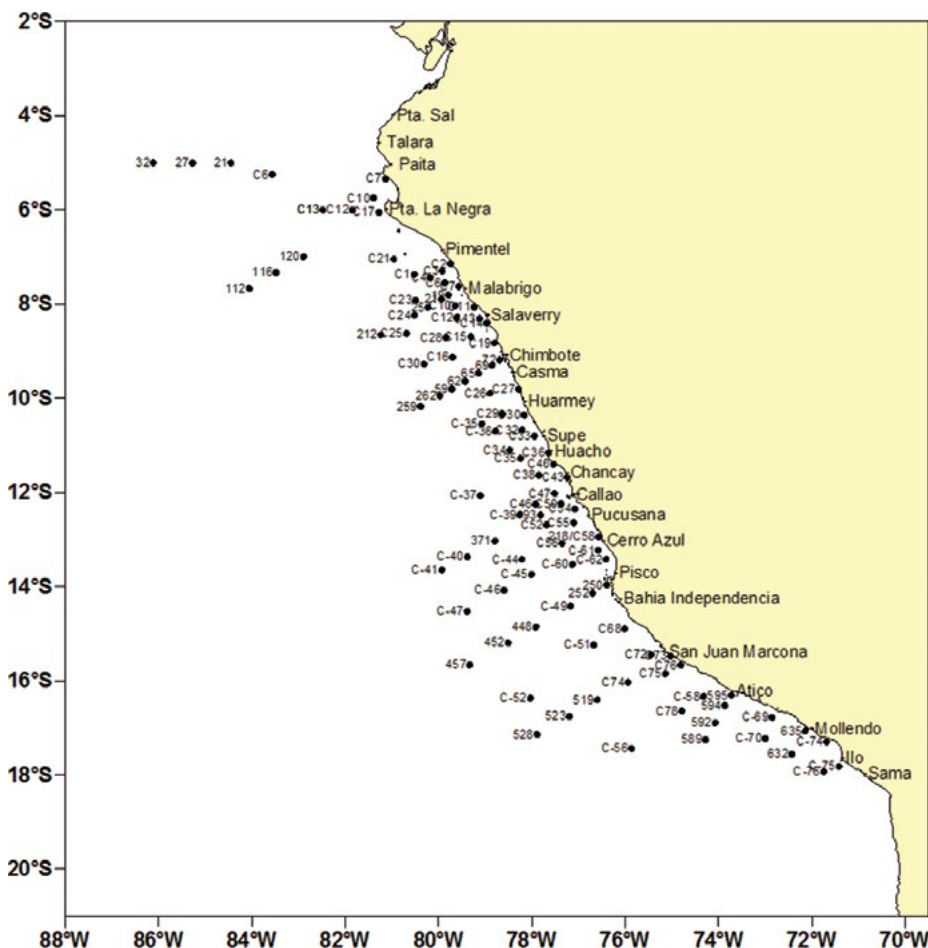


Figura 1.- Carta de posiciones. Cr. Evaluación de Recursos Pelágicos 0811-12. BIC Humboldt y Olaya

Figure 1. Plotting chart. Pelagic Resources Assessment Cruise 0811-12. R/V Humboldt and R/V Olaya

Semicuantitativamente se examinaron 76 muestras de superficie, recolectadas con red estándar de fitoplancton durante 5 minutos a 3 nudos de velocidad. La metodología empleada en la obtención de los volúmenes de plancton se basa en UNESCO (1981). Las muestras de red fueron analizadas considerando los principales grupos del plancton, otorgando a los organismos más representativos valores convencionales de acuerdo a su abundancia, según metodología del IMARPE.

En el segundo caso, cuantitativamente, analizamos 33 muestras de agua, recolectadas con botellas Niskin a 10 m de profundidad, en los perfiles hidrográficos de Paita, Punta la Negra, Chicama, Chimbote, Callao, Pisco, San Juan y Atico. Para el análisis se siguió la metodología de UTERMÖHL (1958), cuyos resultados son expresados en $N^{\circ} \times 10^3$ cel.L⁻¹. En todos los casos las muestras fueron preservadas con formalina neutralizada, siguiendo las pautas descritas en THRÖNDSSEN (1978).

Para la determinación taxonómica de los diferentes organismos del fitoplancton se consultaron los trabajos de HUSTEDT (1930), CUPP (1943), HENDEY (1964), SOURNIA (1967), SCHILLER (1933, 1937), SUNDSTRÖM (1986), BALECH (1988), HASLE & SYVERTSEN (1996) y STEIDINGER & TANGEN (1996).

Se aplicó un ANOVA de dos vías para determinar si existen diferencias significativas entre los volúmenes de plancton recolectados a diferentes distancias de costa (DC): 0-30, 30-60, >60 y en distintas áreas (norte, centro y sur).

Para complementar estos estudios, calculamos el índice de diversidad de SHANNON-WEAVER (1963) cuyos resultados son expresados en bits.cel⁻¹. Así mismo, efectuamos un análisis de clasificación numérica en modo Q (entre estaciones) para el establecimiento de las comunidades. Utilizamos datos de abundancia con transformación logarítmica: $y = \log(x+1)$, eliminando aquellas especies con bajas abundancias y frecuencias (índices biológicos menores a 0,005%). Los cálculos fueron realizados con el programa PRIMER (IOC 1993) usando el índice de similitud de Bray Curtis y el método de agrupación del grupo par con promedio aritmético ponderado (UPGMA), representando los resultados en forma de dendrograma de similitud.

A semi-quantitative analysis of 76 surface samples, which were collected with a standard phytoplankton net for 5 minutes at a speed of 3 knots, was carried out. The methodology used to obtain plankton volumes is based on UNESCO (1981). Net samples were analyzed considering the main plankton groups, giving the most representative organisms conventional values based on their abundance, according to IMARPE methodology.

In the second case, we analyzed, on a quantitative basis, 33 water samples, which were collected with Niskin bottles at a depth of 10 m, in the hydrographic profiles of Paita, Punta la Negra, Chicama, Chimbote, Callao, Pisco, San Juan and Atico. For the analysis the methodology of UTERMÖHL (1958) was followed, whose results are expressed in $N^{\circ} \times 10^3$ cel.L⁻¹. In all cases, the samples were preserved using neutralized formalin (THRÖNDSSEN 1978).

The works of HUSTEDT (1930), CUPP (1943), HENDEY (1964), SOURNIA (1967), SCHILLER (1933, 1937), SUNDSTRÖM (1986), BALECH (1988), HASLE & SYVERTSEN (1996), and STEIDINGER & TANGEN (1996) were consulted for the taxonomic determination of the different phytoplankton organisms.

A two-way ANOVA was applied to determine significant differences between the plankton volumes collected at different distances from the coast (DC): 0-30, 30-60, >60 and in different areas (north, center and south).

