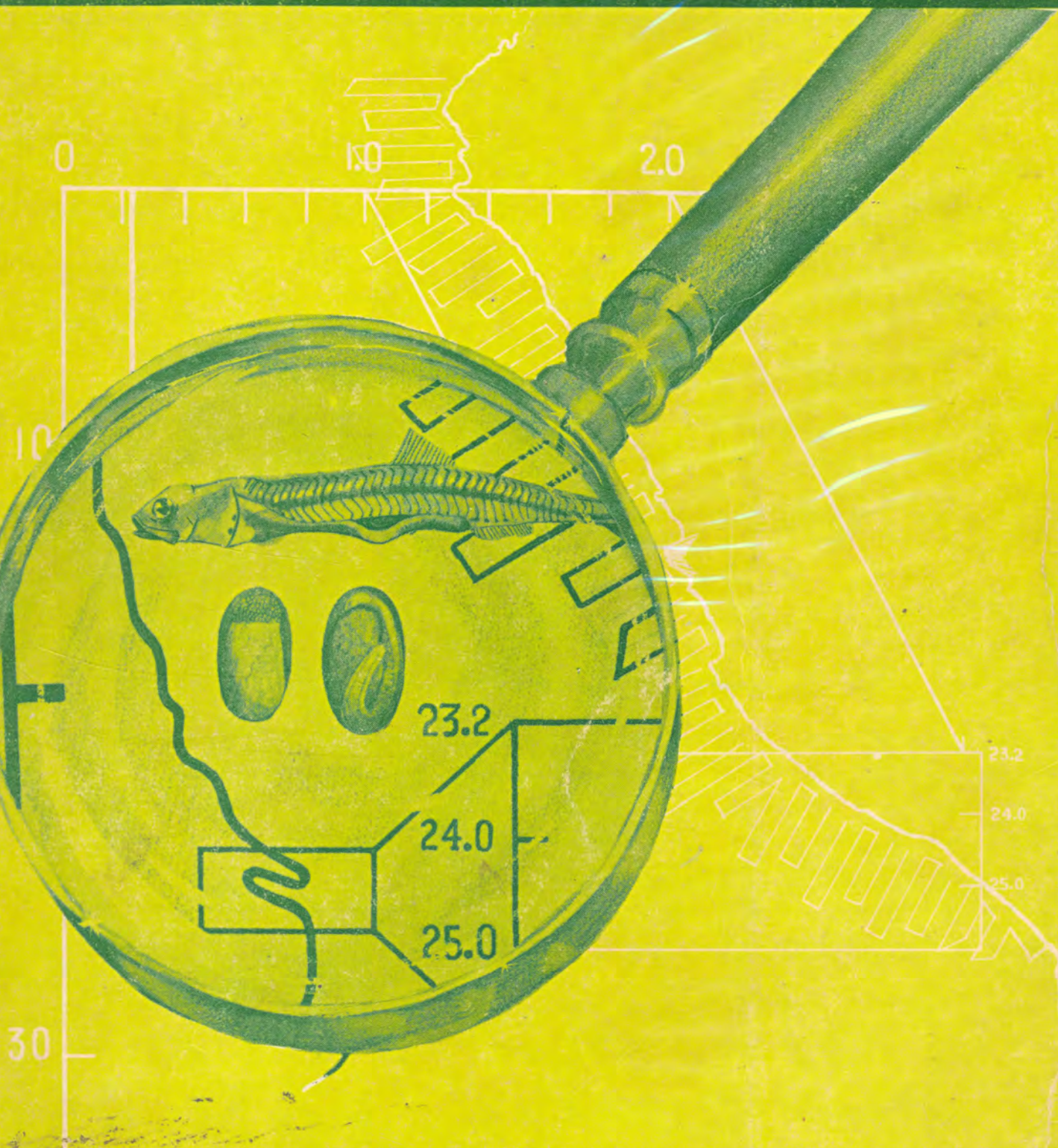




INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

Boletín

ISSN - Q 378 - 7699
VOLUMEN EXTRAORDINARIO



**INVESTIGACION COOPERATIVA DE LA ANCHOVETA
Y SU ECOSISTEMA - ICANE - ENTRE PERU Y CANADA
CALLAO 1981 PERU**

VARIACIONES DEL FITOPLANCTON EN EL AREA DE CHIMBOTE DURANTE 1977

Por:

Noemí Ochoa L. y Olga Gómez C.

Instituto del Mar del Perú

RESUMEN

El análisis de alrededor de 139 muestras de agua entre marzo y noviembre de 1977 distribuidas en cerca de 50 estaciones de superficie, cerca y lejos de la costa, y alrededor de 80 muestras de superficie y profundidad en dos estaciones fijas ocupadas durante 33 horas, arroja los siguientes resultados: se han identificado 104 especies de diatomeas, 55 dinoflagelados, 4 cocolitofóridos, 2 silicoflagelados y 4 flagelados, las diatomeas también son las mayores contribuyentes de la biomasa. La mayor producción ocurre cerca de la costa. La composición no varía mucho en períodos cortos. La mayor densidad de células se encuentra entre la superficie y los 25 m de profundidad. El índice de diversidad se mantiene alrededor de 2.5 bits/célula independientemente de la distribución. Lejos de la costa, donde las condiciones del ambiente son más estables, no hay diferencias estacionales de dominancia, la cual encabeza el cocolitofórido *Emiliana huxleyi*, seguido de los flagelados y de las diatomeas *Nitzschia closterium* y *N. delicatissima*. Cerca de la costa la dominancia cambia con la estación del año; en la primavera, *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros socialis*, *Ch. curvisetus* y *Ch. debilis*, la sucesión continúa en verano con *Ch. socialis* y *Schröderella delicatula*, en el otoño domina *Asterionella japonica* y recién comienza *S. costatum*.

SUMMARY

Analysis of about 130 water samples between March and November of 1977 distributed among about 50 surface stations, close and off the coast, and about 80 surface and depth samples in two fixed stations occupied for 33 hours, resulted in the following: identification of 104 species of diatoms, 55 dinoflagellates, 4 coccolithophorids, 2 silicoflagellates and 4 naked flagellates, the diatoms made also most of the biomass. Most of the production occurred near the coast. Specific composition did not vary much in short periods. The greatest cell density occurred between the surface and the 25 m depth. The diversity index was stable around 2.5 bits/cell independently of distribution. Off the coast, where environment conditions are more stable, there were no seasonal differences in specific dominance, which was headed by the coccolithophorid *Emiliana huxleyi* followed by the naked flagellates and the diatoms *Nitzschia closterium* and *N. delicatissima*. Close to shore specific dominance changes with the season; in the Spring *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros socialis*, *Ch. curvisetus* and *Ch. debilis*, the succession continues in the Summer with *Ch. socialis* and *Schröderella delicatula*, in the Autumn dominates *Asterionella japonica* and just starts *S. costatum*.

INTRODUCCION

El mar junto a la costa peruana es una de las regiones de mayor producción en el mundo y sostuvo una gran población de anchoveta hasta antes de 1972, cuando una de las ocurrencias del fenómeno conocido como "El Niño" tuvo drásticas consecuencias para el ecosistema local provocando la disminución de la población de anchovetas. Este hecho incrementó el interés en el conocimiento de la producción biológica en esta área, habiéndose realizado numerosas investigaciones sobre la pro-

ductividad y el fitoplancton de esta región. Entre ellas tenemos: Calienes, 1973; Calienes y Guillén, 1976; Guillén, 1973, Guillén et al. 1973, 1977; Guillén e Izaguirre de Rondán, 1973, 1974; Hobson et al. 1973; Mendiola y Estrada, 1976; Semina 1974.

El propósito de este trabajo fue estudiar la composición específica, distribución, biomasa, y cambios de composición y abundancia del fitoplancton en cortos períodos de tiempo en el área de Chimbote.

