

# El fitoplancton en el área de Pimentel. Verano de 1972\*

por

BLANCA ROJAS DE MENDIOLA\*\* y MARTA ESTRADA\*\*\*

## INTRODUCCIÓN

La costa peruana se caracteriza por ser una región altamente productiva, con una gran riqueza fitoplanctónica que permite el sostenimiento de grandes poblaciones de peces que constituyen la gran riqueza económico-pesquera de la zona. De ahí que muchos investigadores dirijan su interés hacia Perú para estudiar tanto los aspectos básicos de oceanografía físico-química y biológica, como los de explotación y comercialización de la rica vida de sus costas.

Son muchos los científicos extranjeros y nacionales que han realizado estudios sobre productividad frente a las costas peruanas: BARBER *et al.* (1971), BEERS *et al.* (1971), BLASCO (1973), GUILLÉN *et al.* (1968, 1970, 1973), RYTHER *et al.* (1970), STRICKLAND *et al.* (1969), WALSH *et al.* (1971), WOOSTER (1960), ZUTA (1973); sin embargo, existe poca literatura sobre la concentración y distribución biogeográfica de las especies fitoplanctónicas; pueden mencionarse las publicaciones de GUNTHER (1936), SEARS (1949), BARREDA (1950), BLASCO (1971), ROJAS DE MENDIOLA (1959, 1965, 1971, 1973), SEMINA (1973).

\* Recibido el 24 de septiembre de 1975. Ha sido realizado en el Instituto de Investigaciones Pesqueras de Barcelona, gracias a la ayuda proporcionada por UNESCO mediante una beca de perfeccionamiento.

\*\* Instituto del Mar del Perú, Esq. Gamarra y Gral. Valle, s/n. Callao. PERÚ

\*\*\* Instituto de Investigaciones Pesqueras de Barcelona, Paseo Nacional, s/n. Barcelona-3. ESPAÑA.

En este trabajo se estudian las variaciones cualitativas y cuantitativas del fitoplancton en el área de Pimentel durante el crucero 7202.

Como los análisis de las muestras ofrecían una gran cantidad de datos, se pensó en la forma de sintetizarlos de una manera sencilla introduciendo métodos de cálculo multivariable. En este trabajo se aplica uno de los nuevos métodos que se han desarrollado para el estudio de asociaciones entre variables, el del análisis de los componentes principales; en este método estadístico, se pretende, dada una matriz de coeficientes de correlación (o de varianza-covarianza) entre una serie de variables, hallar unas nuevas variables (componentes), combinación lineal de las anteriores, de modo que cada uno de los sucesivos componentes extraídos explique la máxima varianza posible.

El análisis de los componentes principales de la matriz de correlación ha sido aplicado al estudio de poblaciones de fitoplancton por MARGALEF y GONZÁLEZ BERNÁLDEZ (1969), BLASCO (1971) y ESTRADA (1972), entre otros; su empleo en diversos campos ha sido expuesto en un «Seminario sobre Análisis Factorial en Ecología y Taxonomía» (MARGALEF, 1971), llevado a cabo en Sant Bernat del Montseny (Barcelona).

## MATERIAL Y MÉTODOS

El material utilizado en este estudio fue obtenido en el perfil Pimentel del crucero 7202. Información sobre aspectos de oceanografía física y química ha sido publicada por ZUTA (1974) y GUILLÉN (1974), respectivamente. Las extraordinariamente altas temperaturas y bajas salinidades observadas estuvieron decisivamente asociadas a la presencia de determinadas especies y a la ausencia de otras que eran características de los veranos normales en esta área de estudio.

Se analizaron 34 muestras recogidas a diferentes profundidades en 6 diferentes estaciones de muestreo. No se siguió un patrón especial para la toma de muestras; unas eran duplicados de las obtenidas para estudios de productividad y fueron tomadas a niveles que correspondían a 100, 50, 25, 10 y 1 % de intensidad de la luz superficial (estaciones 76, 80 y 83), otras se recogieron a 0, 10, 20, 30 y 50 metros de profundidad (estaciones 81 y 82) y en dos de las estaciones sólo se tomó una muestra superficial (estaciones 84 y 85). Las muestras fueron obtenidas con botellas Nansen y Van Dorn y fijadas con formol neutralizado al 10 %.

Para el censo de las especies se usó un microscopio invertido de Utermöhl; se observó toda la base de un cilindro de sedimentación de 25 ml para el recuento de los organismos mayores de 75 micras, con un aumento de  $12,5 \times 10$ ; para los organismos menores de 75 micras se estudió un transecto correspondiente a un volumen de 3 ml, utilizando un au-

mento de  $12,5 \times 40$ . Se identificaron unas 79 especies; algunas formas sólo se pudieron clasificar a nivel de género o de agrupaciones taxonómicas poco definidas. Los resultados se expresaron en células por mililitro.

Los cálculos matemáticos se realizaron en el computador IBM 360 del Servicio de Cálculo de la Universidad de Barcelona.

### CONDICIONES DE AMBIENTE EN EL AREA ESTUDIADA

Pimentel es un área muy productiva en la que se encuentran grandes concentraciones de anchoveta y de peces aptos para consumo humano.

Durante el año 1971, en verano, los valores de temperatura en esta zona fluctuaron entre  $17^{\circ}\text{C}$  y  $20^{\circ}\text{C}$ , y los de salinidad entre  $35\text{‰}$  y  $35,1\text{‰}$  (Inf. Esp. núm. IM-77); en otoño el rango de los valores de temperatura fue de  $18^{\circ}\text{C}$ - $20^{\circ}\text{C}$  y el de los de salinidad  $35,1$ - $35,2\text{‰}$  (FARFÁN *et al.*, 1971); en invierno, los rangos de valores fueron  $15^{\circ}\text{C}$ - $18^{\circ}\text{C}$  y  $35$ - $35,3\text{‰}$ , respectivamente (ZUTA y URQUIZO, 1971), y en primavera  $16^{\circ}\text{C}$ - $19^{\circ}\text{C}$  y  $35$ - $35,1\text{‰}$ , respectivamente. Estos valores están comprendidos dentro de los promedios de temperatura y salinidad registrados para el área de Pimentel durante los años 1961 a 1968 (ZUTA y GUILLÉN, 1970).

En el verano de 1972, año anormal, estos valores variaron considerablemente; se presentaron temperaturas entre  $27^{\circ}\text{C}$  y  $21^{\circ}\text{C}$  y salinidades entre  $34,2$  y  $33,2\text{‰}$ , que correspondían a las aguas traídas por el fenómeno de El Niño (GUILLÉN, 1974). Frente a Pimentel, las aguas superficiales ecuatoriales se hallaron por encima de las aguas subtropicales superficiales, con una capa de mezcla de 30 m de espesor.

La producción primaria en el área, durante el crucero 7202 fue en promedio de  $29,0\text{ mg C/m}^3/\text{día}$ , cifra anormalmente baja, debida a que el fenómeno de El Niño trajo aguas con bajísimas concentraciones de nutrientes (GUILLÉN, 1974); los más altos valores de productividad se

CUADRO 1

Posiciones de las estaciones de toma de muestras

Estación n.º	Latitud Sur	Longitud Oeste
80	$06^{\circ} 50'$	$80^{\circ} 00'$
81	$06^{\circ} 53.6$	$80^{\circ} 10'$
82	$06^{\circ} 56.5$	$80^{\circ} 20'$
83	$07^{\circ} 01'$	$80^{\circ} 35'$
84	$07^{\circ} 04.5$	$80^{\circ} 43.6$
85	$07^{\circ} 10.5$	$81^{\circ} 00'$
76	$07^{\circ} 42'$	$81^{\circ} 26'$

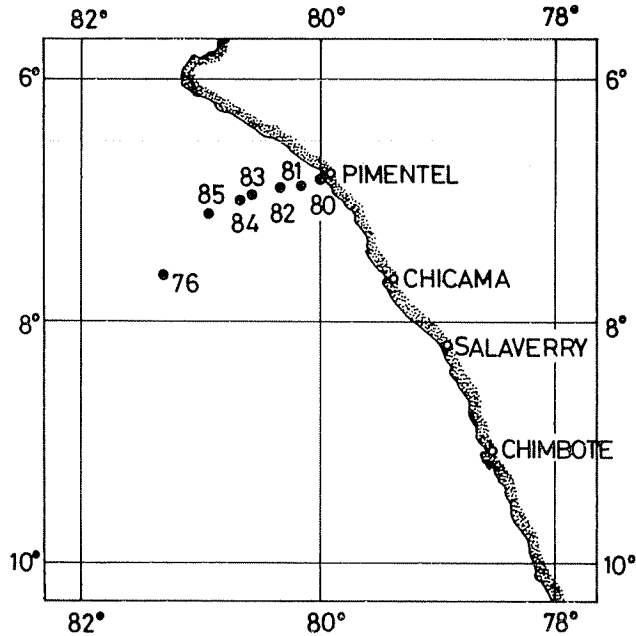


FIG. 1. Posición de las estaciones estudiadas.

hallaron muy cerca de la costa. Al norte de los  $6^{\circ} 30' S$  estuvo presente todavía el afloramiento, que frenó el avance de las aguas de El Niño por el lado costero (ZUTA, 1974).