To complement these studies, we calculated the SHANNON-WEAVER index (1963), whose results are expressed in bits.cel⁻¹. We also performed a numerical classification analysis in Q mode (between stations) for the establishment of communities. We use abundance data with logarithmic transformation: $y = \log(x+1)$, by removing those species with low abundances and frequencies (biological indices less than 0.005%). Computations were made with the PRIMER software (IOC 1993) by using the Bray-Curtis similarity index and the unweighted pair group method with arithmetic mean (UPGMA). The results were presented in the form of a similarity dendrogram.

Para la elaboración de las figuras y cartas de distribución se usaron los programas Excel y Surfer (Ver. 12), respectivamente.

Excel and Surfer (Ver. 12) software, were used for the elaboration of the figures and plotting charts, respectively.

3. RESULTADOS

3. RESULTS

Distribución superficial de los volúmenes de plancton

Surface distribution of plankton volumes

El volumen de plancton fluctuó entre 0,008 mL.m⁻³ y 10,27 mL.m⁻³ frente a Ocoña (30 mn) y Pacasmayo (60 mn), respectivamente, con promedio general de 1,0 mL.m⁻³. El 79% de los valores fueron menores a 1,0 mL.m⁻³, distribuidos ampliamente en todo el litoral.

Plankton volume ranged between 0.008 mL.m⁻³ and 10.27 mL.m⁻³ off Ocoña (30 nm) and Pacasmayo (60 nm), respectively, with an overall mean of 1.0 mL.m⁻³. The values were 79% less than 1.0 mL.m⁻³, which were widely distributed along the coast.

Los máximos volúmenes fueron ubicados frente a Punta La Negra (7,2 mL.m⁻³), donde predominó el fitoplancton con especies de las primeras fases de la sucesión (30 mn) y frente a Pacasmayo (10,7 mL.m⁻³) dentro de las 60 mn, donde destacó el zooplancton. También se encontraron núcleos de 4,0 y 6,4 mL.m⁻³ (Pimentel y Chimbote) dentro de las 30 mn (Fig. 2).

The maximum volumes were located off Punta La Negra (7.2 mL.m⁻³), where phytoplankton was prevalent in early stages of succession (30 nm) and off Pacasmayo (10.7 mL.m⁻³) within 60 nm, where zooplankton predominated. Nuclei of 4.0 and 6.4 mL.m⁻³ (Pimentel and Chimbote) were also found within 30 nm (Fig. 2).

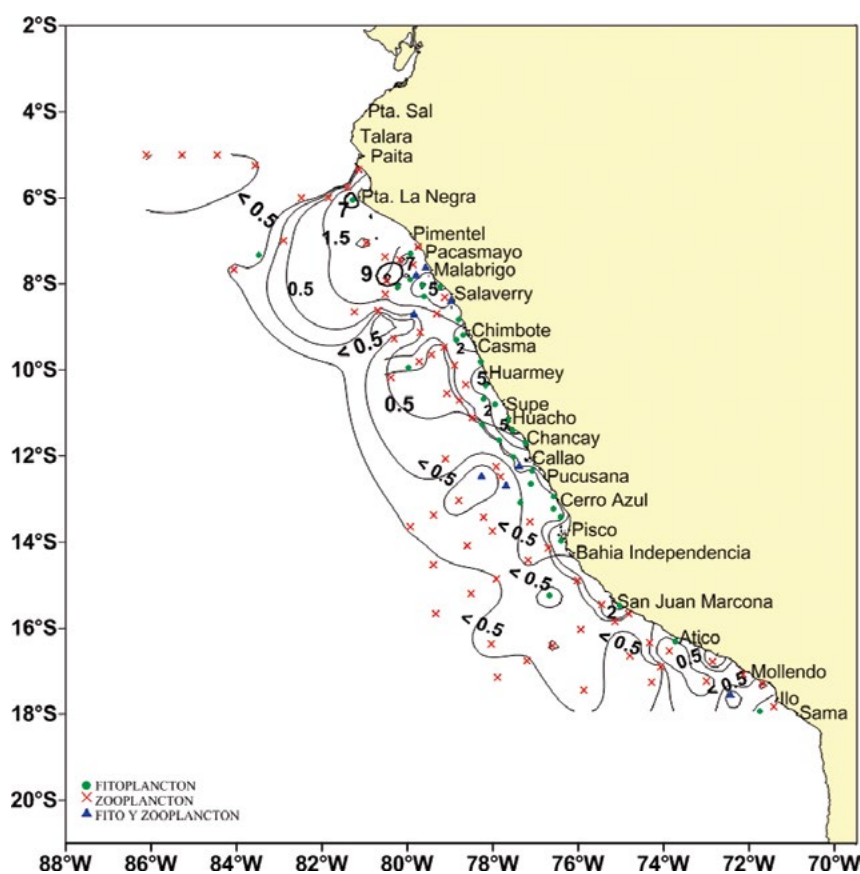


Figura 2.- Distribución de volúmenes de plancton en superficie (mL.m³). Cr. Evaluación de Recursos Pelágicos 0811-12. BIC Humboldt y Olaya

Figure 2. Surface distribution of plankton volumes (mL.m³). Pelagic Resources Assessment Cruise 0811-12. R/V Humboldt and R/V Olaya

Distribución latitudinal del volumen de plancton

Los volúmenes promedio de plancton fluctuaron entre $0,10 \text{ mL.m}^{-3}$ ($> 60 \text{ mn}$) y $7,19 \text{ mL.m}^{-3}$ ($0-30 \text{ mn}$) observándose que los promedios máximos estuvieron entre 6 y 12°S (Fig. 3).

Dentro de las 30 mn el máximo valor promedio ($7,19 \text{ mL.m}^{-3}$) estuvo entre 6° y 7°S , en tanto que a latitudes de 8° a 12°S los promedios fueron menores a $3,5 \text{ mL.m}^{-3}$. Al sur, entre 15° y 16°S , el mayor valor medio fue $1,0 \text{ mL.m}^{-3}$.

Entre 30 y 60 mn los valores medio más altos fueron de $3,35 \text{ mL.m}^{-3}$ y $1,94 \text{ mL.m}^{-3}$, localizándose entre $7^\circ-8^\circ\text{S}$ y $11^\circ-12^\circ\text{S}$, respectivamente.

A distancias mayores a las 60 mn la biomasa planctónica fue constante con valores menores a $0,5 \text{ mL.m}^{-3}$ localizados en la parte norte y sur, excepto en la sección norte centro ($8^\circ-11^\circ\text{S}$) que registró un leve incremento con valores de $0,7 \text{ mL.m}^{-3}$ (Fig. 3).

Análisis estadístico

El ANOVA presentó diferencias significativas entre las diferentes distancias a costa ($P=0,002$). Se observaron volúmenes mayores en las zonas costeras dentro de las 30 mn , donde las abundancias fueron del fitoplancton (Fig. 4). No hubo diferencias significativas por áreas (Tabla 1).