MATERIAL Y METODOS

El material estudiado fue colectado durante los cruceros: BI - Tareq II - 7703 (marzo 1977), BI - SNP - 1 - 7706 (junio 1977), 7710 (octubre 1977) y CSS Baffin - 77 - 030 (noviembre 1977). Las posiciones de las estaciones se presentan en la Figura 1.

En todas las estaciones se tomaron muestras de agua superficial. En junio y noviembre el muestreo fue estratificado entre 0 y 100 metros.

Se hicieron dos estaciones fijas en la segunda y tercera parte del Crucero 77-030 del CSS Baffin: Est. A situada en 09°29' S y 78°55' W donde se hicieron 8 muestreos durante 33 horas (Est. 116, 118, 120, 122, 124, 126, 127 y 128) y Est. B situada en 09°21' S y 78°51' W la que se visitó diariamente a la misma hora, durante 5 días. Posteriormente se permaneció en este lugar durante 33 horas realizándose 5 muestreos (Est. 193, 197, 213, 222, 240, 242, 244, 247, 249).

Las muestras se preservaron en formalina neutralizada al 20/o. Las especies fueron identificadas y contadas con un microscopio invertido (Utermöhl, 1958), en cámaras de sedimentación de 100 ml de

capacidad.

Los organismos menores de 50 micras fueron contados en un campo correspondiente a 3 ml utilizando aumentos de 400 x para los organismos menores de 10 micras y 160 x para organismos de 11 a 50 micras. Los organismos mayores se contaron en toda la base de sedimentación con aumentos de 100 x. Los resultados se dan en número de células por $10^4 l^{-1}$.

Los volúmenes de las células se calcularon aplicando fórmulas de volúmenes de sólidos geométricos de formas parecidas.

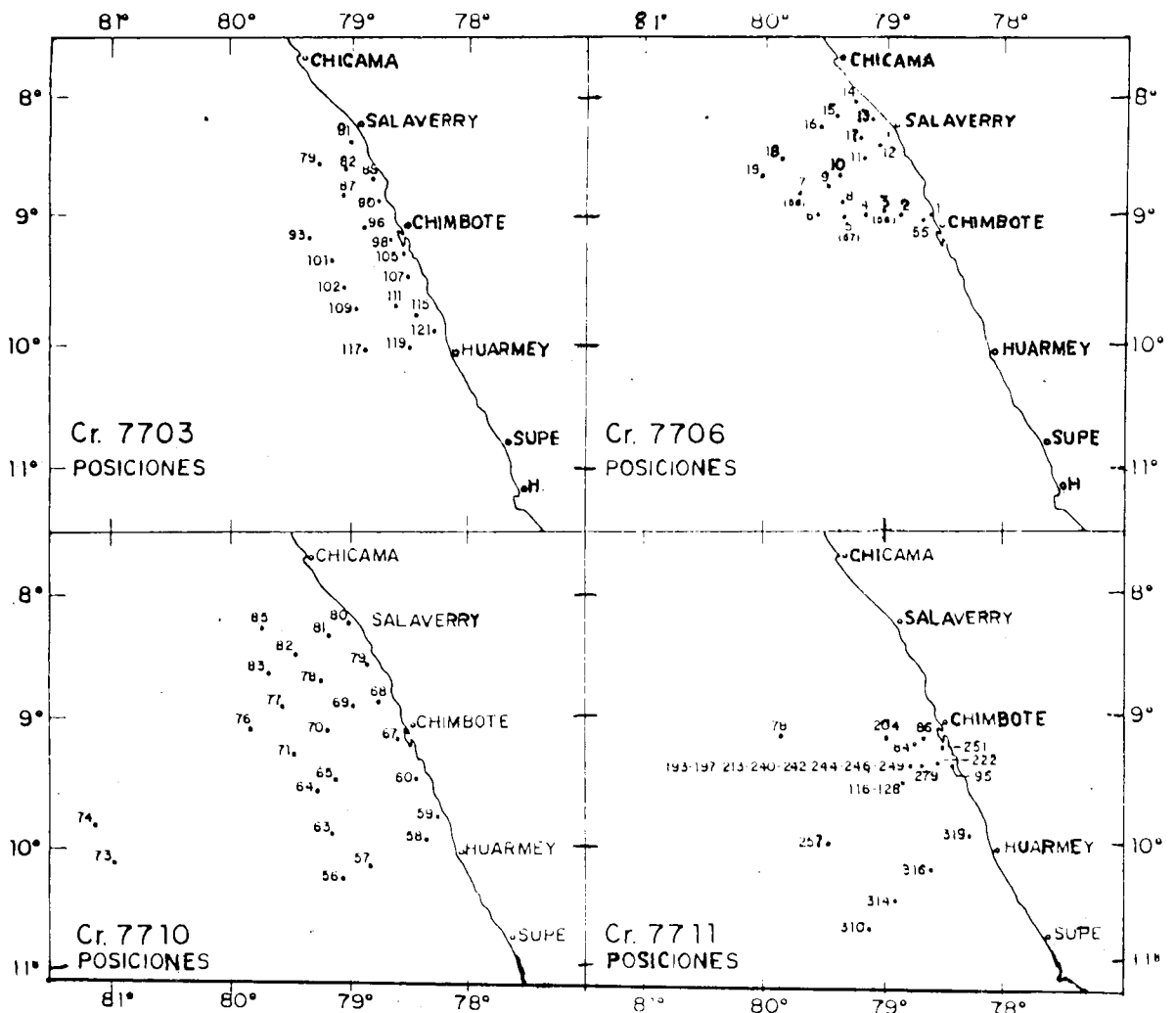
El carbón celular fue calculado a partir de los volúmenes celulares usando la ecuación de Strathmann (1967), los resultados se expresan en $mg C m^{-3}$.

El Índice de Diversidad se calculó de acuerdo a la ecuación de Shannon y Weaver (1963): $D = - \sum p_i \log_2 p_i$ donde $\sum p_i = 1$ y los resultados se expresan en bits por célula.

CARACTERISTICAS DEL AREA

El área estudiada presenta un perfil costero que es casi paralelo a la dirección predominante

FIG. 1 Posiciones de las estaciones



de los vientos Alisios del S E. Esta configuración asociada con la acción de la Corriente costera peruana favorece el afloramiento durante gran parte del año, convirtiéndola en una de las áreas más productivas de la costa peruana (Zuta y Guillén, 1970).

Wirtki (1963) señala además que el afloramiento está retringido a profundidades menores de 100 mts y que en esta región de la costa está abastecido por aguas ecuatoriales sub-superficiales que fluyen hacia el sur con la Contracorriente Peruana y la Corriente Peruana subsuperficial. Posteriormente Cochrane y Zuta (1968) y White (1969) mostraron que ambas forman un solo flujo convergente.

La plataforma continental alcanza un ancho de 65 millas frente a Chimbote, está limitada por la isóbata de 100 brazas y es la más ancha de toda la costa.

El rango anual de temperatura promedio de la superficie (período 1928 - 1969) varía de 16 a 22 °C. Las temperaturas más bajas se presentan en el mes de octubre y las más altas en el mes de marzo (Zuta y Urquiza 1972).

RESULTADOS

Composición del fitoplancton.

Se identificaron 104 especies de diatomeas, 55 de dinoflagelados, 4 coccolitoforidos, 2 de silicoflagelados y 4 de flagelados desnudos; aún cuando la mayoría de los organismos fueron identificados hasta especie, hubo un grupo de flagelados desnudos que por su tamaño pequeño no fue posible identificar.

Para conocer la contribución de los diferentes grupos se obtuvo el contenido de carbón celular en cada uno de los grupos.

Las diatomeas fueron el principal componente del fitoplancton, representando en número más del

FIG. 2 Composición porcentual del fitoplancton; números a la izquierda, carbón celular a la derecha. A = diatomeas, B = dinoflagelados, C = flagelados, D = coccolitofóridos.

