Instituto del Mar del Perú

Universidad Nacional Agraria, La Molina

Asociación Latinoamericana de Investigadores en Ciencias del Mar

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

Boletín

volumen extraordinario

Recursos y Dinámica del Ecosistema de Afloramiento Peruano

Editores:

Horst Salzwedel y Antonio Landa

Memorias del 2do Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar (COLACMAR), 17-21 Agosto de 1987, Lima, Perú

TOMO I

Callao-Perú 1988

Características del Fitoplancton de Invierno en Bahía Independencia, Perú*

SONIA SANCHEZ[1], JUAN TARAZONA[1], ROBERTO FLORES[2], MANUEL MALDONADO[3] y GUIDO CARBAJAL[2]

[1] Grupo DePSEA, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Apartado 1898, Lima - 100, Perú
[2] Facultad de Física, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Apartado 1898, Lima - 100, Perú
[3] Instituto del Mar del Perú, Apartado 22, Callao, Perú
[4] Programa Cooperativo Peruano-Alemán de Investigación Pesquera (PROCOPA), Instituto del Mar del Peru, Apartado 22, Callao, Perú

RESUMEN

En agosto y setiembre de 1986 se obtuvieron muestras de agua superficiales en 22 estaciones de la Bahía Independencia. Paralelamente se registraron datos oceanográficos, incluyendo mediciones de corrientes y concentraciones de nitratos, silicatos y fosfatos.

El fitoplancton estuvo constituído predominantemente por diatomeas, tanto en número de especies como de células. La especie de mayor dominancia en toda la bahía fue *Thalassionema nitzschoides*. Las especies subdominantes que destacaron fueron *Odontella longicruris*, *Chaetoceros affinis*, *Ch. debilis*, *Pleurosigma* sp. y *Skeletonema costatum*.

El fitoplancton de invierno en Bahía Independencia fue bastante homogéneo y típico de áreas de afloramiento. La concentración de nutrientes no constituyó un factor limitante para el desarrollo del fitoplancton, sus cambios en composición y distribución fueron controlados fundamentalmente por otros procesos físicos.

ABSTRACT

Characteristics of the winter phytoplankton in Independencia Bay, Peru. Phytoplankton was sampled at 22 stations in Independencia Bay during August and September of 1986. Simultaneously oceanographic data, including water current measurements, concentrations of nitrate, silicate and phosphate, were obtained.

The phytoplankton was dominated by diatoms, both in number of species and cells. *Thalassionema nitzschoides* was the dominant species; the usual subdominant species were *Odontella longicruris*, *Chaetoceros affinis*, *Ch. debilis*, *Pleurosigma* sp. and *Skeletonema costatum*.

The winter phytoplankton of Independencia Bay was uniform and typical for upwelling areas. Nutrient concentrations were not a limiting factor for phytoplankton development. Changes in composition and distribution were controled mostly by physical processes.

INTRODUCCION

El ecosistema de afloramiento costero peruano, por ser el más productivo del mundo (RYTHER, 1969; CHAVEZ y BARBER, 1985) ha despertado gran interés en los investigadores del fitoplancton (por ejemplo: STRICKLAND *et al.*, 1969; BARBER *et al.*, 1971; BLASCO, 1971; GUILLEN *et al.*, 1971; SEMINA, 1971; ROJAS de MENDIOLA, 1981; ROJAS DE MENDIOLA y ESTRADA 1976; KONOVALOVA, 1980; HARRISON *et al.*, 1981; HERMAN, 1982; HENDRIKSON *et al.*, 1982). Sin embargo, existen pocos estudios en nuestras áreas más someras (LANDA, 1953; BARREDA, 1958; ROJAS de MENDIOLA, 1958; SANCHEZ y TARAZONA, 1986).

Bahía Independencia, Pisco, es considerada una de las áreas más importantes de la costa peruana por la extracción de mariscos y sus perspectivas para el desarrollo de la maricultura. Como parte de un estudio multidisciplinario del ecosistema en dicha bahía, se ha iniciado un programa de investigaciones acerca de los cambios espacio-temporales del fitoplancton. En este primer aporte se muestra las características del fitoplancton de invierno, con énfasis en su composición y distribución y sus relaciones con los parámetros físico-químicos.