Latitudinal distribution of plankton volume

Mean plankton volumes oscillated between 0.10 mL.m^{-3} ($> 60 \text{ nm}$) and 7.19 mL.m^{-3} ($0-30 \text{ nm}$) with maximum averages between 6 and 12°S (Fig. 3).

Within 30 nm , the maximum mean value (7.19 mL.m^{-3}) was between 6° and 7°S , while at latitudes 8° to 12°S the averages were less than 3.5 mL.m^{-3} . To the south, the highest mean value, between 15° and 16°S , was 1.0 mL.m^{-3} .

Between 30 and 60 nm , the highest mean values were 3.35 mL.m^{-3} and 1.94 mL.m^{-3} and they were located between $7^\circ-8^\circ\text{S}$ and $11^\circ-12^\circ\text{S}$, respectively.

At distances greater than 60 nm , plankton biomass was constant with values less than 0.5 mL.m^{-3} , which were in the north and south, except in the north-central section ($8^\circ-11^\circ\text{S}$), which registered a slight increase with values of 0.7 mL.m^{-3} (Fig. 3).

Statistical analysis

ANOVA presented significant differences between the different distances from the coast ($P=0.002$). Higher volumes were observed in coastal areas within 30 nm , where the abundances were that of phytoplankton (Fig. 4). No significant differences were presented by Areas (Table 1).

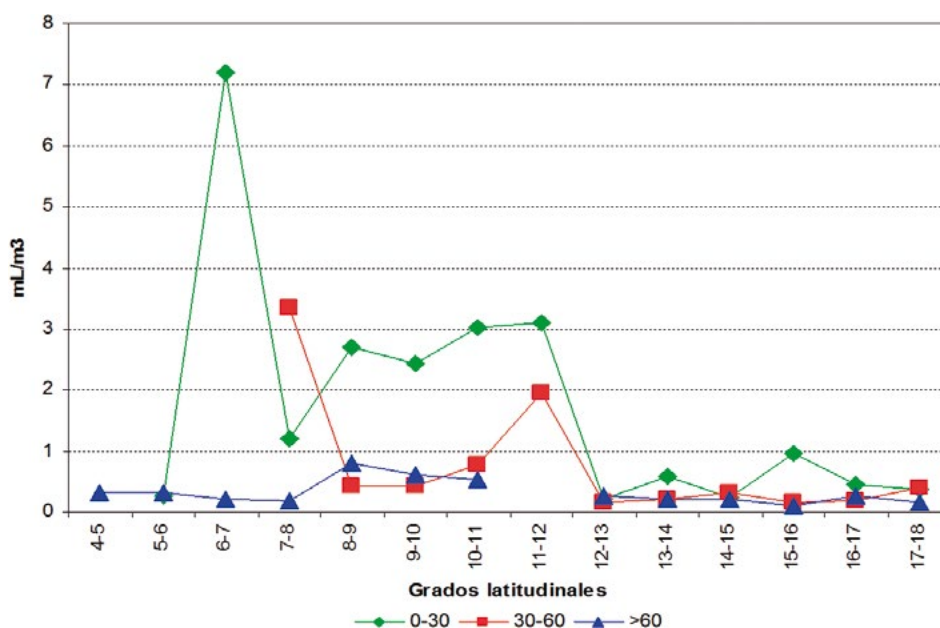


Figura 3.- Distribución latitudinal del biovolumen de plancton (mL.m^3). Cr. Evaluación de Recursos Pelágicos 0811-12. BIC Humboldt y Olaya

Figure 3. Latitudinal distribution of plankton bio-volume (mL.m^3). Pelagic Resources Assessment Cruise 0811-12. R/V Humboldt and R/V Olaya

Tabla 1.- ANOVA de dos vías de los volúmenes de plancton. Cr. Evaluación de Recursos Pelágicos 0811-12. BIC Humboldt y Olaya

Table 1. Two-way ANOVA of plankton volumes. Pelagic Resources Assessment Cruise 0811-12. R/V Humboldt and R/V Olaya

Fuente/Source	GL	SC	MC	F	P
A	2	1,4226	0,71129	2,27	0,132
DC	2	5,3353	2,66764	8,53	0,002
Interacción	4	2,0754	0,51885	1,66	0,203
Error	18	5,6292	0,31273		
Total	26	14,4624			

S= 0,5592; R-cuad.= 61,08%; R-cuad.(ajustado)= 43,78%t

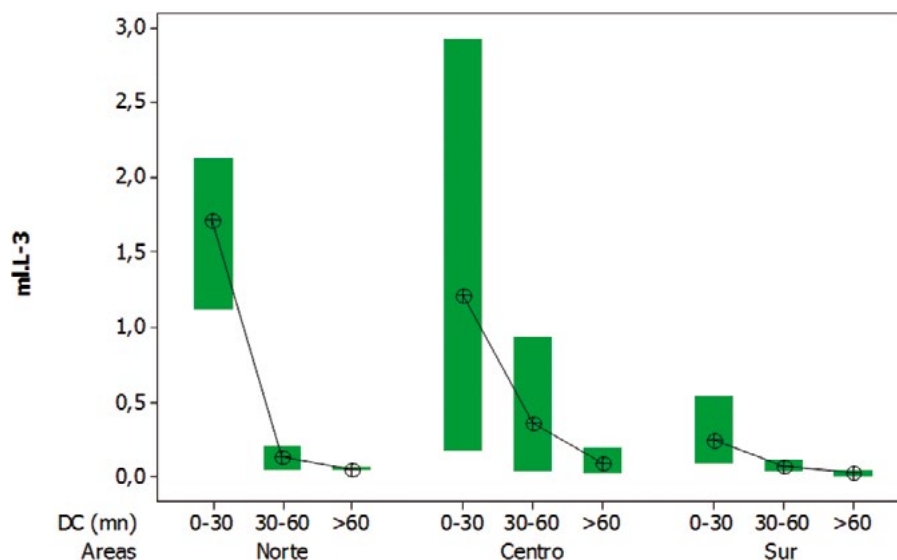


Figura 4.- Diagrama de *box plot* de volúmenes de plancton en diferentes DC y Áreas. Cr. Evaluación de Recursos Pelágicos 0811-12. BIC Humboldt y Olaya

Figure 4. Box plot diagram of plankton volumes in different DC and Areas. Pelagic Resources Assessment Cruise 0811-12. R/V Humboldt and R/V Olaya

Composición y distribución de la comunidad fitoplanctónica

El fitoplancton en superficie, tuvo predominancia del 31% en la franja costera de 30 mn desde punta La Negra hasta San Juan. El zooplancton (copépodos y nauplios) destacó por fuera de las 60 mn, en el 62% del área evaluada, frente a Pimentel, Punta Lobos y San Juan. En el 7% del área restante la flora y fauna del plancton compartieron codominancias (Fig. 2).