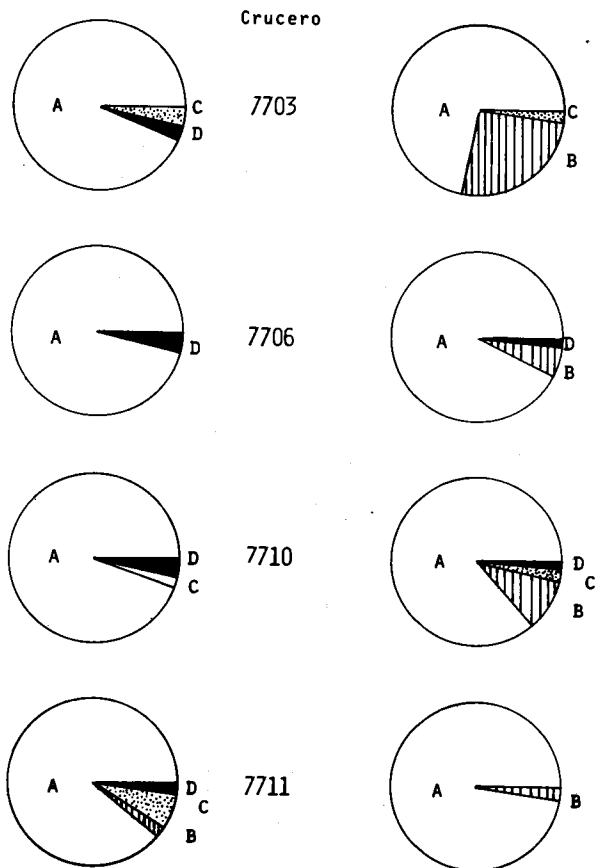
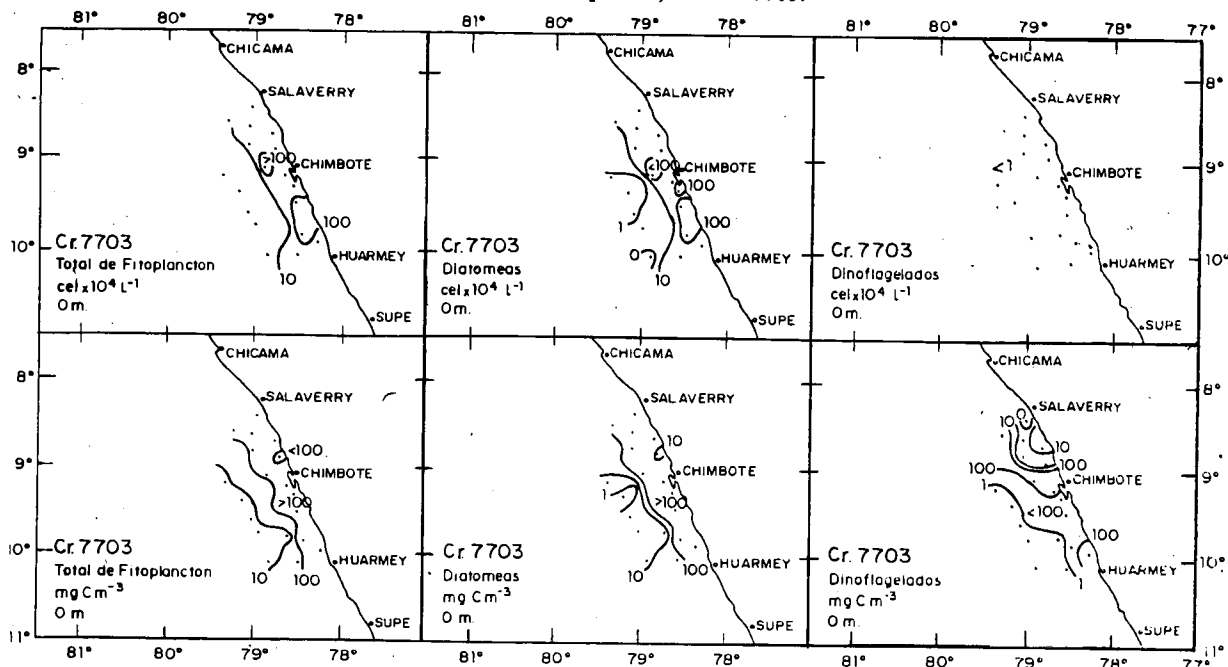


FIG. 3 Distribución del número de células x 10⁴ por litro y del carbón celular en mg por metro cúbico de las diatomeas y los dinoflagelados en superficie, Crucero 7703.



90% del total y en contenido de carbón más del 70%. Las especies responsables de esta abundancia fueron la *Schröderella delicatula*, *Asterionella japonica*, *Skeletonema costatum* y *Chaetoceros debilis*. La contribución en número y carbón de los otros grupos de organismos fue pequeña excepto por los dinoflagelados que tienen poca importancia en número pero por su contenido de carbón tienen mayor influencia en la población, principalmente en los Cruceros 7703 y 7710 con 26 y 16% respectivamente del carbón total de fitoplancton. (Figura 2).

Distribución horizontal del fitoplancton.

Verano (Crucero 7703). Figura 3. Las mayores concentraciones se encontraron en las áreas más próximas a la costa. Las diatomeas fueron tanto en número como en carbón celular el principal componente del fitoplancton representando en número de células más del 90% y el 70% en carbón celular. Observándose dos focos de concentración, uno frente a Chimbote constituido por *Sch. delicatula* y *Ch. socialis* y el otro al norte de Huarney constituido casi exclusivamente por *Sch. delicatula*.

Los dinoflagelados estuvieron presentes en escasa cantidad aunque su distribución de carbón celular mostró algunos focos de abundancia, más de 100 mg C m⁻³, dados por la *Noctiluca miliaris*.

La composición varía con la distancia de la costa. Las diatomeas como *Sch. delicatula* y *Ch. socialis*, predominaron en el área cerca de la costa, mientras que en las estaciones alejadas de ella predominaron el cocolitoforido *Emiliana huxleyi* y pequeños flagelados desnudos que por su alta relación superficie-volumen son capaces de tomar nutrientes en ambientes pobres.

Los valores de índices de diversidad, Figura 7, son menores que 2.5, indicando que las poblaciones se encuentran en las primeras fases de la sucesión, por tanto, en activo crecimiento.

Los valores mínimos de diversidad, .17 y .41, los hallamos en estaciones en que el número de células es bastante elevado pero con gran predominancia de una sola especie *Sch. delicatula*, est. 107 y 115.

Otoño (Crucero 7706). Figura 4. En esta estación la distribución fue más irregular. Las diatomeas constituyeron más del 95% del total de fitoplancton. Se presentaron dos focos de concentración con más de 100 cel x 10⁴ l⁻¹, frente a Chimbote y el norte de Salaverry constituidas por *A. japonica*, *Ch. socialis* y *Sk. costatum*.

La distribución de carbón celular muestra además afuera de Chimbote un foco de alta concentración que estuvo dado por *Sch. delicatula*.

Los dinoflagelados presentaron valores bajos tanto en número como en carbón.

La composición fue diferente cerca y lejos de la costa, cerca de la costa abunda la *A. japonica*, *Sch. delicatula*, los *Chaetoceros* como: *Ch. socialis*, *Ch. debilis*; *Nitzschia delicatissima* y *N. pungens*. Afuera el fitoplancton cambió a *E. huxleyi*. La diversidad, Figura 7, es más alta que en el verano por corresponder a una población más avanzada.

Primavera (Cruceros 7710 y 7711). Figuras 5 y 6. Al comenzar la primavera (octubre) la biomasa fitoplanctónica es mayor dentro de las 30 millas principalmente de Salaverry a Chimbote donde encontramos concentraciones mayores de 500 cel x 10⁴ l⁻¹, constituidas por *Sk. costatum* y *A. japonica*.