Las posiciones de las estaciones en que se tomaron las muestras de plancton, motivo del presente estudio se dan en el cuadro 1 (véase también la figura 1).

### ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN

La riqueza en especies de una comunidad fitoplanctónica se puede expresar por un índice de diversidad cuyo valor puede dar idea de ciertas propiedades estructurales de la población. Hay que tener en cuenta que los valores de los índices de diversidad dependen del tamaño de muestra considerado; el modo como un determinado índice varía para diversos tamaños de la muestra da una información muy importante sobre el dinamismo de la comunidad y su localización dentro de la sucesión. Por otra parte, la diversidad tiene sentido en referencia a la comunidad completa, pero puede proporcionar información incoherente si se refiere a colectivos arbitrariamente definidos. Este riesgo se corre

en estudios como el presente, donde individuos de muchas especies no se censaron (organismos muy pequeños o frágiles).

MARGALEF (1959) diferencia tres estados en la sucesión del fitoplancton: 1.º Fase de crecimiento, caracterizada por la presencia de pequeñas diatomeas de una tasa de multiplicación elevada y con preferencia por altas concentraciones de nutrientes; el índice de diversidad (calculado según la fórmula de Shannon) es bajo y varía entre 1 y 2. 2.º Una comunidad con mayor riqueza específica y un índice de diversidad alto, en la que predominan las diatomeas grandes de velocidad de crecimiento relativamente más baja. 3.º Comunidad con una predominancia de dinoflagelados, especies móviles, de crecimiento más lento y con requerimientos nutricionales complejos. El índice de diversidad se puede incrementar hasta 5. Esta etapa se caracteriza además por una disminución general de la densidad del fitoplancton.

Se ha calculado el índice de diversidad (D) de las 34 muestras de plancton recogidas en el perfil Pimentel; la fórmula utilizada ha sido la de Shannon:  $D = -\sum p_i \log_2 p_i$ ;  $\sum p_i = 1$ ;  $p_i$  representa la frecuencia de aparición de cada una de las especies; los resultados se expresan en bits por célula.

Como regla general, la diversidad es baja en las zonas de afloramiento, donde existe una gran producción y predominan unas pocas especies.

La figura 2 muestra la distribución vertical del índice de diversidad. Para no complicar el gráfico se han indicado solamente los valores co-

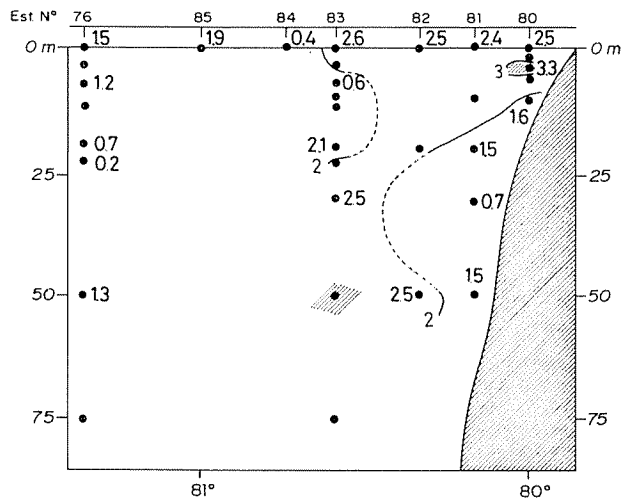


Fig. 2. Distribución vertical del índice de diversidad. El área sombreada indica valores mayores de 2,9.

respondientes a las profundidades más representativas y posibles de comparar.

Los valores inferiores a 2 encontrados en las estaciones 84, 85 y 76 no son la expresión de una gran actividad del fitoplancton, con dominancia de unas pocas especies, sino tan sólo el resultado de la presencia de poquísimas formas, por tratarse de muestras con poblaciones extremadamente pobres.

En las estaciones 80, 81, 82 y 83 hallamos los mayores valores del índice de diversidad por encima de los 5 m, en la región más influenciada por las aguas traídas por el fenómeno de El Niño. En esta zona, la población fitoplanctónica, que podía considerarse como de madurez relativamente elevada, estuvo constituida principalmente por dinoflagelados y por especies de diatomeas de gran capacidad de adaptación a medios desfavorables. El bajo valor de diversidad a 5 m en la estación 83 se debe a la presencia de un «bloom» de *Skeletonema costatum* y *Asterionella japonica*.

En la estación 81, entre los 20 y 50 m de profundidad, se encuentra una población constituida por diatomeas pequeñas típicas de la primera etapa de la sucesión fitoplanctónica; la diversidad es baja. Los valores del índice de diversidad relativamente elevados a 30 y 50 m en la estación 83 parecen corresponder a una acumulación de células debida a sedimentación.

## DENSIDAD DE LA POBLACIÓN

En el cuadro 2 se presentan los valores de la concentración de fitoplancton en las muestras estudiadas; en los párrafos que siguen se hará una descripción de los rasgos principales de la población fitoplanctónica de diversas estaciones, citando, además, algunas características físico-químicas.

### ESTACIÓN 80

En esta estación, situada a 10 millas de la costa, la influencia de las aguas ecuatoriales sólo se notaba en los niveles superiores. Se presentaron temperaturas de 22° C en superficie y de 18° C a 50 m; las salinidades fluctuaron entre 34,5 y 34,6 ‰. *Skeletonema costatum*, con una densidad de 745 cél/ml fue la especie más abundante en el nivel de 5 m, donde constituía cerca del 50 % de toda la población fitoplanctónica. Otras especies importantes fueron *Asterionella japonica* y *Chaetoceros socialis*. En superficie predominaron los dinoflagelados, con *Gonyaulax minima* como la forma más numerosa.

## ESTACIÓN 81

Situada a 20 millas de la costa; las temperaturas fluctuaron entre 23° C en superficie y 20° C a 20 m de profundidad, las salinidades se mantuvieron bajas (34,5 ‰). En superficie, las especies predominantes fueron *Asterionella japonica* (619 cél/ml), *Chaetoceros socialis* y *Leptocylindrus danicus*. A 20 m, la especie más abundante siguió siendo *Asterionella japonica* (640 cél/ml); le siguió *Skeletonema costatum* (396 cél/mlilitro).

## ESTACIÓN 82

Esta estación, situada a 50 millas de la costa, estuvo más afectada por la entrada de las aguas ecuatoriales superficiales; las temperaturas, bastante elevadas variaron entre 24° C en superficie y 22° C a 20 m; la salinidad fluctuó entre 34,4 y 34,6 ‰. En las muestras de superficie y de 20 m predominó *Asterionella japonica*; la muestra de 50 m era muy pobre, se anotaron solamente 9 especies, con densidades inferiores a 1 cél/mlilitro.