El fitoplancton se caracterizó por diatomeas neríticas de fases tempranas e intermedias de la sucesión ecológica. En el grupo de las fases tempranas, desde Punta La Negra hasta Pisco, destacaron como "Abundante" *Chaetoceros* spp.; *Skeletonema costatum* Cleve; *Thalassiosira subtilis* Gran y *Detonula pumila* Gran. En el grupo de fases intermedias, destacaron *Guinardia delicatula*

Composition and distribution of the phytoplankton community

Surface phytoplankton predominated in 31% on the 30 nm coastal strip from Punta La Negra to San Juan. Zooplankton (copepods and nauplii) were prevalent outside 60 nm, in 62% of the surveyed area, off Pimentel, Punta Lobos and San Juan. In 7% of the remaining area, phyto and zooplankton share codominance (Fig. 2).

Phytoplankton was characterized by early and intermediate stages neritic diatoms of ecological succession. In the group of early stages, *Chaetoceros* spp.; *Skeletonema costatum* Cleve; *Thalassiosira subtilis* Gran, and *Detonula pumila* Gran stood out when reaching the "Abundant" level from Punta La Negra to Pisco. In the group of intermediate stages *Guinardia delicatula* (Cleve), *Cerataulina pelagica* (Cleve),

(Cleve); *Cerataulina pelagica* (Cleve) y *Coscinodiscus perforatus* Cleve y Möller, que fueron localizadas en las estaciones costeras frente a Punta la Negra y entre Chicama y Huacho.

Los dinoflagelados registraron abundancias relativas de "Presente" pero con alta representatividad destacando *Ceratium furca* (Ehrenberg); *Protoperidinium pellucidum* Bergh; *P. mendiolae* Balech y *Dinophysis caudata* Saville-Kent, especies cosmopolitas que mostraron amplia distribución (> 90 mn).

También fue alta la frecuencia de organismos termófilos desde Paita hasta San Juan por fuera de las 60 mn, sobresaliendo el dinoflagelado *Goniodoma polyedricum* (Pouchet) asociado a las diatomeas *Planktoniella sol* Schütt; *Proboscia alata indica* Lincea y Santoyo y *Thalassiothrix longissima* Cleve y Grunow.

Distribución, composición y abundancia del fitoplancton a 10 m de profundidad (cel.L⁻¹)

Se determinaron 160 especies con 92 diatomeas, 52 dinoflagelados, 2 silicoflagelados, 12 cocolitofóridos y 2 fitoflagelados.

Las concentraciones de fitoplancton fluctuaron entre 33x10³ cel.L⁻¹ y 163.719x10³ cel.L⁻¹ en Paita y Chimbote respectivamente, con promedio de 99.048 cel.L⁻¹ (Fig. 5).

and *Coscinodiscus perforatus* Cleve and Möller, which were located in the coastal stations off Punta la Negra and between Chicama and Huacho, stood out.

The Dinoflagellates that were "Present" but with high representativeness were: *Ceratium furca* (Ehrenberg); *Protoperidinium pellucidum* Bergh; *P. mendiolae* Balech, and *Dinophysis caudata* Saville-Kent, cosmopolitan species that showed wide distribution (> 90 nm).

The frequency of thermophilic organisms was also high from Paita to San Juan, outside 60 nm, especially the dinoflagellate *Goniodoma polyedricum* (Pouchet) which was associated with the diatoms *Planktoniella sol* Schütt; *Proboscia alata indica* Lincea and Santoyo, and *Thalassiothrix longissima* Cleve and Grunow.

Distribution, composition and abundance of phytoplankton at a depth of 10 m (cel.L⁻¹)

A total of 160 species were determined, including 92 diatoms, 52 dinoflagellates, 2 silicoflagellates, 12 cocolithophorides, and 2 phytoflagellates.

Phytoplankton concentrations varied between 33x10³ cells L⁻¹ and 163,719x10³ cells L⁻¹ in Paita and Chimbote respectively, with a mean of 99,048 cells L⁻¹ (Fig. 5).

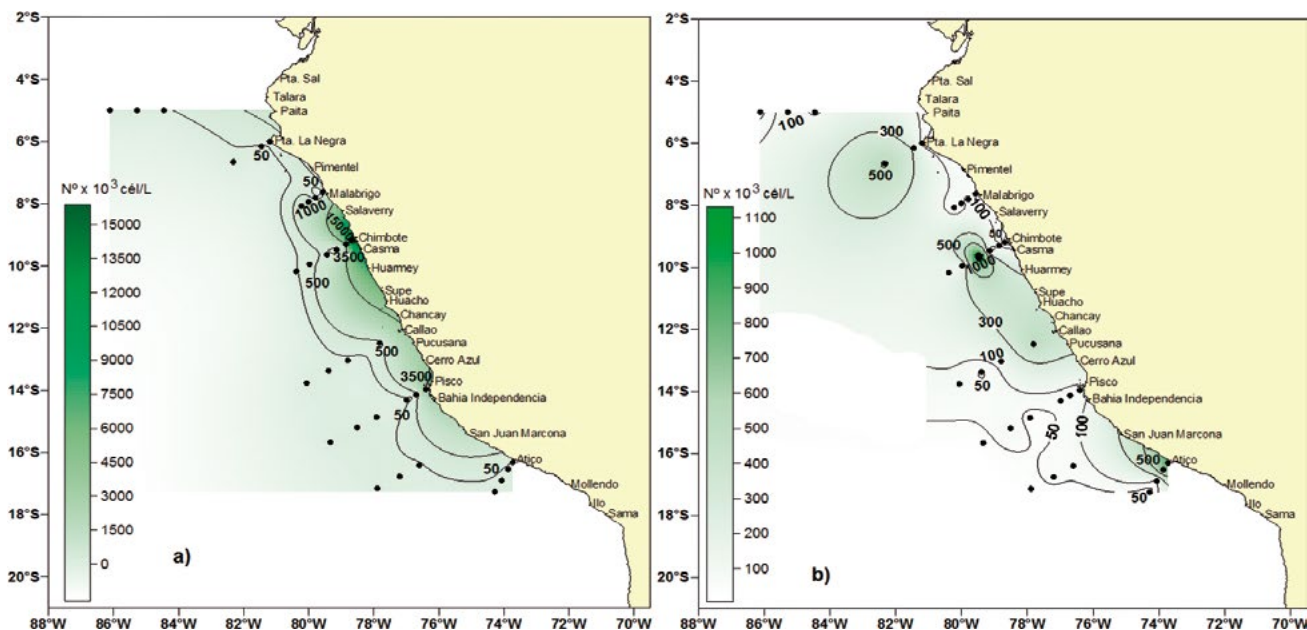


Figura 5.- Distribución del microfitoplancton (a) y nanofitoplancton (b) a 10 m (N°x103 cel.L⁻¹). Cr. Evaluación de Recursos Pelágicos 0811-12. BIC Humboldt y Olaya

Figure 5. Distribution of microphytoplankton (a) and nanophytoplankton (b) at 10 m (N°x103 cel.L⁻¹). Pelagic Resources Assessment Cruise 0811-12. R/V Humboldt and R/V Olaya

Los mayores aportes celulares estuvieron localizados en Chimbote (8 y 15 mn) y Pisco (10 mn) con valores superiores a $1000 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$, donde la abundancia estuvo representada por diatomeas, mientras que concentraciones menores a $100 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$ fueron reportadas en la región oceánica, excepto en los perfiles de Punta La Negra y Chimbote.