MATERIAL Y METODOS

Los muestreos se realizaron en 22 estaciones distribuidas en 7 transectos en la Bahía Independencia (Fig. 1) y durante dos etapas: del 15 al 18 de agosto y del 28 de agosto al 1° de setiembre de 1986, haciendo uso de una embarcación de pesca artesanal.

---

* Publicación No. 66 de PROCOPA

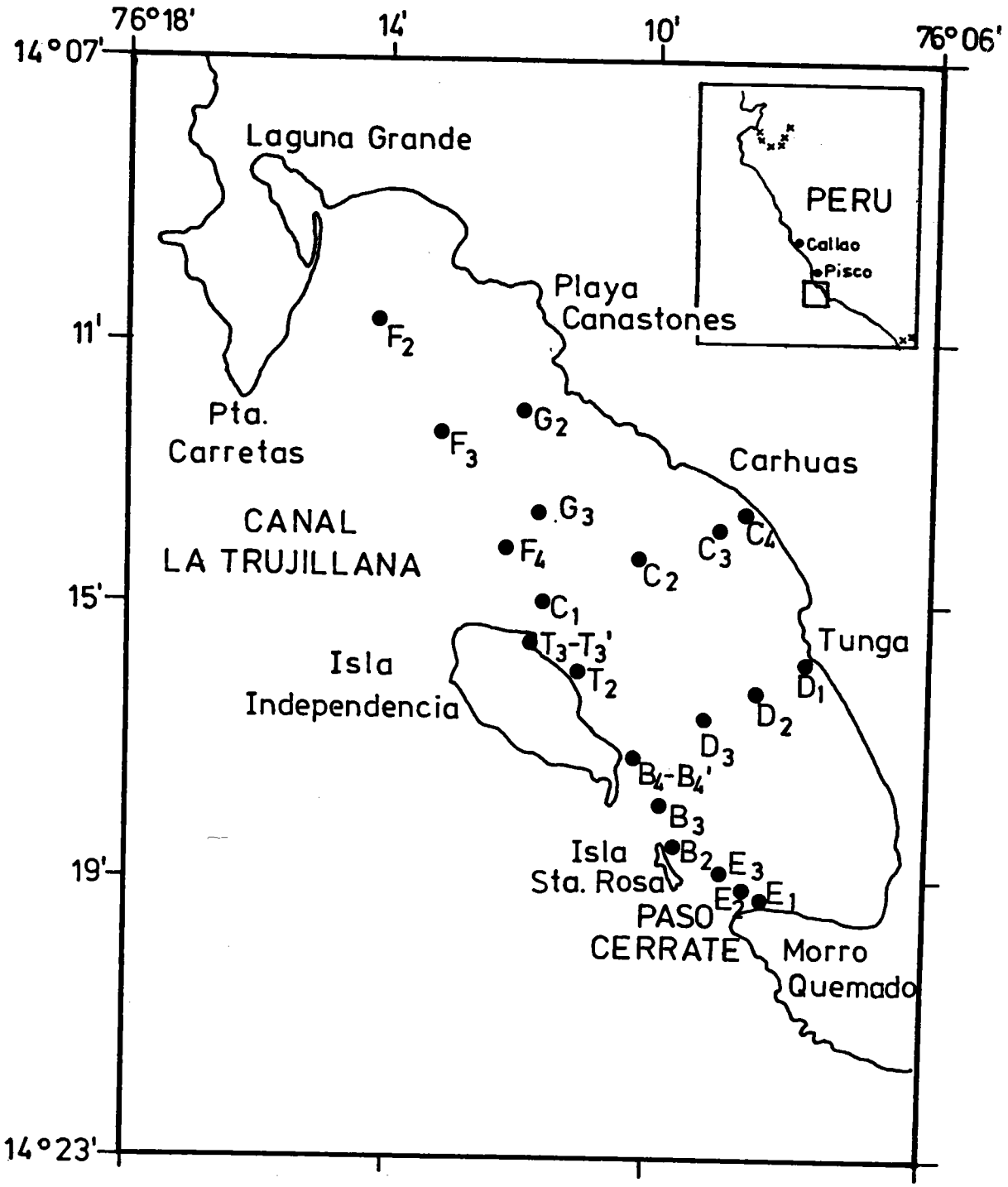


Fig. 1. Estaciones de muestreo en Bahía Independencia, Perú.