## ESTACIÓN 83

Esta estación, a 70 millas de la costa, estaba situada en un área de aguas ecuatoriales superficiales (temperatura 25° C); las densidades de las especies presentes apenas llegaron a 2 cél/ml. En superficie aparecieron especies como *Nitzschia closterium* (2 cél/ml), que puede encontrarse (MARGALEF, 1968), en medios muy desfavorables, y *Eutreptiella gymnastica* (2 cél/ml), que se ha citado como especie asociada a temperaturas altas (NEL, 1968). A 50 m, donde la temperatura era de 18° C se observaron especies como *Chaetoceros debilis* y *Chaetoceros lorenzianus*; posiblemente procedían de capas superiores y se habían mantenido a este nivel al encontrar condiciones favorables para su desarrollo.

## ESTACIONES 85 Y 85

En estas estaciones, situadas a más de 100 millas de la costa, sólo se tomaron muestras superficiales, en las que predominaron *Eutreptiella gymnastica* y *Nitzschia closterium*.

## ESTACIÓN 76

Situada a 110 millas de la costa, en la zona de aguas ecuatoriales superficiales; presentó una gran pobreza de especies.

CUADRO 2

Fitoplancton en número de células por mililitro

Número estación	80					81					82					83				
	06° 50' S 80° 00' W					06° 53.6 S 80° 10' W					06° 56.5 S 80° 20' W					07° 01' S 80° 35' W				
	0	1.5	3	5	10	0	10	20	30	50	0	20	50	0	20	50	0	3.5	7	10
<i>Actinoptichius undulatus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Actinocyclus octonarius</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bacteriastrium sp.</i>	×	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cerataulina borgonii</i>	.	.	.	24	.	.	.	4	.	.	.	.	.	×	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros affinis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros compressus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros concavicornis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros costatus</i>	.	.	.	38	.	43	5	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros debilis</i>	.	.	.	12	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros pelagicus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros peruvianus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros socialis</i>	.	20	.	209	9	123	24	9	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros teres</i>	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetoceros sp.</i>	×	2	1	×	.	8	1	.	×	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Coccinudiscus concinnus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Coccinudiscus perforatus</i>	×	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Detonula confervacea</i>	×	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hemiaulus sinensis</i>	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lauderia annulata</i>	.	68	39	102	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Leptocylindrus danicus</i>	×	16	15	35	×	82	19	8	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lithodesmum undulatum</i>	×	9	15	11	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Planctoniella sol</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rhizosolenia alata</i>	.	.	×	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rhizosolenia delicatula</i>	.	.	1	9	×	3	×	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	.	.	.	×	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rhizosolenia setigera</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rhizosolenia stouterfothii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Roperia tessellata</i>	.	×	×	2	×	×	4	1	×	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Schröderella delicatula</i>	.	.	.	.	.	2	2	1	×	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Skeletonema costatum</i>	1	158	.	745	189	96	48	396	99	6	69	24	1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Stephanopyxis turris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Thalassiosira aestivalis</i>	.	4	5	45	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Thalassiosira subtilis</i>	.	7	4	84	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Thalassiosira sp.</i>	3	.	10	.	.	2	.	.	×	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.









## ALGUNAS ANOTACIONES SOBRE LAS ESPECIES MÁS FRECUENTES Y ABUNDANTES

### *Skeletonema costatum*

Es una especie que en la costa peruana se presenta durante todo el año, con mayores concentraciones en invierno (552 cél/ml de promedio en el período 1961-1970). La gran densidad con que apareció en el Perfil Pimentel se debe posiblemente a sus especiales características de crecimiento.

### *Asterionella japonica*

En la costa peruana se encuentra en mayor abundancia en primavera; la densidad obtenida en el período 1961-1970 fue de 380 cél/ml. Es una especie eurioica, cosmopolita de aguas templadas y cálidas (MARGALEF, 1971). BONIN (1968) llega a la conclusión de que esta diatomea presenta una gran tolerancia a las variaciones de salinidad; NEL (1968) afirma que se la puede encontrar en temperaturas desde los 5° C a los 24° C.

### *Chaetoceros socialis*

Es una diatomea de pequeño tamaño, que en la costa peruana se encuentra asociada a temperaturas mayores de 20° C en la época de verano y es propia de niveles poco profundos; las mayores densidades se han observado entre los 0 y 10 m de profundidad; en el perfil estudiado, su mayor concentración se halló en superficie, en la estación 81 y a 5 m en la estación 80. RYTHER *et al.* (1971) y BLASCO (1971) encuentran también que, en el área de San Juan, Perú, la mayor densidad de *Chaetoceros socialis* se presenta en aguas superficiales.

MARGALEF (1961) sitúa esta especie en el período inicial del ciclo de sucesión, momento en el que se da una gran mezcla vertical; BLASCO (1971), después de analizar el material de fitoplancton recogido en el área de San Juan, considera también *Chaetoceros socialis* como perteneciente a la primera etapa de la sucesión. NEL (1968) describe a esta diatomea como especie nerítica de aguas calientes tropicales y subtropicales. MARGALEF (1961) la incluye dentro del grupo de las cosmopolitas eurioicas.

## DISTRIBUCIÓN DEL FITOPLANCTON

En el material considerado, las diatomeas fueron el grupo más importante en la mayoría de las muestras, especialmente en las estaciones

muy próximas a la costa; los dinoflagelados fueron abundantes en algunas muestras, aunque su presencia estuvo muy condicionada por las condiciones de ambiente imperantes en la época del muestreo (fenómeno de El Niño). Las concentraciones totales de fitoplancton halladas en este estudio del área de Pimentel fueron altamente variables; la máxima densidad (1956 células/ml) se registró a 5 m en la estación 80 y la mínima, menos de 1 célula/ml, a 10 m en la estación 83.

#### DISTRIBUCIÓN VERTICAL

La figura 3 muestra la distribución vertical del número total de células; puede observarse que las mayores concentraciones de fitoplancton se presentan principalmente entre los 0 y 5 m. En la estación 81, a 20 m de profundidad, se hallan también concentraciones altas.

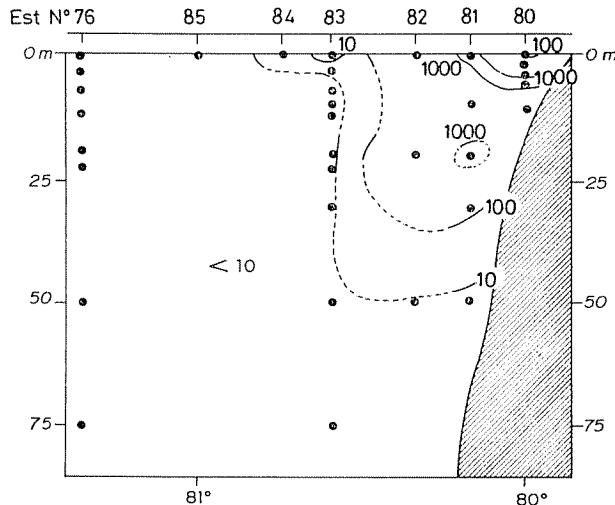


FIG. 3. Distribución vertical del total de fitoplancton. Las concentraciones se dan en cel/ml.

La abundancia del fitoplancton está de acuerdo con los valores hallados por GUILLÉN (1974) para clorofila; la mayor concentración de pigmentos se encontró en la estación 80, a 5 m de profundidad, asociada a una densa población de *Skeletonema costatum*.

Si comparamos la figura 3 con la figura 4, en la que se muestra el número total de diatomeas, observamos que éstas constituyen el grupo predominante; las especies más abundantes, *Skeletonema costatum*, *Asterionella japonica* y *Chaetoceros socialis* se caracterizan por ser ca-

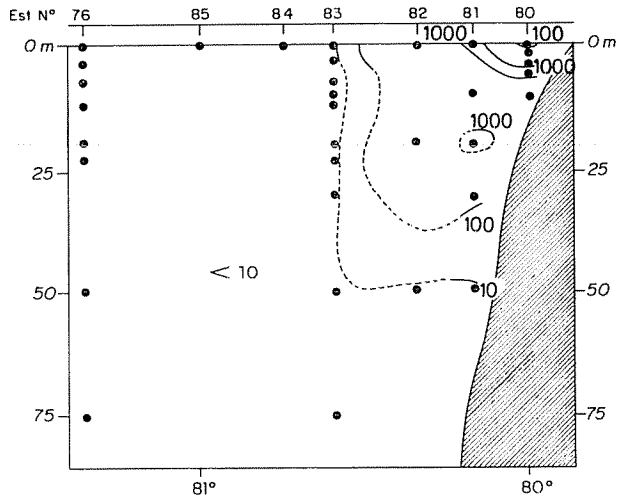


FIG. 4. Distribución vertical del número total de diatomeas en cel/ml.