The greatest cellular contributions were located in Chimbote (8 and 15 nm) and Pisco (10 nm) with values higher than $1000 \times 10^3 \text{ cell.L}^{-1}$, where abundance was represented by diatoms, while concentrations lower than $100 \times 10^3 \text{ cell.L}^{-1}$ were reported in the oceanic region, except in the Punta La Negra and Chimbote profiles.

El nanoplancton fue el más representativo, con dominio del 75%, aunque en las estaciones costeras de los perfiles de Chimbote y Pisco, destacó el microfitoplancton. La máxima densidad del nanoplancton se observó en Chimbote (70 mn), destacando los fitoflagelados con el grupo de las mónadas cuyas densidades estuvieron comprendidas en un rango de $7 \times 10^3 - 418 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$, ambas localizadas frente a Callao por fuera de las 50 mn. El aporte de los cocolitofóridos fue menor siendo *Emiliania huxleyi* (Lohmann) la especie con las mayores concentraciones celulares que fluctuaron desde $1 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$ (San Juan) hasta $57 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$ (Callao), ambos localizados por fuera de las 90 mn (Fig. 5b).

Nanoplankton was the most representative, with 75% of predominance, although microplankton stood out in the coastal stations of the Chimbote and Pisco profiles. The maximum density of nanoplankton was observed in Chimbote (70 nm), where phytoflagellates predominated with the group of monads whose densities were in a range of $7 \times 10^3 - 418 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$, both located off Callao, outside 50 nm. The quantity of cocolithophorids was lower, being *Emiliania huxleyi* (Lohmann) the species with the highest cellular concentrations ranging from $1 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$ (San Juan) to $57 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$ (Callao), both located outside 90 nm (Fig. 5b).

Dentro del microplancton, las diatomeas fueron los organismos mejor representados en Chimbote (20 mn), los mayores aportes celulares correspondieron a *Chaetoceros socialis* Lauder ($16.312 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$); *Thalassiosira subtilis* Gran ($38 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$) y *Pseudo-nitzschia cf delicatissima* ($312 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$). Mientras que frente a Chicama, destacaron las especies *Leptocylindrus danicus* Cleve ($117 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$) y *L. mediterraneus* (Peragallo) ($34 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$) dentro de las 30 mn (Fig. 5a).

In microplankton, diatoms were the organisms best represented in Chimbote (20 nm), the greatest cellular contributions corresponded to *Chaetoceros socialis* Lauder ($16.312 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$); *Thalassiosira subtilis* Gran ($38 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$), and *Pseudo-nitzschia cf delicatissima* ($312 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$). Off Chicama, the species *Leptocylindrus danicus* Cleve ($117 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$) and *L. mediterraneus* (Peragallo) ($34 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$) stood out within the 30 nm (Fig. 5a).

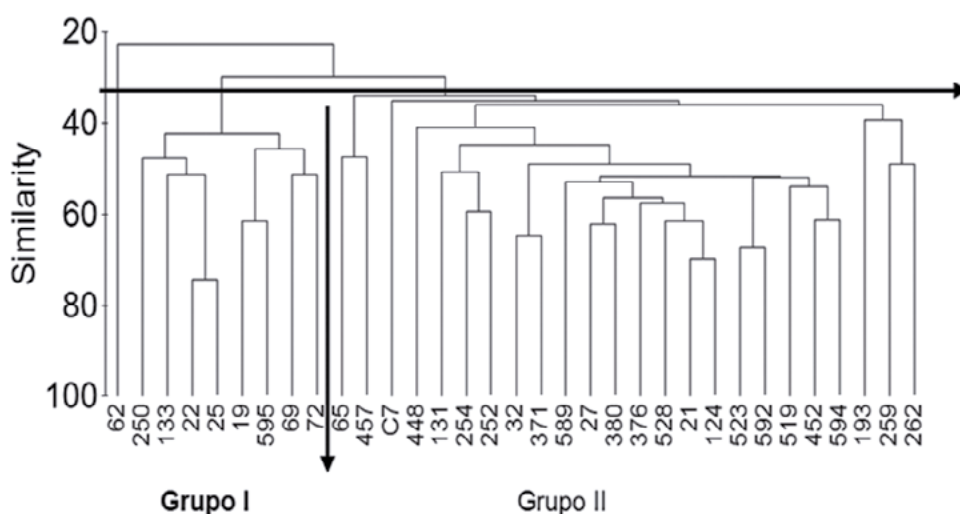


Figura 6.- Dendrograma de similaridad entre estaciones a 10 m de profundidad. Cr Evaluación de Recursos Pelágicos 0811-12. BIC Humboldt y Olaya

Figure 6. Dendrogram of similarity between stations at a depth of 10 m. Pelagic Resources Assessment Cruise 0811-12. R/V Humboldt and R/V Olaya

Índice de Diversidad (H') y Análisis comunitario a 10 m

El Índice de diversidad de Shannon (H') varió entre 0,012 y 1,194 bits/ind. en Chimbote y Chicama, respectivamente. Los valores más altos fueron registrados al norte de 8°S al determinar 57 especies (Fig. 6). El análisis de clasificación numérica en modo Q permitió distinguir 2 grupos al 33% de similitud.

Grupo 1: agrupó las estaciones más costeras de áreas geográficas localizadas en los perfiles de Punta Falsa, Chicama, Chimbote, Pisco y Atico, excepto en el segundo perfil donde se integraron estaciones hasta 55 mn. En este grupo destacaron los organismos del microfitoplancton con las diatomeas del género *Chaetoceros* spp.; *Thalassiosira angulata* Hasle; *Th. Subtilis* Gran; *Guinardia delicatula*; *Detonula pumila*, entre otras.

Grupo 2: estuvo conformado por la gran mayoría de estaciones comprendidas desde Paita hasta Atico, destacando los organismos del nanoplancton caracterizados por el grupo de fitoflagelados.

Distribución de organismos indicadores de masas de agua

Ceratium breve, indicador de AES, fue determinado a distancias mayores a 60 mn frente a Paita y punta La Negra. Latitudinalmente, tuvo un desplazamiento inusual hacia el sur frente a las áreas de Pimentel y Malabrigo, por fuera de las 90 mn (Fig. 7).

Protoperidinium obtusum, indicador de ACF, se registró en la zona costera, de manera continua desde Punta La Negra hasta San Juan, siendo reportado esporádicamente a distancias > 60 mn, frente a Huacho.