En cada estación se obtuvo una muestra de fitoplancton superficial mediante un arrastre por 10 minutos a velocidad constante, utilizando una red tipo estandar de diámetro de apertura 12.5 cm y 75 μm de malla. En algunas estaciones se tomó muestras de 500 ml de agua, utilizando una botella Niskin, con el fin de obtener valores cuantitativos de los organismos muy pequeños, que son deficientemente retenidos por las redes (MARGALEF, 1969). Las muestras fueron preservadas inmediatamente con formalina al 5 % neutralizada con borax para su

posterior análisis. Paralelamente se tomaron datos de temperatura y corrientes (por el método del péndulo) y muestras de agua para obtener las concentraciones de salinidad, nitratos, fosfatos y silicatos. Los detalles metodológicos de estos aspectos son explicados en otro trabajo (MALDONADO *et al.*, 1988).

Para la cuantificación de las especies obtenidas con red se utilizó una cámara tipo SEDWICK-RAFTER de 1 ml de capacidad. Las muestras de agua fueron cuantificadas utilizando una cámara de sedimentación de 50 ml.

Para cada estación se determinó el número de especies de fitoplancton, su porcentaje y dominancias. Con los principales parámetros oceanográficos (temperatura, salinidad, nitratos, fosfatos y silicatos) y biológicos (número de especies de diatomeas y dinoflagelados, número total de células, de diatomeas y dinoflagelados) se calculó la correlación de PEARSON y de SPEARMAN para todos los pares posibles de parámetros.

Se calculó el índice de diversidad H' con base $\log_2$ (SHANNON y WEAVER, 1963). Para el análisis de similaridad se utilizó el índice de MORISTA, modificado por HORN, transformando previamente el número de células a ln (n+1) a fin de aproximarlo a cierta normalidad (IBAÑEZ y SEGUIN, 1972). Los valores de similaridad fueron ordenados en un dendrograma por el método de agrupamiento UPGMA, utilizando el programa de cómputo ACOM (NAVARRO, 1984).

RESULTADOS

Condiciones Oceanográficas

La temperatura superficial en el área de estudio osciló entre 15 y 17 °C, habiéndose presentado el valor más alto en la parte norte de la bahía (Est. F2) y el más bajo en La Pampa (Est. G3). Los valores de salinidad fueron muy homogéneos y cercanos a 35.1 °/oo.

Las mediciones de corrientes mostraron un patrón casi estacionario de la circulación de las masas de agua dentro de la bahía. Las masas de agua superficiales se caracterizaron por: (1) un gran flujo de ingreso por el Canal La Trujillana; (2) otro flujo de ingreso por el Paso Cerrate y los bajeríos entre Isla Santa Rosa e Independencia y (3) flujos someros, uno bordeando el continente y otro bordeando la isla, ambos con dirección sur. Las masas de agua cerca al fondo se caracterizaron por tres flujos: (1) un flujo de salida al norte de la bahía por la parte más honda del Canal La Trujillana; (2) otro flujo en la parte central, que se dirige hacia el suroeste para salir por los bajerios entre Isla Santa Rosa e Independencia; y (3) un flujo menor en la parte sur de la bahía, que salía por Paso Cerrate (Fig. 2).