La población fitoplanctónica estuvo constituida en un 95% de diatomeas. Los dinoflagelados estuvieron presentes en escasa cantidad, aunque debido a la presencia de *N. miliaris*, dieron valores altos de carbón celular.

Dentro de las 30 millas la dominancia fue de *Sk. costatum*, *A. japonica*, *Sch. delicatula* y varias especies de *Chaetoceros* como: *Ch. socialis*, *Ch. curvisetus* y *Ch. debilis*. Afuera de la costa la pobla-

FIG. 4 Distribución de diatomeas y dinoflagelados como en la Fig. 3 para el Crucero 7706.

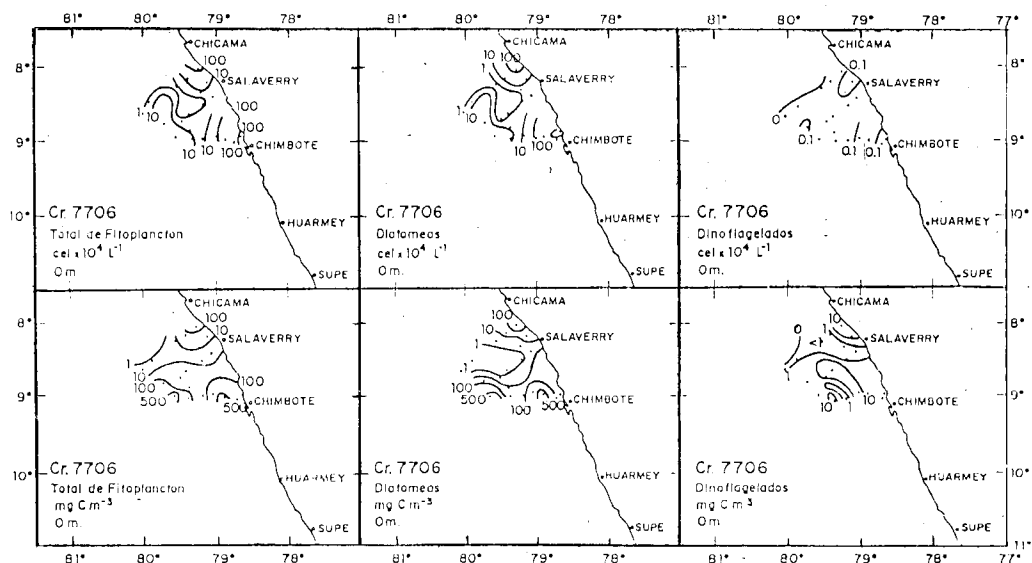


FIG. 5 Distribución de diatomeas y dinoflagelados como en las Figs. 3 y 4 para el Crucero 7710.

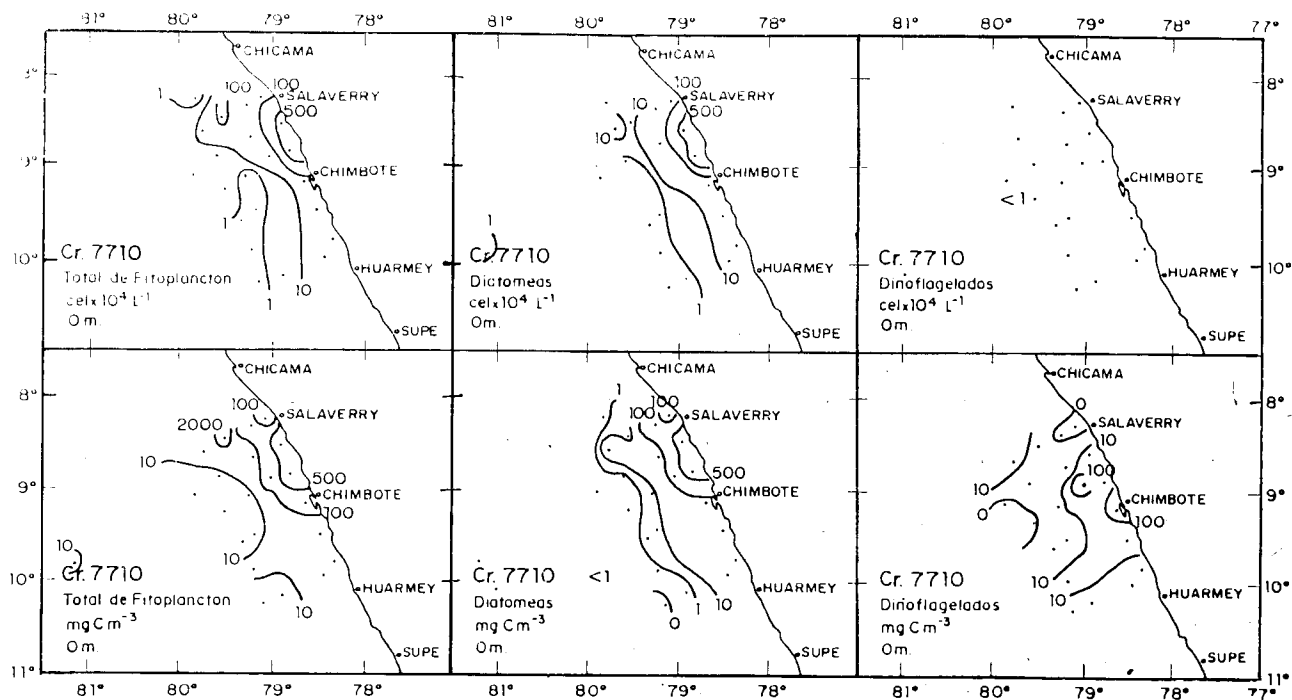
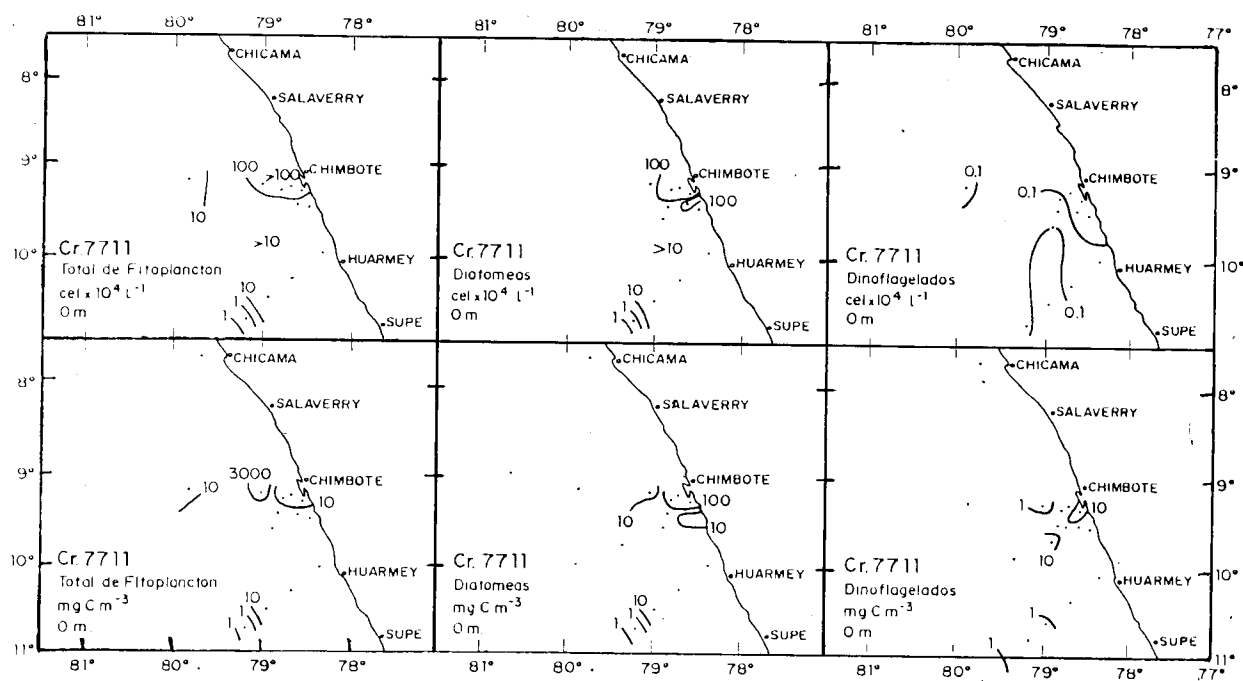


FIG. 6 Distribución de diatomeas y dinoflagelados como en la Fig. 5 para el Crucero 7711.