Ceratium praelongum, indicador de ASS, presentó distribución esporádica, al norte con un acercamiento a costa frente a Paita (10 mn) y a distancias mayores de las 60 mn estuvo asociada a AES frente a Paita y Punta la Negra, mientras que su presencia en el sur fue hasta 100 mn de San Juan.

Diversity Index (H') and Community Analysis at 10 m

The Shannon Diversity Index (H') ranged from 0.012 to 1.194 bits/ind. in Chimbote and Chicama, respectively. The highest values were recorded north of 8°S when 57 species were determined (Fig. 6). The analysis of numerical classification in Q mode allowed to distinguish 2 groups at 33% similarity.

Group 1: It clustered the most coastal stations of geographical areas located in the Punta Falsa, Chicama, Chimbote, Pisco and Atico profiles, except for the second profile where stations up to 55 nm were integrated. In this group, the most important diatoms were *Chaetoceros* spp.; *Thalassiosira angulata* Hasle; *Th. Subtilis* Gran; *Guinardia delicatula*; *Detonula pumila*.

Group 2: It was formed by the great majority of stations ranging from Paita to Atico, with the nanoplankton organisms characterized by the group of phytoflagellates standing out.

Distribution of indicator organisms of water masses

Ceratium breve, an indicator of SEW, was determined at distances greater than 60 nm off Paita and Punta La Negra. Had an unusual displacement towards the south off the areas of Pimentel and Malabrigo, outside 90 nm (Fig. 7).

Protoperidinium obtusum, an indicator of CCW, was recorded in the coastal zone, in a continuous way from Punta La Negra to San Juan, reported occasionally at distances > 60 nm, off Huacho.

Ceratium praelongum, an indicator of SSW, presented a sporadic distribution. To the north it approached the coast in front of Paita (10 nm), outside the 60 nm it was associated with SEW off Paita and Punta la Negra. To the south was found up to 100 nm off San Juan.

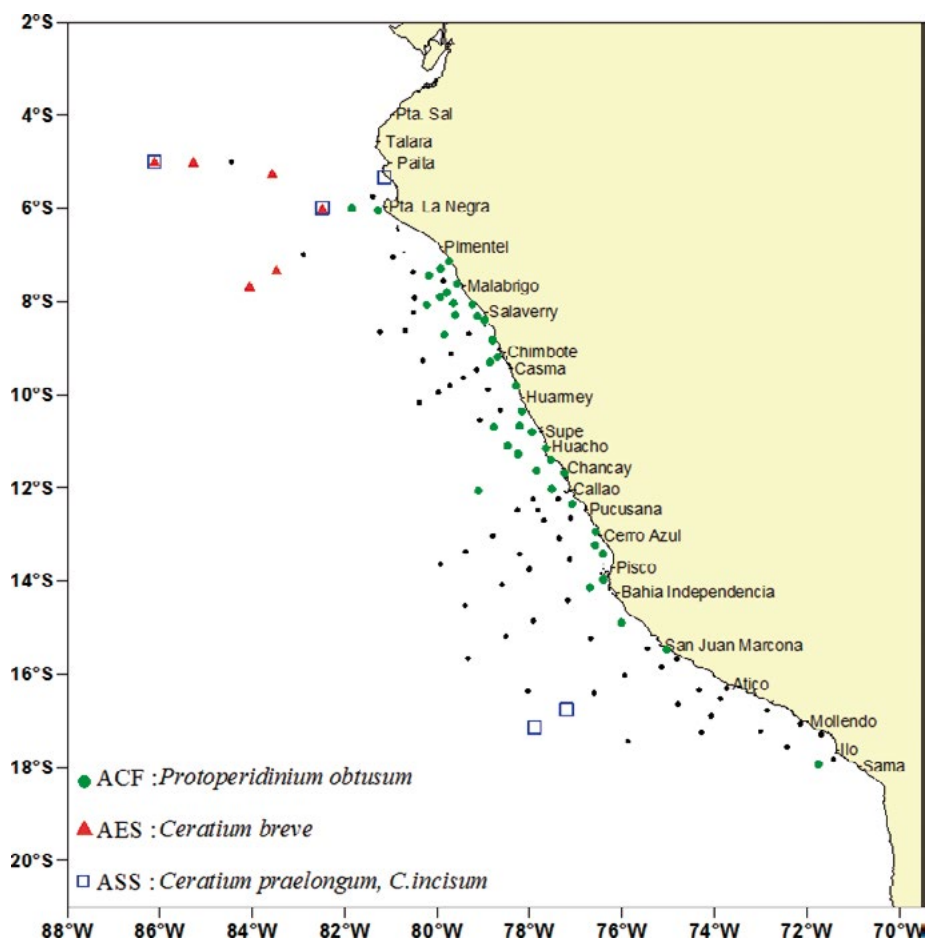


Figura 7.- Indicadores de masas de agua. Cr. Evaluación de Recursos Pelágicos 0811-12. BIC Humboldt y Olaya

Figure 7. Indicator of water masses. Pelagic Resources Assessment Cruise 0811-12. R/V Humboldt and R/V Olaya

4. DISCUSIÓN

A fines de la primavera del 2008 (IMARPE 2008) las condiciones oceanográficas ambientales se presentaron cálidas debido a la proyección de las AES hasta el sur de Punta Falsa y la aproximación de las ASS en el centro – sur, originando nuevamente muchas zonas de mezcla de ACF-AES, ACF-ASS y ACF-ASS-ATSA, restringiendo a las ACF a la costa, situación que generó respuesta del fitoplancton. Al respecto, el volumen promedio de plancton ($1,05 \text{ mL.m}^{-3}$) en el presente estudio guarda concordancia con los resultados de fines de la primavera del 2005 obtenidos por SÁNCHEZ *et al.* 2007, quienes reportaron un valor medio de $1,34 \text{ mL.m}^{-3}$. Asimismo, DELGADO *et al.* (2006) y SÁNCHEZ *et al.* (2005) determinaron para la misma época de estudio un decremento en los promedios ($0,54 \text{ mL.m}^{-3}$) debido a que las características océano-atmosféricas no fueron propicias para el crecimiento de la comunidad planctónica.

4. DISCUSSION

In late Spring 2008 (IMARPE 2008) the environmental oceanographic conditions were warm due to the projection of SEW to the south of Punta Falsa and the approximation of SSW in the central-southern part, which originated again many CCW-SEW, CCW-SSW, and CCW-SSW-SSTA zones of mixtures, which restricted CCW to the coast, a situation that generated a phytoplankton response. In this regard, the mean plankton volume (1.05 mL.m^{-3}), in this study, is consistent with the late Spring 2005 results, which were obtained by SÁNCHEZ *et al.* 2007, who reported a mean value of 1.34 mL.m^{-3} . Likewise, DELGADO *et al.* (2006) and SÁNCHEZ *et al.* (2005) determined for the same period of study a decrease in the averages (0.54 mL.m^{-3}) since the ocean-atmospheric characteristics were not propitious for the growth of the plankton community.