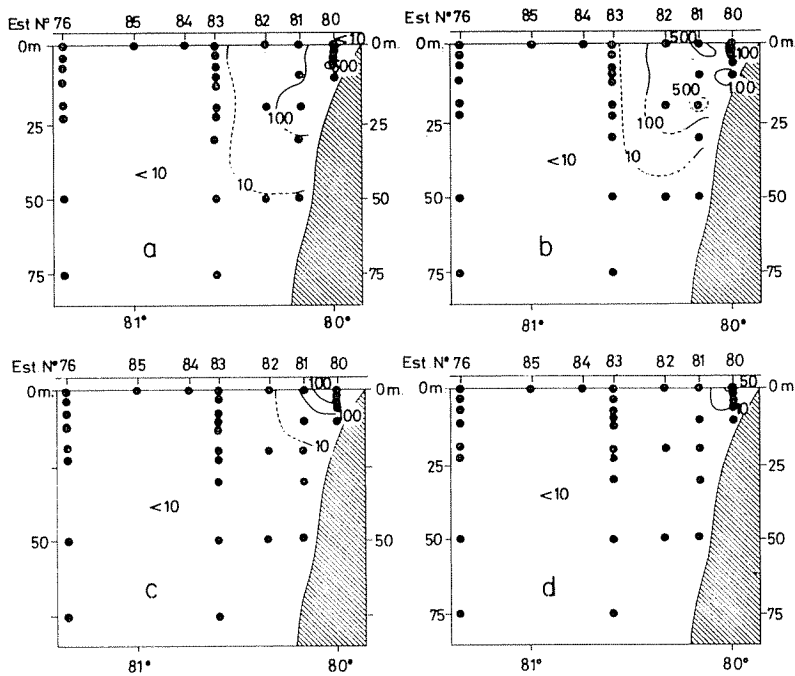


FIG. 5. Distribución vertical en cel/ml de *Skeletonema costatum* (a), *Asterionella japonica* (b), *Chaetoceros socialis* (c), Dinoflagelados (d).

paces de soportar grandes cambios de temperatura y salinidad. En la figura 5, a, b, c y d se muestran las distribuciones de tres especies de diatomeas y la del número total de dinoflagelados.

En la figura 6, en la que se muestra la distribución vertical del índice diatomeas/dinoflageladas, se ve que los mayores valores se presentan en las estaciones 80 y 81; estos valores elevados están asociados a la presencia de una cierta turbulencia en el agua relacionada con el pequeño afloramiento cercano a la costa (ZUTA, 1974) que se tradujo en las altas concentraciones de fitoplancton halladas en superficie de la estación 81. La presencia de altos valores del índice diatomeas/dinoflageladas por debajo de los 25 m en la estación 83 está asociada a un transporte de ciertas especies a niveles más profundos.

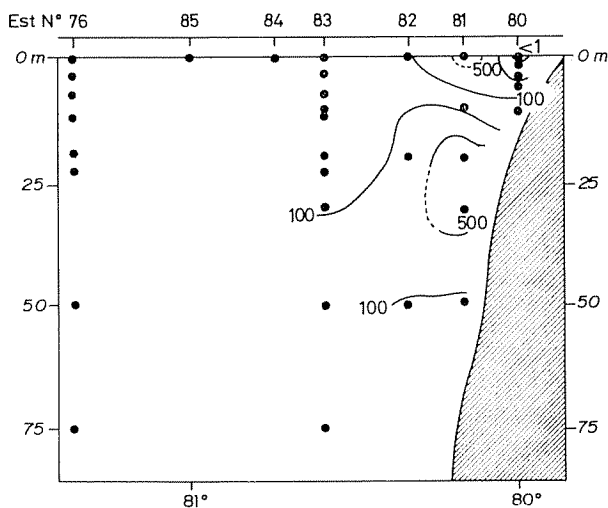


FIG. 6. Distribución vertical del índice diatomeas/dinoflagelados.

#### DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL

Se observaron grandes concentraciones de fitoplancton en las estaciones próximas a la costa y una disminución general mar afuera, debida probablemente a la escasez de nutrientes (GUILLÉN, 1974) asociada a la presencia de las aguas ecuatoriales superficiales (ZUTA, 1974). Según este mismo autor, todavía existía afloramiento costero al norte de los  $6^{\circ} 30' S$  y, por el lado de la costa, parte del flujo de El Niño se habría integrado a la corriente costera, lo que explicaría la diferencia en la abundancia del fitoplancton entre las estaciones más costeras y las de fuera.

### CORRELACIONES ENTRE ESPECIES

Como las condiciones de ambiente eran anormales para el área en estudio (GUILLÉ, 1974 y ZUTA, 1974), se supuso que deberían existir diferentes poblaciones de fitoplancton, las propias de la Corriente Costera Peruana y las propias de las Aguas Ecuatoriales Superficiales que habían invadido toda el área norte de Perú hasta Chimbote.

Del total de 79 especies u otras agrupaciones taxonómicas registradas, se escogieron las 38 que aparecían con mayor frecuencia para el cálculo de los coeficientes de correlación entre cada par de especies. Se aplicó a los datos la transformación logarítmica  $X \rightarrow \log(X + 1)$ , que sirve frecuentemente para normalizar datos de abundancia de este tipo.

Una vez calculados los coeficientes de correlación se ordenaron las especies de acuerdo con el método utilizado por MARGALEF y GONZÁLEZ BERNÁLDEZ (1969) y BLASCO (1971). La forma de preparar los grupos fue la siguiente: se escogió la especie que tenía el más alto valor de la suma de los cuadrados de los coeficientes de correlación con las demás y se agruparon a ella todas aquéllas con las cuales el coeficiente de correlación era mayor de 0,6; con este conjunto de especies quedó constituido el grupo I; para formar el grupo siguiente se escogió como «cabeza» del grupo II la especie que no formaba parte del grupo I y que presentaba el mayor valor de la suma de cuadrados y se siguió el mismo procedimiento anterior; de esta manera podían haberse formado algunos grupos más, pero dada la calidad del material con que se contaba se optó por formar sólo dos grupos bien definidos con un número reducido de especies.

En el cuadro 3 podemos observar que el grupo I está formado por diatomeas de pequeño tamaño y de gran capacidad de adaptación a medios adversos, que podrían pertenecer a la primera etapa de la sucesión fitoplanctónica.

La presencia de especies como *Thalassiosira subtilis* y *Chaetoceros socialis* podría revelar una asociación con la existencia de cierta turbulencia en el área (MARGALEF, 1969), lo que coincidiría con las observaciones de ZUTA (1974).

El grupo II está formado por dinoflagelados y diatomeas grandes que, de acuerdo a lo descrito por MARGALEF (1958), corresponderían a una etapa más avanzada de la sucesión fitoplanctónica.

Para formar los grupos se han considerado solamente los coeficientes de correlación mayores de 0,6, a diferencia de BLASCO (1971) que utilizó el valor 0,2 y, por lo tanto, agrupó un número mayor de especies. BLASCO (1971) relaciona la distribución de fitoplancton en la zona de afloramiento costero del Perú con datos sobre nutrientes; en este tra-



## CUADRO 3

Grupos de especies asociadas con *Skeletonema costatum* (grupo I) y con *Gymnodinium lohmanni* (grupo II); a la derecha del nombre de cada especie se dan los coeficientes de correlación con la cabeza de grupo

GRUPO I <i>Skeletonema costatum</i>		GRUPO II <i>Gymnodinium lohmanni</i>	
3. <i>Chaetoceros socialis</i>	0.782	6. <i>Lithodesmium undulatum</i>	0.839
15. <i>Asterionella japonica</i>	0.741	17. <i>Nitzschia closterium</i>	0.788
21. <i>Thalassionema nitzschioides</i>	0.709	11. <i>Lauderia annulata</i>	0.781
14. <i>Amphora hyalina</i>	0.694	30. <i>Peridinium peruvianum</i>	0.719
16. <i>Pleurosigma sp.</i>	0.693	22. <i>Thalassiosira aestivalis</i>	0.692
5. <i>Leptocylindrus danicus</i>	0.676	10. <i>Roperia tessellata</i>	0.681
18. <i>Nitzschia delicatissima</i>	0.671	7. <i>Rhizosolenia delicatula</i>	0.617
13. <i>Thalassiosira subtilis</i>	0.647	4. <i>Chaetoceros sp.</i>	0.616
		2. <i>Chaetoceros lorenzianus</i>	0.611
		35. <i>Eutreptiella gymnastica</i>	0.602

bajo no se ha podido realizar un estudio parecido porque no se tenía esta información; sería deseable contar con ella en futuras ocasiones.