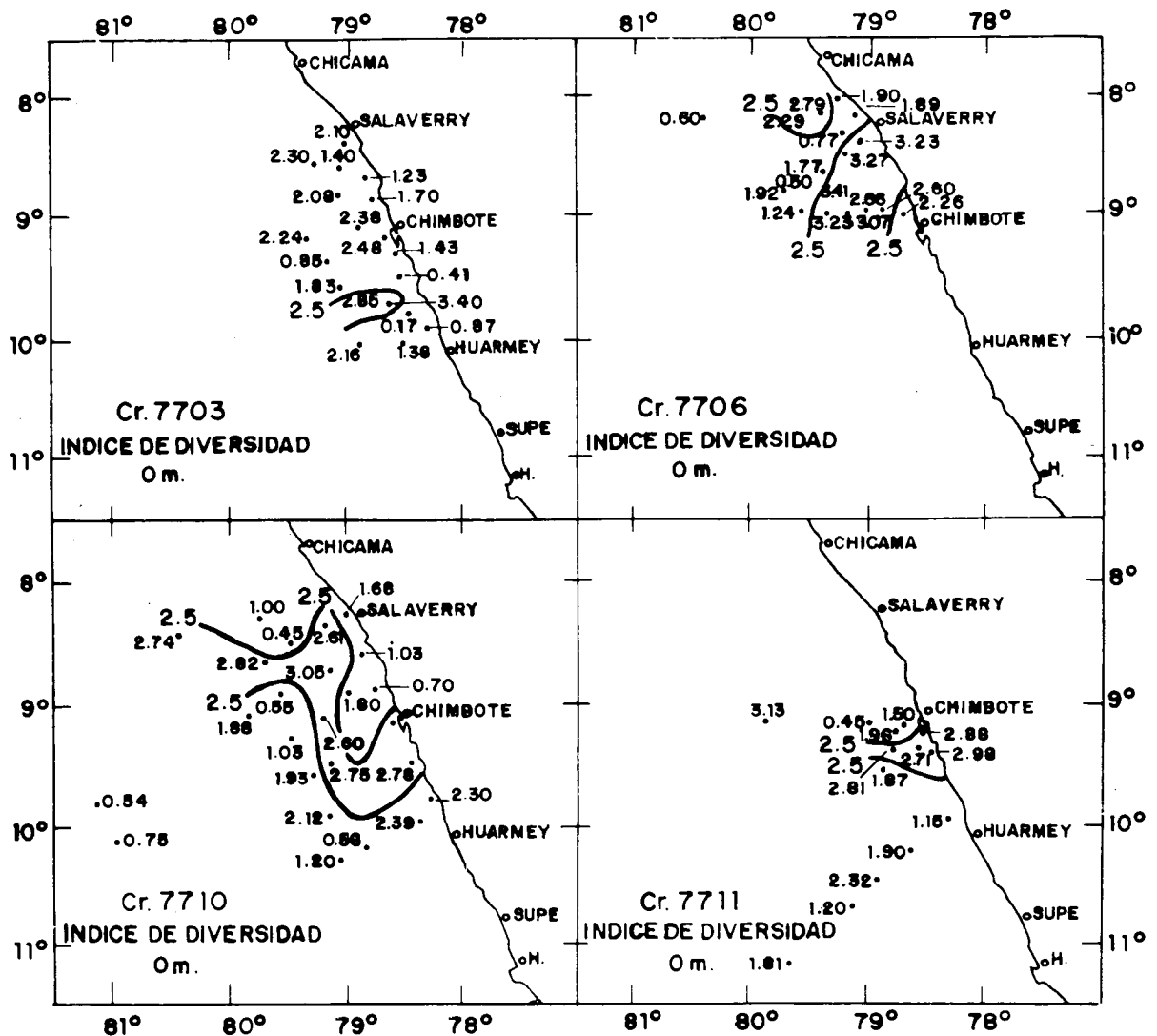
ción fitoplanctónica estuvo conformada por especies pequeñas como *E. huxleyi*, los flagelados desnudos y entre las diatomeas *N. closterium* y *N. delicatissima*.

A 35 millas frente a Salaverry se observó una extraordinaria abundancia del ciliado fotosintético *Messodinium rubrum* que se encontró en grandes concentraciones de células (258 cel x 10⁴ l⁻¹, Est. 82) lo que da una elevada producción (2800 mg C m⁻³).

En Noviembre, las mayores concentraciones se observan cerca de la costa, dentro de las 30 millas. Las diatomeas fueron las más numerosas constituyendo alrededor del 90% de la población. Los dinoflagelados se encuentran en valores muy bajos.

Como en los cruceros anteriores, la composición fue diferente cerca y lejos de la costa. En las estaciones costeras dominan los Chaetoceros como: *Ch. socialis*, *Ch. compressus* y *Sk. costatum*, per-

FIG. 7 Distribución del índice de diversidad en la superficie para cuatro cruceros.



maneciendo aún la *A. japonica*. En las estaciones más alejadas de la costa predominaron la *E. huxleyi*, los dinoflagelados y las diatomeas *N. closterium* y *N. delicatissima*.

En este crucero también se observó una gran proliferación del *M. rubrum*, $324 \text{ cel} \times 10^4 \text{ l}^{-1}$, Est. 204. El mismo que se hace más evidente en la distribución de Carbón celular (3000 mg C m^{-3}).

La diversidad vuelve a ser baja indicando que la población se encuentra en la primera fase de la sucesión, es decir, que en esta estación se inicia el florecimiento fitoplanctónico encontrándose predominancia de diatomeas pequeñas típicas de esta fase. Índices de diversidad muy bajos (0.4) confirman también la existencia de aguas en el área.

Distribución Vertical del fitoplancton.

Se describen el perfil Chimbote para el crucero 7706 y los perfiles de Chimbote y Huarney para el crucero 7711.

En otoño en el perfil Chimbote (Figura 8) la biomasa fitoplanctónica varía con la profundi-

dad encontrándose la mayor abundancia entre 10 y 0 mts. Las diatomeas fueron los organismos más importantes presentando una distribución semejante al total de fitoplancton tanto en número como en carbón celular y representando el 90% de la población. Las especies predominantes fueron la *A. japonica* y *Ch. socialis*. Los dinoflagelados estuvieron muy pobremente representados, en número y en carbón celular.

En primavera en el perfil Chimbote (Figura 9) la distribución es diferente, la mayor abundancia se encuentra sobre la plataforma (entre las 10 y 20 millas) entre los 40 y 0 mts. Esta abundancia está dada por *Ch. socialis*, *A. japonica* y *Ch. curvisetus*.

En las estaciones alejadas de la costa la población es muy pobre y está constituida por fitoflagelados, *N. delicatissima* y *E. huxleyi*.

Los dinoflagelados son poco numerosos y su contribución de carbón celular es muy pobre. La distribución de carbón celular es semejante a la de números de células.

FIG. 8 Distribución vertical de diatomeas y dinoflagelados, perfil Chimbote, Crucero 7706.