El fitoplancton como alimento disponible mostró durante el crucero 0811-12, un leve decremento porcentual en toda el área evaluada (31%) si se compara con los resultados de la primavera del año 2007 (37%) y 2006 (33%), no obstante, en el 2005 cuando las condiciones imperantes mostraron un desplazamiento de aguas cálidas del oeste (20 y 21 °C) que se aproximaron a la zona costera de Punta Bermejo al Callao, al replegarse esa masa de agua, la concentración del volumen planctónico se incrementó hasta 43%.

Los volúmenes promedios de plancton dentro de las 30 mn han registrado valores máximos medios de 7,42 m⁻³, resultados que coinciden con los encontrados por DELGADO *et al.* (2006) y ROJAS DE MENDIOLA *et al.* (1985) quienes determinaron valores mayores a 3,0 mL.m⁻³ para la costa peruana. En el 2005 el mayor valor medio fue de 1,30 mL.m⁻³, decremento que estuvo asociado con las influencias de aguas cálidas reportadas por los parámetros físicos.

Es importante mencionar que la comunidad fitoplanctónica estuvo conformada por especies de las primeras fases de la sucesión ecológica que forman parte de la dieta de la anchoveta como *Chaetoceros* spp., *Detonula pumila* (ROJAS DE MENDIOLA 1966), las mismas que estuvieron localizadas entre Punta Falsa y Pisco dentro de las 30 mn. SÁNCHEZ y VILLANUEVA (2007) señalan que estas especies ampliaron su distribución hasta las 60 mn (Puerto Pizarro – Ilo) lo que confirmaría la disponibilidad de alimento para el recurso.

Las concentraciones celulares en el presente estudio, han mostrado que los mayores aportes numéricos estuvieron dentro de la franja costera y disminuyeron hacia fuera, encontrándose valores de 163 x10⁶ cel.L⁻¹ frente a Chimbote, en esta misma zona OCHOA *et al.* (1985) reportaron valores de 6 x10⁶ cel.L⁻¹ para octubre de 1977. En ambas evaluaciones, las diatomeas de alta tasa de reproducción caracterizaron a esta zona. Similares resultados también fueron encontrados por HUNTSMAN & BARBER (1977) para el noroeste africano, siendo el microplancton el principal constituyente donde destacó el grupo de las diatomeas.

La expresión probabilística de Shannon y Winner da una medida de la organización de la estructura de la comunidad; considerando lo

Phytoplankton as available food presented during cruise 0811-12, a slight percentage decrease (31%) in all the surveyed area, compared to the results of Spring 2007 (37%) and 2006 (33%). Nevertheless, in 2005, when the prevailing conditions showed a displacement of warm waters from the west (20 and 21 °C) which approximated to the coastal zone of Punta Bermejo up to Callao, as that water mass withdrew, the concentration of plankton volume increased up to 43%.

The mean plankton volumes within 30 nm have registered maximum mean values of 7.42 m⁻³, results that coincide with those found by DELGADO *et al.* (2006) and ROJAS DE MENDIOLA *et al.* (1985) who determined values greater than 3.0 mL.m⁻³ for the Peruvian coast. For 2005, the highest mean value was 1.30 mL.m⁻³, a decrease that was associated with warm water influences as reported by physical parameters.

It is worth mentioning that the phytoplankton community was formed by species from the first stages of the ecological succession which are part of the anchoveta diet, such as *Chaetoceros* spp., *Detonula pumila* (ROJAS DE MENDIOLA 1966), which were located between Punta Falsa and Pisco within 30 nm. SÁNCHEZ and VILLANUEVA (2007) state that these species extended their distribution to 60 nm (Puerto Pizarro – Ilo) which would confirm the availability of food for the resource.

The cellular concentrations in this study have shown that the greatest numerical contributions were within the coastal strip and decrease outwards, finding values of 163 x10⁶ cel.L⁻¹ compared to Chimbote, in this same zone OCHOA *et al.* (1985) reported values of 6 x10⁶ cel.L⁻¹ for October 1977, which evidenced the richness of the Peruvian sea. In both assessments, high reproductive rate diatoms characterized this area. Similar results were also found by HUNTSMAN & BARBER (1977) for Northwest Africa, with microplankton being the main constituent where the group of diatoms stood out.

The probabilistic formulation of Shannon and Winner gives a measure of the organization in the community structure. Based on the

anterior, la taxocenosis fitoplanctónica mostró modificaciones a través del tiempo. Al respecto, en este crucero los valores del Índice de diversidad (H') se encontraron en activo crecimiento ($<2,5$), en tanto que para 1999 SÁNCHEZ *et al.* (2000) reportaron una comunidad en la segunda etapa de la sucesión fitoplanctónica ($>3,5$).

En el análisis comunitario de los años 1999 y 2008, ambos en primavera, se obtuvieron dos grupos con porcentajes iguales (33%), la disposición del primer grupo estuvo conformado por diatomeas neríticas, en tanto que en el segundo grupo se encontraron organismos de agua de mezcla (ASS+ACF), lo que difiere con el año 1999 cuando destacaron organismos provenientes de aguas oceánicas.

En lo relacionado a la distribución de los indicadores biológicos, *Ceratium breve* (AES) fue observado en una amplia área de distribución, similar a la reportada en la primavera del 2006 cuando se registró por fuera de las 90 mn frente a Chicama, indicándonos condiciones normales según parámetros oceanográficos (IMARPE 2008); sin embargo, en la primavera 2007 solo se observó en Puerto Pizarro como consecuencia de la presencia del Evento La Niña en el litoral peruano.

La presencia del indicador de ACF, *Protoperdinium obtusum*, durante el período 2005-2008 no evidenció cambios relevantes; no obstante, que en la primavera del 2007 los parámetros físicos determinaron intensificación de las ACF en el litoral a consecuencia del Evento La Niña, observándose una ampliación de área de distribución del *P. obtusum*, que se localizó desde Punta La Negra hasta San Juan (> 120 mn).

Se determinaron zonas de mezcla de AES y ASS, similar a lo ocurrido en el 2006, cuando se encontraron indicadores de ambas masas de agua (*C. breve* y *C. praelongum*) localizados frente a Punta la Negra por fuera de las 90 mn, condiciones que estuvieron acorde con los parámetros físicos cuando las temperaturas presentaron anomalías positivas de +2 (IMARPE 2008).

5. CONCLUSIONES

El fitoplancton como alimento disponible destacó en el 31% del área evaluada, caracterizado por una composición específica de la primera fase

aforementioned, phytoplanktonic taxocenosis showed modifications over time. In this regard, the values of the Diversity Index (H') were found in active growth (<2.5), whereas in 1999 SÁNCHEZ *et al.* (2000) reported a community in the second stage of phytoplankton succession (>3.5).