Encabezan el grupo I *Skeletonema costatum*, *Asterionella japonica* y *Chaetoceros socialis*, cuya abundante presencia en esta área estuvo condicionada especialmente por la gran adaptabilidad y rápido desarrollo de estas especies.

El grupo II incluye una población muy mezclada de especies neríticas como *Lithodesmium undulatum* y *Rhizosolenia delicatula* y oceánicas como *Gymnodinium lohmanni*, *Eutreptiella gymnastica* y *Lauderia annulata*, que entraron con las aguas ecuatoriales superficiales y no presentaron valores altos de abundancia.

En condiciones normales, las especies que suelen predominar en el área de estudio son *Rhizosolenia delicatula*, con una densidad promedio de 343 cél/ml (1961-1970) y *Eucampia zodiacus* con una densidad promedio de 125 cél/ml en el mismo período (GUILLÉN y ROJAS DE MENDIOLA, 1974).

ZUTA (1974), al describir las características de esta zona menciona que la termoclina fue muy pronunciada y que estuvo asociada a un gradiente térmico muy intenso en la parte superficial y un gradiente moderado en la parte más profunda; esta información física contribuiría a explicar la existencia de diferentes poblaciones de fitoplancton por su asociación a diferentes tipos de agua; existiría una masa de agua con baja densidad fitoplanctónica dominada por dinoflagelados (estación 80) en una superficie y con una gran población de diatomeas pequeñas a 5 m de profundidad, esta última como resultado, posiblemente de la existencia de un resto de afloramiento en la zona (ZUTA *et al.*, 1973), y otra masa

de agua, venida de fuera, que provocó el hundimiento de los organismos presentes en aquel momento. A una mayor profundidad, en la estación 81, se observa una población fitoplanctónica con valores bajos de diversidad, constituida por diatomeas pequeñas de la primera etapa de la sucesión.

En general, puede decirse que la población de fitoplancton estuvo formada, de una parte, por especies pequeñas de gran dinamismo aún en condiciones anormales de ambiente, y, de otro, por diatomeas grandes y dinoflagelados, con lo que se presentó una superposición de dos etapas de la sucesión fitoplanctónica (fig. 7).

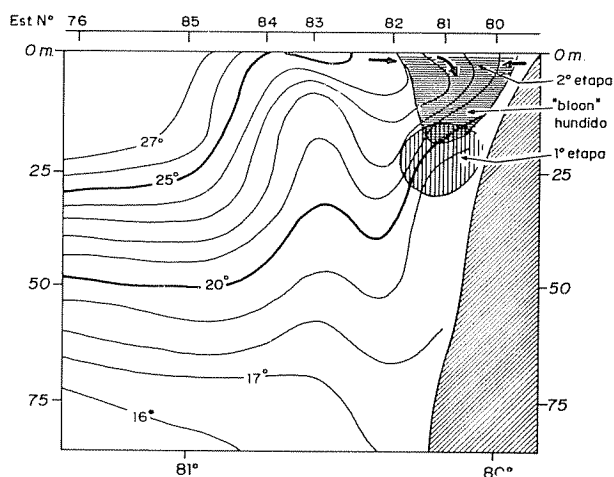


Fig. 7. Esquema de la sucesión del fitoplancton y la distribución de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ).

#### ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES

Como se intentaba encontrar si había asociaciones entre las distintas especies, se pensó en un método estadístico que permitiera una reducción de la información total a unos cuantos factores más manejables; con esta idea se verificó un análisis de los componentes principales de la matriz de correlación entre especies; este método ya ha sido utilizado, entre otros, por MARGALEF y GONZÁLEZ BERNÁLDEZ (1969) en el plancton del mar Caribe, por BLASCO (1971) en el estudio del fitoplancton del área de San Juan, Perú, y por ESTRADA (1972) en el plancton de las costas del sur del Ebro.

Se consideraron las mismas 38 especies escogidas para el cálculo de

las correlaciones anteriormente comentadas. Los tres primeros componentes obtenidos en el análisis explicaron el 64 % de la varianza contenida en los datos originales:

<i>Componente</i>	<i>Valor propio</i>	<i>Tanto por ciento acumulado de varianza explicada</i>
1	17,12	45,0
2	4,39	56,6
3	2,89	64,2

En el cuadro 4 se dan los valores de los coeficientes de carga de cada especie para cada componente. En las figuras 8 y 9 se representa la posición de las especies en función de su correlación con los componentes 1-2 y 2-3, respectivamente.

En la figura 8 se ve que las especies con coeficientes de carga positivos para el componente 1 son las diatomeas y que las especies que presentan valores positivos altos de correlación con el componente 2 pertenecen al grupo de los dinoflagelados; es posible, además, separar las

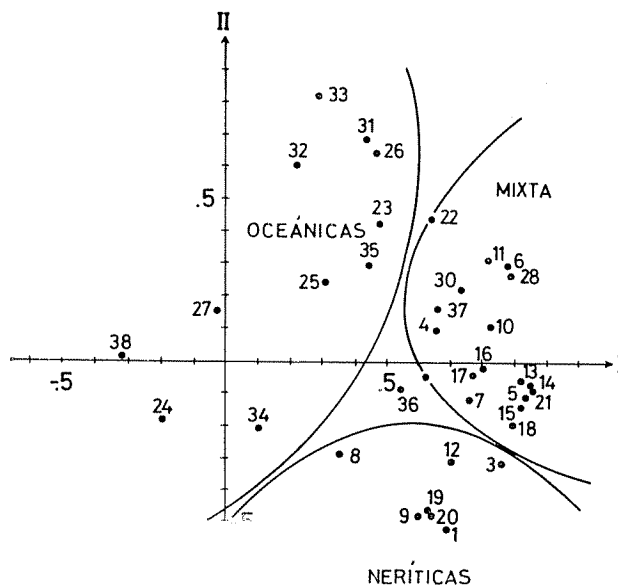


FIG. 8. Posición de las especies estudiadas en relación con las componentes principales I y II. (Datos del cuadro 3.)

CUADRO 4

Coeficientes de carga de las especies consideradas para los tres primeros componentes principales