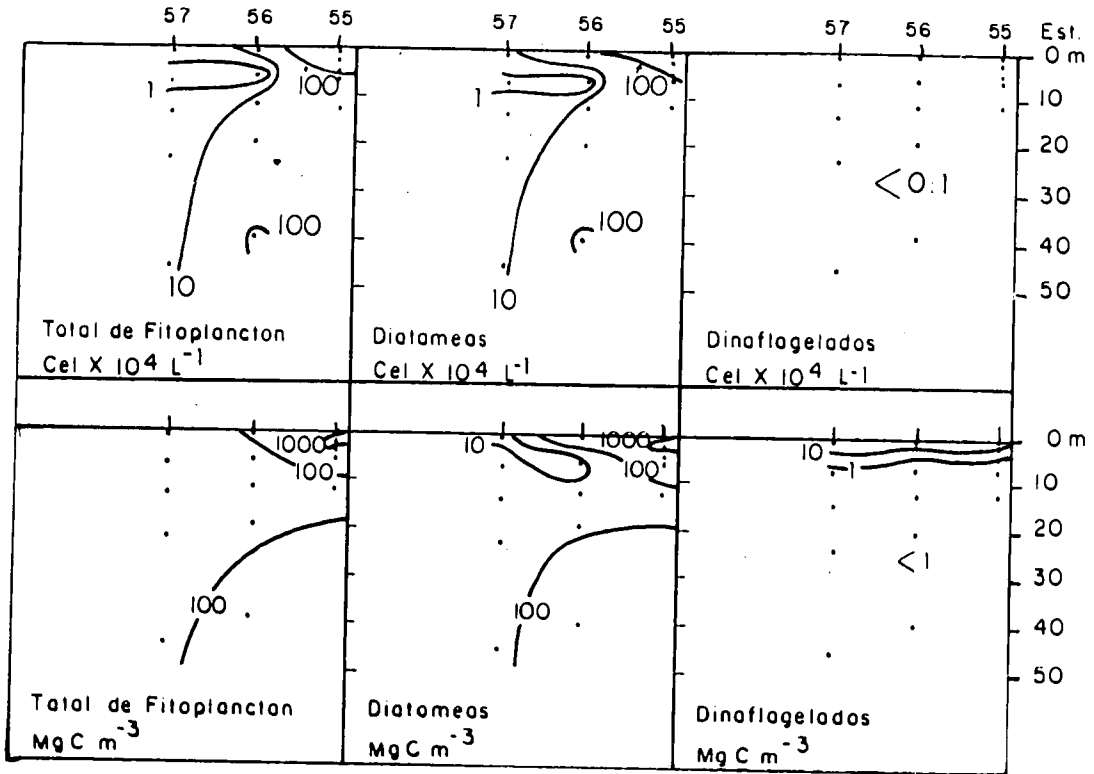
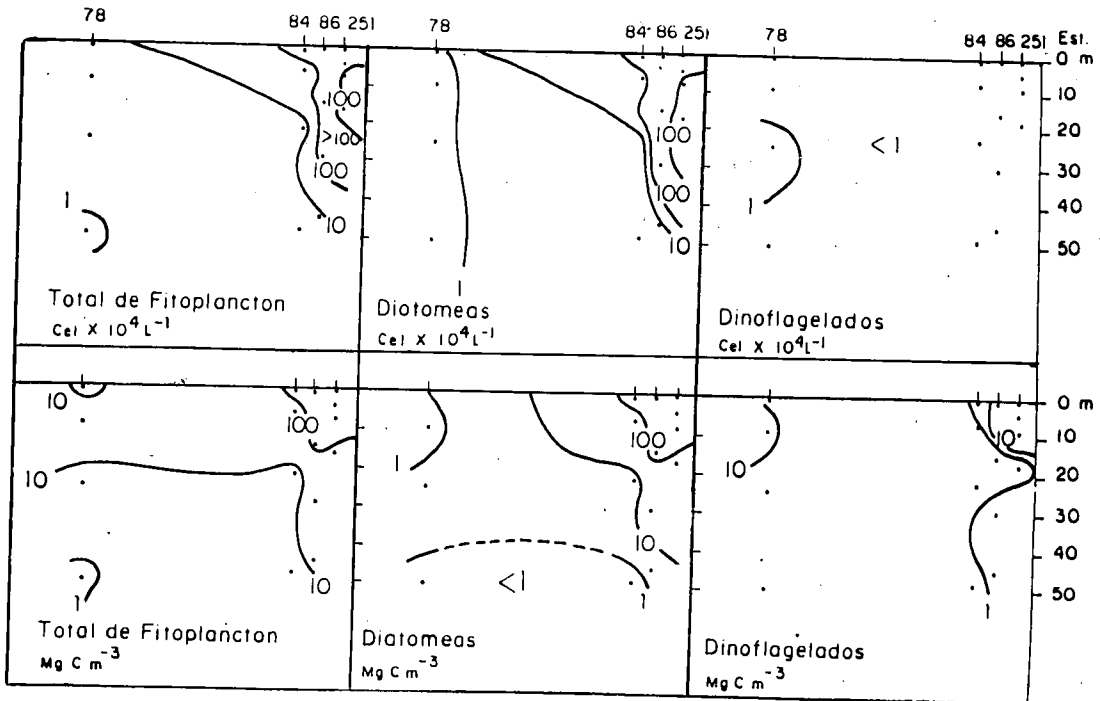


FIG. 9 Distribución vertical de diatomeas y dinoflagelados, perfil Chimbote, Crucero 9711.

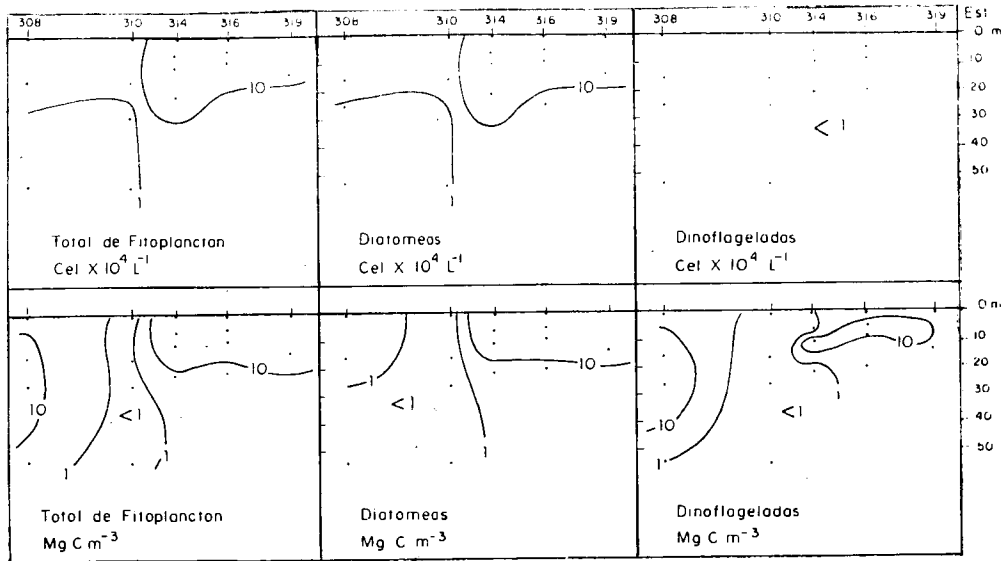


En el perfil Huarmey (Figura 10) la mayor abundancia se encuentra entre los 20 y 0 mts de profundidad. Las diatomeas tienen una distribución semejante al total de fitoplancton y representan el 90% del mismo. Las especies predominantes son *Ch. socialis*, *Ch. compressus* y *D. mediterraneus*. Afuera de la plataforma la población

es mas pobre y está constituida por *N. closterium* y flagelados pequeños. En este perfil también los dinoflagelados son muy pobres en número aunque su contribución en carbón celular es mayor.