In the community analysis of the years 1999 and 2008, both in Spring, two groups were obtained with equal percentages (33%), the layout of the first group was made up of neritic diatoms, while in the second group were found mixed water organisms (SSW + CCW), which differs from the year 1999 when organisms from oceanic waters stood out.

The distribution of biological indicators *Ceratium breve* (SEW) was similar to that reported in the spring of 2006, when it was registered outside the 90 nm off Chicama, which indicated normal conditions according to oceanographic parameters (IMARPE 2008). However, in the spring of 2007 it was only observed in Puerto Pizarro as consequence of the presence of the La Niña event on the Peruvian coast.

The presence of the CCW indicator, *Protoperdinium obtusum*, in 2005-2008 did not show any relevant changes. Nevertheless, in the spring of 2007 the physical parameters determined intensification of the CCW in the littoral as a result of the La Niña Event, observing an extension of the distribution area of the *P. obtusum*, which was located from Punta La Negra to San Juan (> 120 nm).

Mix zones of SEW and SSW were determined, similar to what occurred in 2006, when indicators of both bodies of water (*C. breve* and *C. praelongum*) were found located off Punta la Negra outside of 90 mn, conditions that were in agreement with the physical parameters when the temperatures presented positive anomalies of +2 (IMARPE 2008).

5. CONCLUSIONS

Phytoplankton as available food was prominent in 31% of the surveyed area. It was characterized by a specific composition of the first ecological

ecológica, localizado principalmente entre Pimentel y Pisco dentro de las 60 mn. El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre las diferentes distancias a costa.

Cuantitativamente el microplankton obtuvo las máximas densidades y estuvo restringido a las áreas costeras productivas de Chicama, Chimbote y Pisco, que también se evidenció en el análisis comunitario.

La presencia de los indicadores *Ceratium breve* (AES) y *Ceratium praelongum* (ASS) evidenciaron calentamiento frente a Paita (norte) y frente a San Juan (sur), encontrándose anomalías de -1 y +2,9, respectivamente. *Protoperdinium obtusum* (ACF), coincidió con un afloramiento restringido a la franja costera (sur de Paita-Pisco), condiciones acordes con los parámetros oceanográficos.

Agradecimientos

Agradecemos al personal del Laboratorio de Fitoplancton y Producción Primaria por su participación en el análisis de las muestras del presente crucero.

stage and it was located mainly between Pimentel and Pisco, within 60 nm. The analysis of variance showed significant differences between the diverse distances from the coast.

At quantity level, the microplankton obtained the maximum densities and was restricted to the productive coastal areas of Chicama, Chimbote and Pisco, which was also evidenced in the community analysis.

The presence of the *Ceratium breve* (SEW) and *Ceratium praelongum* (SSW) indicators showed warming against Paita (north) and San Juan (south), with anomalies of -1 and +2.9, respectively. *Protoperdinium obtusum* (CCW), coincided with an upwelling restricted to the coastal strip (south of Paita-Pisco), conditions in accordance with the oceanographic parameters.

Acknowledgments

We are thankful to the staff of the Laboratory of Phytoplankton and Primary Production for their participation in the analysis of the samples of this cruise.

6. 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. 2006. El fitoplancton en la capa superficial del mar peruano al final de la primavera del 2006. BIC José Olaya Balandra y SNP-2 0611-12. Informe Interno del Área de Fitoplancton y Producción Primaria.
- HASLE G, SYVERTSEN E E. 1996. Marine diatoms. In: Tomas C. (Ed.). Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press, Inc. San Diego. 383 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.
- HUNTSMAN, BARBER R. 1977. Primary production off Northwest Africa. The relationship to wind and nutrient conditions. Deep sea Res. 24: 25 - 34.
- HUSTEDT F. 1930. Die Kieselalgen Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz mit Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. In: L. Rabenhorst (ed) Kryptogamenflora von Deutschlands, Osterreich und der Schweiz. 1 Teil. Akat. Verlagsges. Leipzig. Reprint: Johnson Rep. Goop, New York 1971. 920 pp.
- IMARPE. 2008. Informe Ejecutivo del Crucero Evaluación de Recursos Hidrobiológicos 0811-12. 36 pp.
- OCHOA N, ROJAS DE MENDIOLA B, GÓMEZ O. 1985. Identificación del fenómeno <<El Niño>> a través de los organismos fitoplanctónicos. En: ARNTZ, W., A. LANDA Y J. TARAZONA (Eds.). El Niño, Su Impacto en la Fauna Marina. Bol Inst Mar Perú. Vol. Ext.: 23 - 31.
- ROJAS DE MENDIOLA B. 1966. Estimación de la producción fitoplanctónica en el área de Callao-Chimbote, durante agosto de 1961. En memoria Primer Seminario Latino Americano sobre el Océano Pacífico Oriental. Univ. Nacional Mayor de San Marcos, Lima - Perú. 50 - 56 pp.
- ROJAS DE MENDIOLA B, GÓMEZ O, OCHOA N. 1985. Efectos del fenómeno "El Niño" sobre el fitoplancton. En W. Arntz; A. Landa y J. Tarazona (eds.): "El Niño", su impacto en la fauna marina. Bol Inst Mar Perú. Vol. Ext.: 33 - 40 pp.
- SÁNCHEZ S. 2005. Características del microfitoplancton en el mar peruano a fines de la primavera del 2005. Crucero de Evaluación de recursos

- hidrobiológicos BIC José Olaya Balandra 0511-12. Informe Interno del Área de Fitoplancton y Producción Primaria.
- SÁNCHEZ S, VILLANUEVA P. 2007. Distribución y Composición de la comunidad fitoplanctónica entre San Juan y Puerto Pizarro para la primavera del 2007. Cr. Regional BIC José Olaya Balandra. Informe Interno del Área de Fitoplancton y Producción Primaria.
- SÁNCHEZ S, CHANG F, FERNÁNDEZ C. 2000. Fitoplancton de primavera en el mar peruano. Crucero de Evaluación de Recursos Pelágicos 9911-12. Inf Inst Mar Perú. 157: 46 – 52.
- SCHILLER J. 1933. Dinoflagellatae (Peridineae). In Rabenhorst, Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Parte II: 617 pp. Akad. Verlagsgesellschaft, Leipzig.
- SCHILLER J. 1937. Dinoflagellatae (Peridineae). In Rabenhorst, Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Parte III: 589 pp.
- SHANNON C, WEAVER M. 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois. Press Urbana. 125 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 pp.
- STEIDINGER K, TANGEN K. 1996. Dinoflagellates. In: Tomas C. (Ed.). Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press, Inc. San Diego. 387 - 570 pp.
- 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, París. 69 - 74.
- UNESCO. 1981. Programa de plancton para el Pacífico Oriental. Informes de la UNESCO sobre ciencias del mar. Inst Mar Perú. 11: 25 – 26.