	I	II	III
1. <i>Chaetoceros debilis</i>	0.693	— 0.529	0.156
2. <i>Chaetoceros lorenzianus</i>	0.627	— 0.051	0.419
3. <i>Chaetoceros socialis</i>	0.861	— 0.324	— 0.065
4. <i>Chaetoceros sp.</i>	0.662	0.095	0.182
5. <i>Leptocylindrus danicus</i>	0.942	— 0.094	0.043
6. <i>Lithodesmium undulatum</i>	0.880	0.295	— 0.025
7. <i>Rhizosolenia delicatula</i>	0.760	— 0.125	— 0.013
8. <i>Rhizosolenia fragilissima</i>	0.362	— 0.288	0.277
9. <i>Rhizosolenia stolterfothii</i>	0.603	— 0.481	0.179
10. <i>Roperia tessellata</i>	0.829	0.099	— 0.317
11. <i>Lauderia annulata</i>	0.825	0.312	0.003
12. <i>Skeletonema costatum</i>	0.708	— 0.314	— 0.137
13. <i>Thalassiosira subtilis</i>	0.927	— 0.063	0.154
14. <i>Amphora hyalina</i>	0.949	— 0.058	— 0.047
15. <i>Asterionella japonica</i>	0.919	— 0.148	— 0.059
16. <i>Pleurosigma sp.</i>	0.852	— 0.028	— 0.095
17. <i>Nitzschia closterium</i>	0.789	— 0.043	0.155
18. <i>Nitzschia delicatissima</i>	0.897	— 0.192	0.015
19. <i>Nitzschia longissima</i>	0.636	— 0.467	0.125
20. <i>Nitzschia pungens</i>	0.645	— 0.472	0.275
21. <i>Thalassionema nitzschioides</i>	0.945	— 0.103	0.183
22. <i>Thalassiosira aestivalis</i>	0.647	0.443	— 0.072
23. <i>Thalassiosira sp.</i>	0.481	0.430	— 0.037
24. <i>Navicula sp.</i>	— 0.189	— 0.163	— 0.344
25. <i>Nitzschia pacifica</i>	0.314	0.245	— 0.232
26. <i>Thalassiothrix mediterranea</i>	0.474	0.647	0.222
27. <i>Amphidinium sup.</i>	— 0.020	0.160	— 0.520
28. <i>Gymnodinium lohmanni</i> (a)	0.891	0.264	0.090
29. <i>Gymnodinium lohmanni</i> (b)	0.475	— 0.325	— 0.634
30. <i>Peridinium peruvianum</i>	0.743	0.215	0.033
31. <i>Diplopsalis lenticula</i>	0.444	0.690	— 0.424
32. <i>Gonyaulax minima</i>	0.225	0.610	0.261
33. <i>Prorocentrum gracile</i>	0.295	0.828	0.182
34. <i>Ophiaster hydroideus</i>	0.102	— 0.216	— 0.709
35. <i>Eutreptiella gymnastica</i>	0.450	0.298	0.198
36. <i>Bodo sp.</i>	0.550	— 0.092	— 0.477
37. Mónadas	0.655	0.154	— 0.524
38. Organismo (?) no identificado	— 0.343	0.006	0.022

especies de alta mar de las costeras y de un denso grupo mixto fuertemente correlacionado entre sí.

En la figura 9 se observa que el componente 3 parece separar las diatomeas en dos grupos.

Con objeto de mostrar mejor las asociaciones entre especies se ha preparado la figura 10 tomando los datos de la figura 8 y uniendo mediante líneas diferentes las especies con un alto coeficiente de correla-

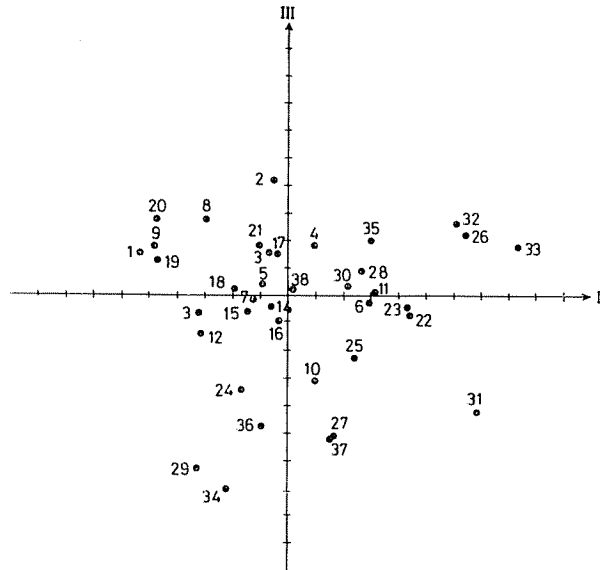


FIG. 9. Posición de las especies estudiadas en relación con las componentes II y III. (Datos del cuadro 3.)

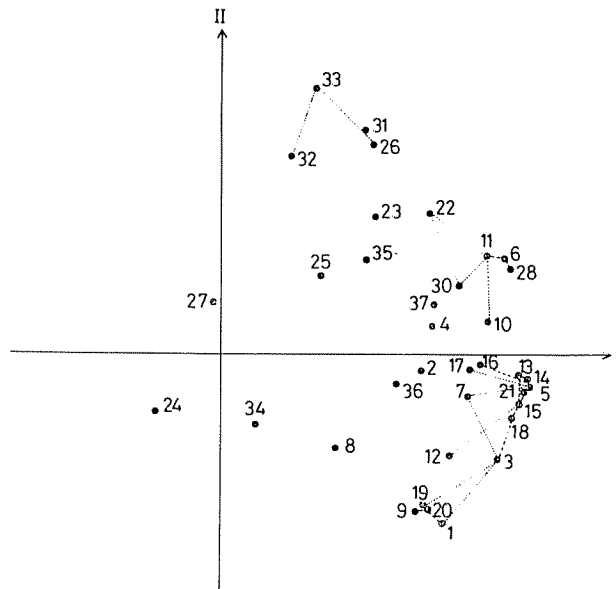


FIG. 10. Correlaciones entre especies. Línea continua, especies que presentan un coeficiente de correlación mayor de 0,9; línea discontinua, mayor de 0,8, y líneas de puntos, mayor de 0,7.

ción mutuo; se han unido con línea continua las especies que presentan un coeficiente de correlación mayor de 0,9, con línea discontinua las que lo presentan mayor de 0,8 y con líneas de puntos las que lo tienen mayor de 0,7. Observando la figura se nota que existe un núcleo muy correlacionado formado por *Leptocylindrus danicus* (5), *Thalassiosira subtilis* (13), *Amphora hyalina* (14), *Thalassionema nitzschioides* (21) y *Asterionella japonica* (15), al que rodean otras especies menos correlaciona-

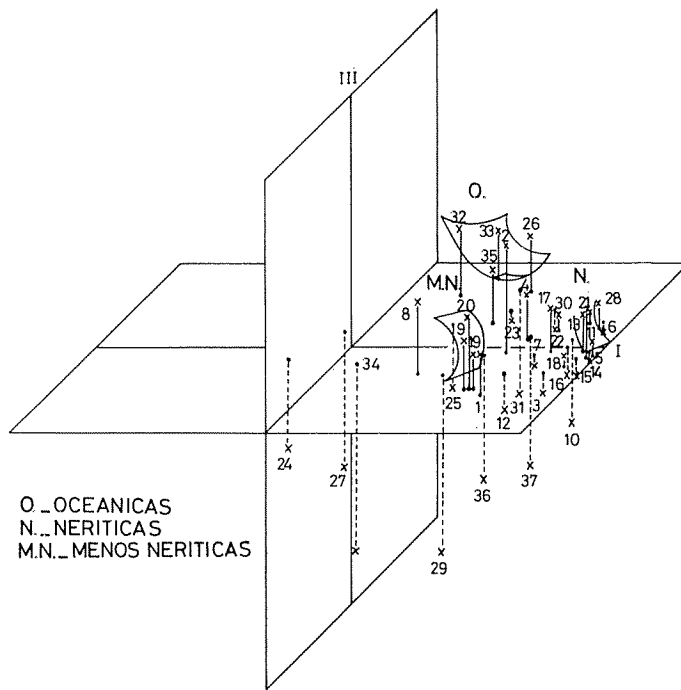


FIG. 11. Posición de las especies estudiadas en relación con las componentes principales I, II y III. (Datos de la tabla 3.) Los puntos indican la proyección en el plano formado por I y II; las espigas, la posición en el espacio.

das entre sí. Como era de esperar por el método de análisis utilizado, las distancias entre las especies se vuelven mayores al ir disminuyendo el coeficiente de correlación entre ellas.

En la figura 11 se ha representado la posición de las especies en el espacio en función de su correlación con los tres primeros componentes. Pueden distinguirse en la figura varios grupos de especies. Existe uno formado por especies oceánicas, como *Gonyaulax minima* (32), *Pro-*

*rocentrum gracile* (33) y *Eutreptiella gymnastica* (35), con valores altos en el componente 3; se trata de formas propias de altas temperaturas, posiblemente relacionadas con las aguas ecuatoriales superficiales que invadieron el área de Pimentel. Un segundo grupo está constituido por especies neríticas como *Thalassionema nitzschioides* (21), *Thalassiosira subtilis* (13) y *Leptocylindrus danicus* (5), con valores negativos en el componente 2 y positivos altos en el componente 1. Un tercer grupo lo forman diatomeas pelágicas menos neríticas como *Chaetoceros debilis* (1), *Rhizosolenia stolterfothii* (9), *Nitzschia longissima* (19) y *Nitzschia pungens* (20).