Los índices de diversidad (Figura 11) son mas bajos en primavera, cuando se inicia el florecimiento de las diatomeas y mas altos en otoño, indicando

FIG. 10 Distribución vertical de diatomeas y dinoflagelados, perfil Huarmey, Crucero 9711.



que se trata de una fase mas avanzada de la población. En general los valores mas altos de diversidad se encuentran afuera de la plataforma donde las poblaciones fitoplanctónicas se hacen relativamente mas estables.

Cambios en cortos períodos de tiempo.

Se graficó la distribución del fitoplancton en las diferentes profundidades y horas del día de la primera estación fija (Figura 12) y se graficó en escala logarítmica el promedio de células por litro de la zona eufótica de las dos estaciones fijas. (Figuras 13 a y b).

La abundancia fitoplanctónica (Figura 12 y 13 a) alcanza sus máximos valores aproximadamente a medio día (Est. 122) decreciendo gradualmente hasta alcanzar sus mínimos valores a media noche aproximadamente (Est. 118, 127, y 128). La producción se da en las capas superiores hasta los 20 o 25 mts de profundidad, disminuyendo notablemente debajo de los 40 mts coincidiendo con la extensión de la zona eufótica. Las diatomeas se distribuyen en forma similar al fitoplancton total. En general las mismas especies, *Ch. socialis*, *Sch. delicatula*, *A. japonica* y *Ch. didymus* fueron dominantes en todas las profundidades y estaciones, variando solo la abundancia, no observándose cambios notables en la sucesión en tan corto período

de tiempo.

En la otra estación fija (Figura 13 b) se observan resultados similares para el período de 33 horas.

Sin embargo los cambios en las poblaciones fitoplanctónicas sí se hacen evidentes durante la observación de 8 días. En la Est. 193 se encuentra como organismo dominante el ciliado fotosintético, *Messodinium rubrum*, en profundidades subsuperficiales de la zona eufótica. Esta población fue reemplazada por otra con dominancia de microflagelados acompañados de cantidades significantes de ciliados y dinoflagelados, notándose un incremento paulatino de las diatomeas pequeñas como *Ch. socialis*, *Ch. compressus*, *Bacteriastrium delicatulum* y *N. closterium* que se hacen dominantes al final del experimento, aunque los ciliados y dinoflagelados permanecen aún en apreciables cantidades.

DISCUSION

Según Ryther et al. (1971) las aguas costeras del Perú exhiben uno de los mas altos niveles de producción orgánica. Ellos consideran que la densidad normal en el océano es de 1 a 10,000 células por litro, el 86% de nuestros valores de densidad superan ampliamente estos valores habiéndose encontrado valores tan altos como 6'851,370 cel x l-1

FIG. 11 Distribución vertical del índice de diversidad en tres cruceros. Las áreas sombreadas indican diversidad mayor de 2.9 bits por célula.

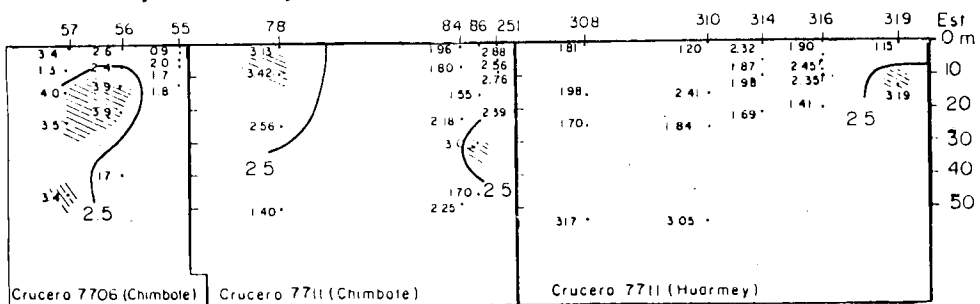


FIG. 12 Distribución vertical de todo el fitoplancton y de sólo las diatomeas en la Estación A a diferentes horas del día.

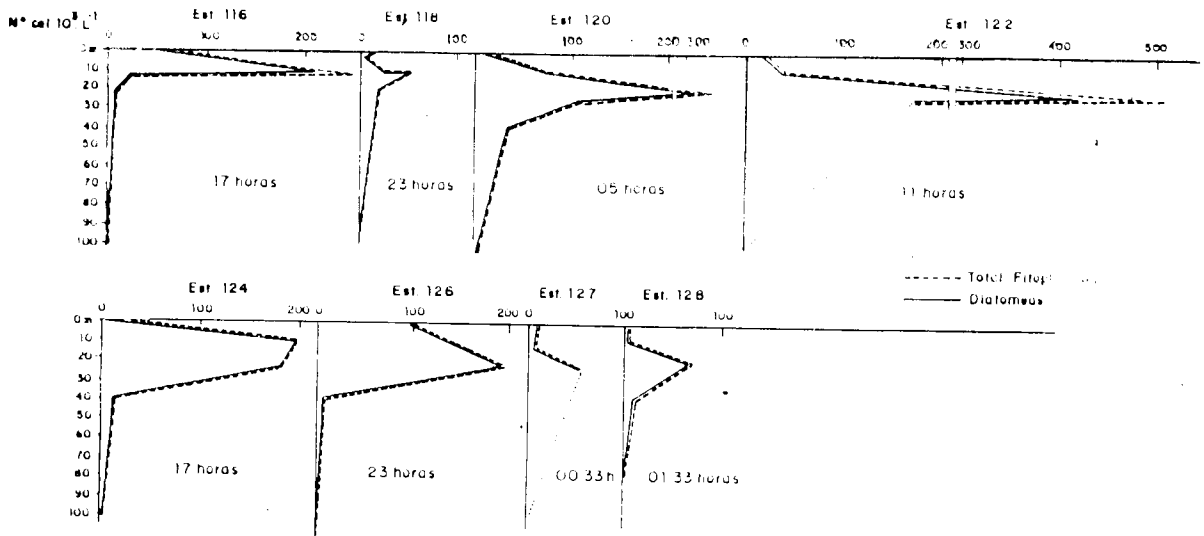
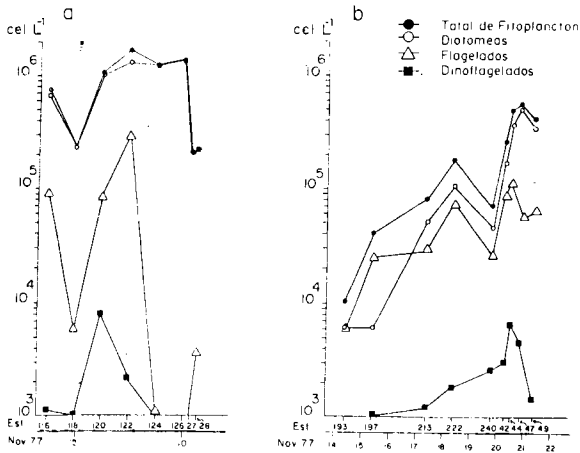


FIG. 13 Cambios de la abundancia del fitoplancton a corto tiempo. El 9 y 10 de noviembre (a) y del 14 al 22 de noviembre (b).



(Est. 68 – Crucero 7710) lo que confirma la extraordinaria riqueza del mar peruano.

Las diatomeas son el principal constituyente del fitoplancton, lo que fue observado también por otros investigadores como, Blasco (1971), Mendiola y Estrada (1976), Strikland et al. (1969), Calienes (1966, 1973), Guillén et al. (1979) entre otros.

Los autores antes mencionados señalan que en el Perú los mas altos niveles de producción se encuentran cerca de la costa y decrecen hacia afuera conforme decrecen los nutrientes. Los mismos resultados fueron encontrados por Huntsman y Barber (1977) para le Noroeste africano. También en nuestros resultados las mayores concentraciones se encuentran cerca de la costa y las poblaciones están constituídas principalmente por diatomeas, en cambio, en las estaciones alejadas de la costa los niveles de concentración son mas bajos y la población fitoplanctónica es diferente, constituída principalmente por organismos de pequeño tamaño como el cocolitoforido *Emiliana huxleyi*, los microflage-

lados desnudos y las diatomeas *N. closterium* y *N. delicatissima*, los mismos que por su pequeño tamaño tienen una alta relación superficie – volumen, lo que los hace mas capaces de absorber nutrientes en ambientes con bajas concentraciones.

Margalef (1968) señala que los valores de índice menores que 2.5 corresponden a poblaciones en activo crecimiento caracterizadas por la presencia de pequeñas diatomeas. Nuestros valores, los hallados por Blasco (1971) para el área de San Juan y por Rojas de Mendiola y Estrada (1976) para el área de Pimentel muestran que en general el mar peruano corresponde a una población en esta fase.

En la primavera coincidiendo con el incremento de luz y temperatura, se inicia el florecimiento fitoplanctónico que se mantiene en el verano, decreciendo en otoño. Así mismo, se observan cambios estacionales en la composición específica del fitoplancton que se encuentra sobre la plataforma. En primavera la población está constituída por diatomeas de pequeño tamaño que corresponden a la primera fase de la población, como *Skeletonema costatum*, *Ch. socialis*, *Ch. curvisetus*, y *Ch. debilis*. En el verano continúa el *Ch. socialis* y se hace abundante la *Sch. delicatula*. En el otoño la predominancia es de *A. japonica*, que permanece hasta la primavera, aparece la *Sk. costatum*, permaneciendo en menor proporción los organismos dominantes del verano. Afuera de la plataforma donde las condiciones ambientales son más estables y homogéneas, la dominancia es la misma durante todo el año y la población está representada por *Emiliana huxleyi* y microflagelados, acompañados durante la primavera por *Nitzschia closterium* y *N. delicatissima*.

La distribución vertical de biomasa muestra que la concentración decrece con la profundidad. La mayor producción se encuentra en la zona eufótica arriba de los 20 ó 25 mts de profundidad. Debajo de esta zona la producción es muy baja y po-

co variable. En general los mismos organismos se encuentran como predominantes en todas las profundidades.

No se perciben cambios en la composición del fitoplancton en muy cortos períodos de tiempo, observándose fluctuaciones solo en la cantidad durante el día y la noche.

En general se observaron mayores concentraciones durante el día que en la noche. Walsh et al. (1971) señalan que el consumo nocturno por par-

te de los animales, la ausencia de luz para realizar la fotosíntesis y la pérdida por advección, podrían influir en este decrecimiento nocturno.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Dr. Antonio Landa por sus valiosas sugerencias y la revisión del trabajo, así mismo, al Sr. Guillermo Gra-
cey por la confección de los gráficos.

REFERENCIAS

- BLASCO, D. 1971. Composición y distribución del fitoplancton en la región del afloramiento de las costas peruanas. *Inv. Pesq.* 35 (1): 61-112.
- CALIENES R. 1966. Fluctuaciones del fitoplancton en relación con los fosfatos, temperatura y el desove de la anchoveta (*Engraulis ringens* J.) en el área de Callao, en los años 1961-1962. Memoria del 1er. Seminario Latinoamericano sobre el Océano Pacífico Oriental. U.N.M. "San Marcos".
- 1973. Diversidad y asociación del fitoplancton en Callao. 1961-1962. Tesis, Univ. Nac. San Agustín. Arequipa, Perú.
- 1976. The seasonal cycle of phytoplankton and its relation to upwelling in peruvian coastal waters. *CUEA Newsletter* 5 (1).
- COCHRANE, J. and S. ZUTA. 1968. Equatorial currents East of the Galapagos Islands in February - March 1967. Texas A. & M. University, Dept. of Oceanogr. (In press).
- GUILLEN, O. 1973. Carbon-Chlorophyll relationships in Peruvian coastal waters. In *Oceanography of the South Pacific 1972*; comp. R. Fraser. New Zealand National Commission for UNESCO, Wellington 373-385.
- B. de MENDIOLA and R. de RONDAN. 1973. Primary productivity and phytoplankton in the coastal Peruvian waters. *Oceanography of the South Pacific 1972*; comp. R. Fraser. New Zealand National Commission for UNESCO, Wellington; 1973: 405-418.
- and R. de RONDAN. 1973. Distribution of Chlorophyll "a" in the Peru coastal current. *Oceanography of the South Pacific 1972*; comp. R. Fraser. New Zealand National Commission for UNESCO, Wellington 387-395.
- y R. de RONDAN. 1974. Productividad de las aguas costeras frente al Perú. I parte: Medio ambiente y Producción primaria. *Informe Esp. Inst. Mar Perú Callao* (148).
- R. CALIENES and N. OCHOA. 1979. Cruise B/I SNP - 1 7604. April 24 - 28 1976. CUEA. Data Report 62, 112 p.
- HOBSON, L., D. MENZEL and R. BARBER. 1973. Primary production and sizes and pools of organic carbon in the mixed layer of the ocean. *Mar. Biol.* 19, 298-306.
- HUNTSMAN S. and R. BARBER. 1977. Primary production off Northwest Africa. The relationship to wind and nutrient conditions. *Deep Sea Res.* 24, p. 25-34.
- MARGALEF R. 1968. *Perspectives in Ecological theory.* The University of Chicago Press. Chicago. 111 pp.
- RYTHER, J., D. MENZEL, E. HULBURT et al. 1971. La producción y utilización de la materia orgánica en la Corriente Costera del Perú. *Inv. Pesq.* 35 (1) p. 43-59.
- ROJAS de MENDIOLA, B. y M. ESTRADA. 1976. El fitoplancton en el área de Pimentel. Verano de 1972. *Inv. Pesq.* Vol. 40 (2) Pag. 463-490.
- SEMINA, H. 1974. Phytoplankton of the Pacific Ocean. Academy of Sciences of the USSR. Soviet National Committee for the International Biological Programme.
- SHANNON, C. and W. WEAVER. 1963. *The Mathematical Theory of Communication.* University of Illinois Press. Urbana, pp. 125.
- STRATHMANN, R. 1967. Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. *Limnol. Oceanogr.* 12: 411-418.
- STRICKLAND, S., R. EPPLEY y B. de MENDIOLA. 1969. Poblaciones de fitoplancton, nutrientes y fotosíntesis en aguas costeras peruanas. *Inst. Mar Perú Callao.* Vol 2 (1): 4-45.
- UTTERMOHL, H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton Methodik. *Mitt. Inst. Ver. Limnol.* 9, pp. 1-38.
- WALSH, J., J. KELLY, R. DUGDALE and E. FROST. 1971. Gross features of the Peruvian upwelling system with special reference to possible diel variation. *Inv. Pesq.* 35: 25-42.

- WYRTKI, K. 1963. The horizontal and vertical field of motion in the Peru Current. **Bull. Scripps Instn Oceanogr.** 8 (4) 313.
- WHITE, W. 1969. The Equatorial Undercurrent, the South Equatorial Countercurrent, and their extension in the South Pacific Ocean east of the Galapagos Islands during February-March 1967. Tech. Rept. ONR Contract. N° 2119 (04). Texas, A. & M. Univ. (69-4-1): 74 pp.
- ZUTA, S. y O. GUILLEN. 1970. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. **Bol. Inst. Mar Perú Callao.** Vol. 2 (5): 157-323.
- y W. URQUIZO. 1972. Temperatura promedio de la superficie del mar frente a la costa peruana, período 1928-1969. **Bol. Inst. Mar Perú Callao.** Vol. 2 (8): 459-520.