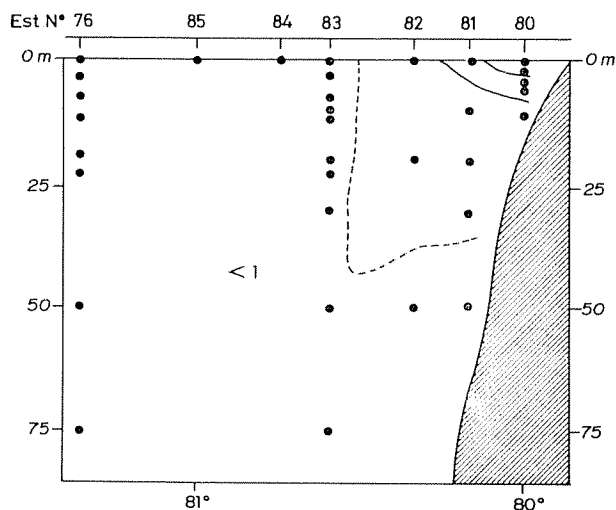


FIG. 12. Distribución vertical de la componente I.

De la observación de la figura 11 se desprende que, en general, las especies de alta mar tienen valores más altos de correlación con el componente 3, los dinoflagelados con el componente 2, las especies pelágicas menos neríticas presentan correlaciones negativas con el componente 2 y las neríticas correlaciones positivas altas con el componente 1.

Con objeto de intentar una interpretación del significado de los componentes se halló el valor de éstos para cada punto de muestreo (figuras 12, 13 y 14). Existe una marcada similitud entre la distribución del número total de células (fig. 3) y la del componente 1 (fig. 12), como consecuencia de los coeficientes de carga positivos de este componente con la mayor parte de las especies; como suele ocurrir en este tipo de análisis, el primer componente es indicador, básicamente, de abundancia (SAL, 1964). El componente 1 está relacionado con las temperaturas

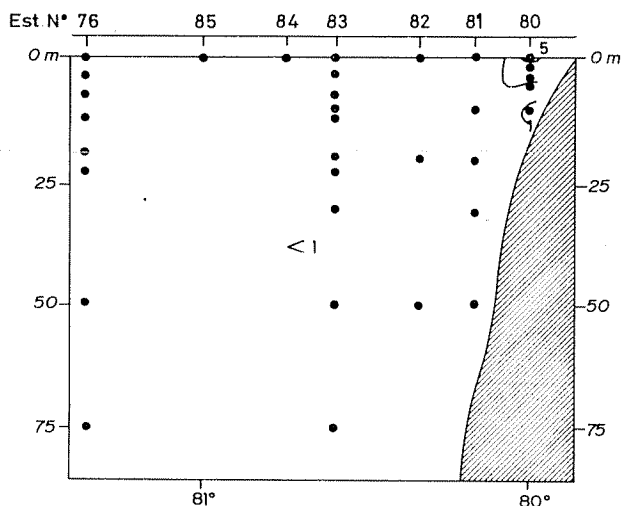


FIG. 13. Distribución vertical de la componente II.

más bajas y con una posible existencia de nutrientes en las regiones más cercanas a la costa, lo que permitió el rápido crecimiento de especies como *Skeletonema costatum* y *Asterionella japonica*.

El componente 2, como ya se ha indicado, está relacionado con la presencia de dinoflagelados (compárese la figura 13 con la 5 d) y expresaría el grado de madurez de la población. El bajo valor (0,25) de la

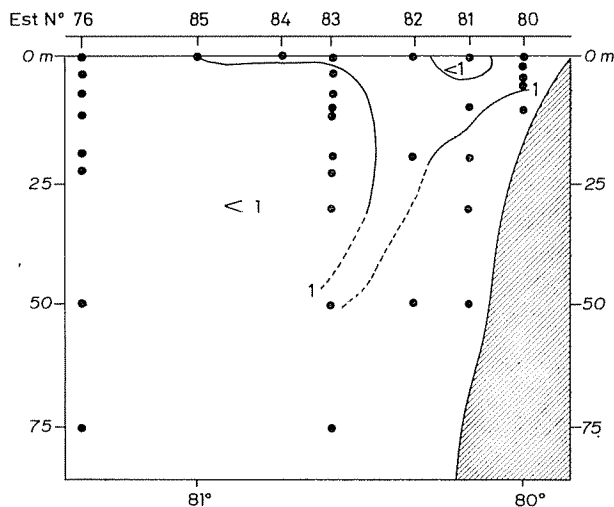


FIG. 14. Distribución vertical de la componente III.



relación clorofila *a*/feopigmentos a 0 m en la estación 80 puede relacionarse con la presencia de dinoflagelados y de una población de diatomeas envejecida; el valor más elevado de la relación a 5 m (0,75) está asociado a la presencia de la ya mencionada población de diatomeas más activas.

El tercer componente (fig. 14) es difícil de interpretar; sería deseable una mayor información sobre condiciones ambientales para establecer posibles relaciones.

### AGRADECIMIENTOS

Deseamos ofrecer nuestro especial agradecimiento al Dr. Ramón Margalef por sus sugerencias para la realización del presente trabajo, así como por la lectura y crítica del mismo.

Nuestro agradecimiento también al Dr. B. Andréu, Director del Instituto de Investigaciones Pesqueras de Barcelona, extensivo al personal del mismo que en una u otra forma contribuyó en la preparación del trabajo, así como al personal del Laboratorio de Cálculo de la Universidad de Barcelona.

### SUMMARY

THE PHYTOPLANKTON OF THE PIMENTEL AREA. SUMMER 1972. — This paper deals with the taxonomic composition of a series of phytoplankton samples collected in the Pimentel area, located in the Northern part of Peru ( $6^{\circ} 30' S-80^{\circ} 00' W$ ), during February 1972.

The phytoplankton samples were taken with Nansen and Van Dorn Bottles. At the time of sampling, the environmental conditions in the region were abnormal, due to the El Niño phenomenon which brought waters of high temperature and low salinity. The samples were fixed with neutralized formalin (10%) and the cells counted in an inverted microscope using 25 ml sedimentation chambers. Results of the counts were expressed as number of cells per ml.

The diversity index  $D = -\sum p_i \log_2 p_i$ , where  $p_i$  is the relative frequency of species  $i$ , was computed for each sample.  $D$  was high in the zones more influenced by the warm waters and low in the more productive stations.

The variations of phytoplankton density in the different stations are discussed. Diatoms were in general the most abundant group; *Skeletonema costatum* and *Asterionella japonica*, species of great adaptability and rapid growth, were present in very high densities in many of the samples.

Total phytoplankton concentration was much higher in the stations close to the coast; the higher phytoplankton densities were present near the surface and, in station 81, at 20 m depth.

The matrix of correlations between the densities of every pair from 38 species was examined in order to distinguish groups of associated species;

following the methods of MARGALEF and GONZÁLEZ BERNÁLDEZ (1969), two groups were obtained. Group 1, headed by *Skeletonema costatum*, was formed by small diatoms with a high growth capacity; group 2, headed by *Gymnodinium lohmanni*, was formed by dinoflagellates and large diatoms.

A principal component analysis of the correlation matrix explained 64.2% of the original variance with the first three components. Species were separated in groups according to their loadings on these three components. Component 1 was related to population density and component 2 to the presence of dinoflagellates. The relationship of the components with environmental features is discussed.

### BIBLIOGRAFÍA

- BARBER, R. T.; R. C. DUGDALE; J. MAC ISAAC; R. L. SMITH. — 1971. Variaciones en el crecimiento de fitoplancton asociadas con la precedencia y el condicionamiento del agua aflorada. *Inv. Pesq.*, 35 (1): 178-193.
- BEERS, J.; M. STEVENSON; R. EPPLEY and E. BROOKS. — 1971. Plankton populations and upwelling of the Coast of Peru, June 1969. *Fish. Bull.*, vol. 69, núm. 4: 859-876.
- BARREDA, MARIO. — 1957. El Plancton de la Bahía de Pisco. *Bol. Comp. Adm. del Guano*, vol. XXXIII. Lima.
- BLASCO, D. — 1971. Composición y distribución del fitoplancton en la región del afloramiento de las costas peruanas. *Inv. Pesq.*, 35 (1): 61-112.
- CURL, H. y G. C. McLEOD. — 1961. The physiological ecology of a marine diatom. *J. Mar. Res.*, 19: 70-88.
- ESTRADA, M. — 1972. Analyse en composantes principales de données de phytoplancton de la zona côtière du Sud de l'Ebre. *Inv. Pesq.*, 36 (1): 109-118.
- FARFÁN, M.; A. PÉREZ y A. MENDOZA. — 1971. Informe preliminar del Crucero «Unanue» 7105. *Inf. Esp. IMARPE*, núm. 91.
- GUILLÉN, O.; R. IZAGUIRRE DE RONDÁN. — 1968. Producción de las aguas costeras del Perú en el año 1964. *Inst. Mar Perú*, (1), 7 pp. 394.
- GUILLÉN, O.; B. ROJAS DE MENDIOLA and R. IZAGUIRRE DE RONDÁN. — 1971. Primary productivity and phytoplankton in the coastal Peruvian waters. *Fertility of the Sea*. Vol. 1: 157-185. Gordon and Breach Science Publishers, New York.
- GUILLÉN, O. y R. IZAGUIRRE DE RONDÁN. — 1973. Distribution of chlorophyll «a» in the Peru Coastal Current. *Oceanography of the South Pacific 1972*, comp. R. Fraser. New Zealand Commission for UNESCO, Wellington: 1973: 387-395.
- GUILLÉN, O.; B. ROJAS DE MENDIOLA y R. IZAGUIRRE DE RONDÁN. — 1973. Primary productivity and phytoplankton in the coastal Peruvian waters. *Oceanography of the South Pacific 1972*, comp. R. Fraser. New Zealand Commission for UNESCO, Wellington: 1973: 405-418.
- — — Productividad biológica de las aguas costeras del Perú. *Inst. Mar Perú Bol.* (En prensa.)
- GUILLÉN, O. y R. IZAGUIRRE DE RONDÁN. — 1974. Productividad de las aguas costeras frente al Perú. I. Parte: Medio Ambiente y Producción Primaria 1971-1972. *Inf. Esp. IMARPE*, núm. 148.
- GUNTHER, E. R. — 1936. A Report on Oceanographical Investigations in the Peru Coastal Current. *Discovery Report*, vol. XIII.
- INSTITUTO DEL MAR. — 1971. Eco-rastreo - Febrero 1971. Operación Eureka XVIII (ERK-7102). *Inf. Esp. IMARPE*, núm. 77.
- KAIN et FOGG. — 1958. Studies on the growth of marine phytoplankton. I. *Asterionella japonica*. *J. mar. biol.*, ASS. U.K., 37: 397-413.

- MARGALEF, R. — 1958. Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. *Perspectives in Marine Biology*, 323-349.
- 1961. Distribución ecológica y geográfica de las especies del fitoplancton marino. *Inv. Pesq.*, tomo XIX, 81-101.
- 1967. Ecología Marina. Cap. XII. El Ecosistema, 377-453. Fundación La Salle de Ciencias Naturales.
- 1968. *Perspectives in Ecological Theory*. The University of Chicago Press. Chicago, 11 pp.
- 1968. Composición y distribución del fitoplancton del Mar Caribe. *Mem. Soc. Cien. Nat. La Salle*, tomo XXV (70-72): 141-205.
- 1969. El ecosistema pelágico del Mar Caribe. *Ibidem.*, tomo XXIX (82): 5-36.
- MARGALEF, R. y GONZÁLEZ BERNÁLDEZ. — 1969. Grupos de especies asociadas en el fitoplancton del Mar Caribe (NE de Venezuela). *Inv. Pesq.*, 33 (1): 287-312.
- MARGALEF, R. — Seminario sobre Análisis Factorial en Ecología y Taxonomía. *Ibidem.*, 36 (1): 1-189.
- NEL, E. A. — 1968. The microplankton of the South West Indian Ocean. *Div. Fis. Invest. Rep.*, núm. 62.
- RATKOVA, T. N. — 1974. The morphological features and geographical distribution of *Chaetoceros chilensis* Krasske and *Ch. peruvianus* Brightwell (Bacillariophyta). The Academy of Sciences of the USSR. Tomo 59.
- ROJAS DE MENDIOLA, B. — 1958. Breve estudio sobre la variación cualitativa anual del plancton superficial de la Bahía de Chimbote. *Bol. Comp. Adm. del Guano*, 34 (12): 717.
- 1966. Estimación de la producción fitoplanctónica en el área del Callao-Chimbote durante agosto de 1961. Memoria del Primer Seminario Latinoamericano sobre el océano Pacífico Oriental. Univ. Nac. Mayor de San Marcos.
- RYTHER, J. H.; D. W. MENZEL; E. M. HULBURT; C. J. LORENZEN and N. CORVIN. — 1970. The Production and utilization of organic matter in the Peru coastal current. Anton Bruun Reports, Scientific Results of the Southern Pacific Expedition. Report núm. 4, 12 pp. Texas A & M. Press.
- SEAL, H. L. — 1964. *Multivariate Statistical Analysis for Biologists*. 203 pp. Methuen and Co.
- SEARS, MARY. — 1954. Notas sobre la Corriente Costanera del Perú. *Bol. Cient. Comp. Adm. del Guano*, tomo I, vol. 2. Lima.
- SEMINA, H. J. — 1971. Distribution of Plankton in the South Eastern Pacific. Oceanologic Investigation in the Peru Current Area. Transaction of the P. P. Shirshov Institute of Oceanology, vol. 89.
- 1972. The Size of Phytoplankton Cells in the Pacific Ocean. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 57, 2: 177-205.
- 1974. Phytoplankton of the Pacific Ocean. Academy of Sciences of the USSR. Soviet National Committee for the International Biological Programme.
- STRICKLAND, J. D. H.; R. W. EPPLEY y B. ROJAS DE MENDIOLA. — 1969. Poblaciones de Fitoplancton, nutrientes y fotosíntesis en aguas costeras peruanas. *Inst. Mar Perú*, 2, 1: 4-12.
- TAKANO, H. — 1963. Diatom culture in artificial sea water. I. Experimental on five pelagic species. *Bull. Tokai Fish. Res. Lab.*, 37: 17-25.
- WALSH, J. J.; R. C. DUGDALE. — 1971. Un modelo de simulación de flujo de nitrógeno en el sistema de afloramiento del Perú. *Inv. Pesq.*, 35 (1): 309-330.
- WOOD, E. J. F. — 1968. Studies of phytoplankton ecology in tropical and subtropical environments of the Atlantic Ocean. Part. 3. Phytoplankton communities in the Providence Channels and the Tongue of the Ocean. *Bull. Mar. Sci.*, 18 (2): 481-543.
- WOOSTER, W. S. — 1960. «El Niño» Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rept., 7: 43-45.

- WOOSTER, W. S. y O. GUILLÉN. — 1974. Características de «El Niño» en 1972. *Bol. del Inst. del Mar del Perú*, vol. 3, núm. 2.
- ZUTA, S. y O. GUILLÉN. — 1970. Oceanografía de las aguas costeras del Perú. *Bol. del Inst. Mar del Perú*, vol. 2, núm. 5.
- ZUTA, S. y W. URQUIZO. — 1971. Informe preliminar del Crucero «Unanue» 7108. *Inf. Esp. IMARPE*, núm. 96.
- ZUTA, S. y O. GUILLÉN; M. FARFÁN y W. URQUIZO. — 1972. Informe preliminar del Crucero «Unanue» 7111. *Inf. Esp. IMARPE*, núm. 99.
- ZUTA, S.; W. URQUIZO y V. LIENDO. — 1973. Condiciones oceanográficas anormales frente al Perú en el verano de 1972. *Inf. Esp. IMARPE*, núm. 142.