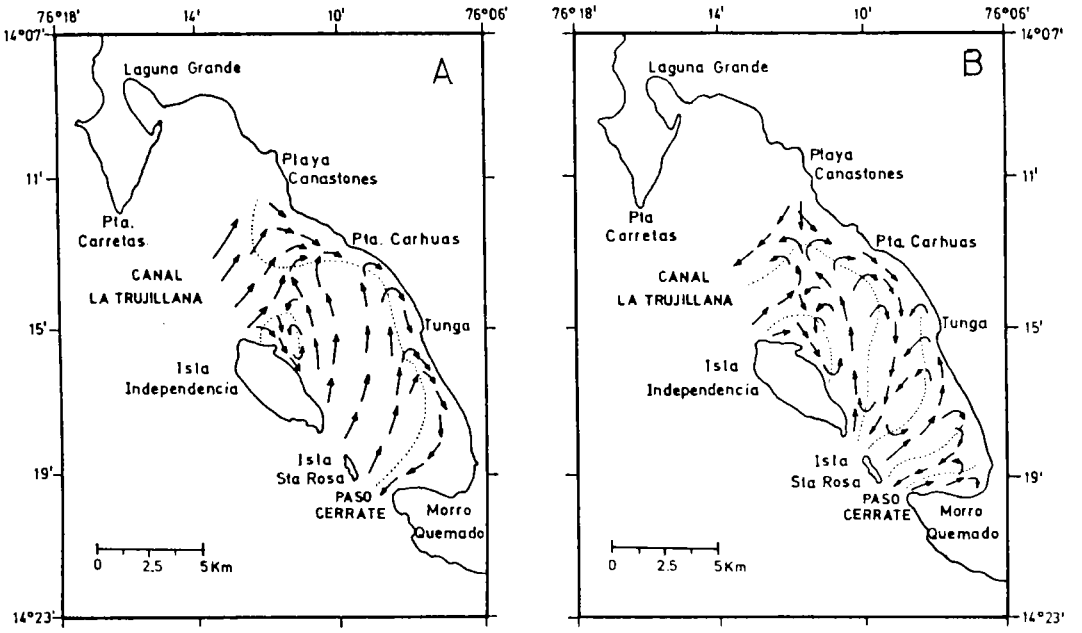
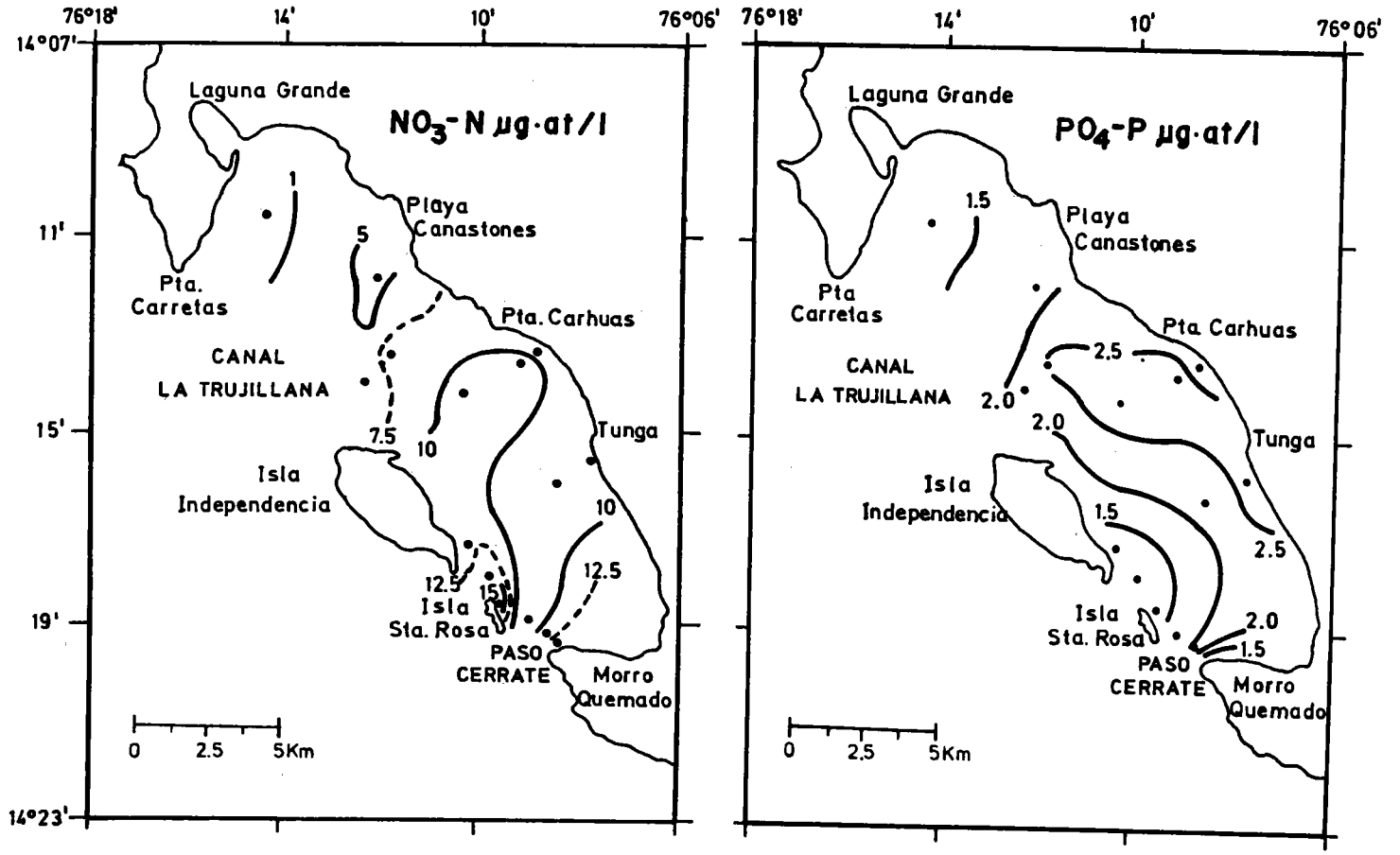
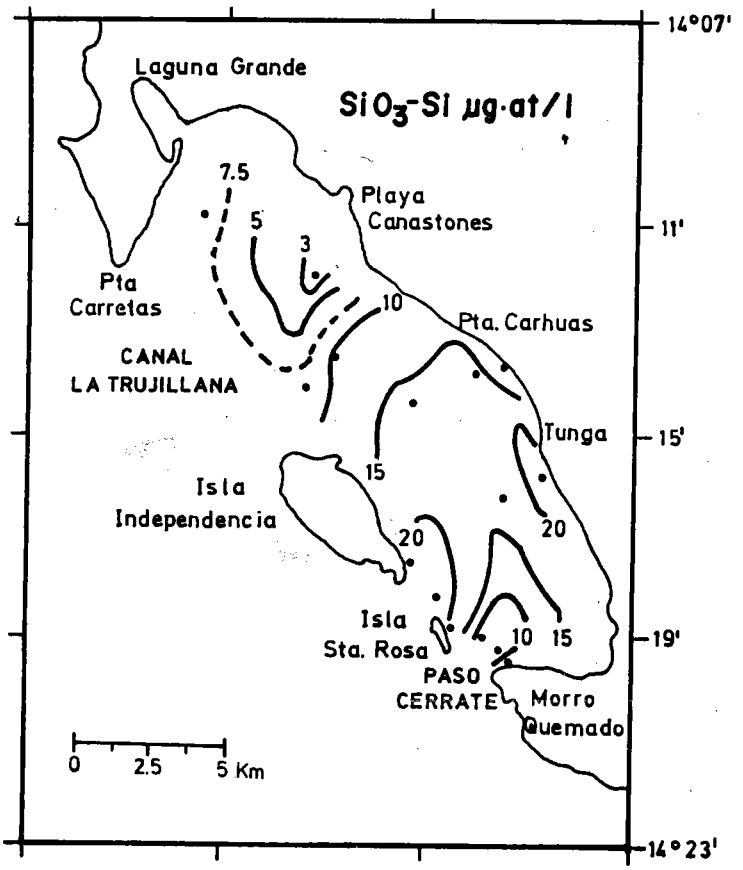


Fig. 2. Esquema de circulación de las masas de agua en Bahía Independencia en la superficie (A) en el fondo (B), durante el invierno de 1986 (15 - 18.8, 28.8, 1.9 1986).

La concentración de nutrientes básicos fue fluctuante pero generalmente alta. Se registraron valores altos de nitratos en la parte sur de la bahía, con valores de hasta 16.7 µg-at/l en la parte sur de la bahía, y los valores más bajos de hasta 0.5 µg-at/l al norte de la bahía. Los silicatos presentaron un patrón semejante al de los nitratos, con valores altos de hasta 29.6 µg-at/l y mínimos de 2.8 µg-at/l. Los fosfatos mostraron concentraciones altas de hasta 2.88 µg-at/l y valores bajos de 1.07 µg-at/l (Fig. 3).

Fig. 3. Concentraciones superficiales de nitratos, fosfatos y silicatos en Bahía Independencia durante el invierno de 1986.





Tanto la prueba de correlación de PEARSON, como la de SPEARMAN entre las concentraciones de cada uno de los nutrientes y el número de especies y células de diatomeas y dinoflagelados, no mostraron correlación significativa.

Características Biológicas

El fitoplancton de Bahía Independencia estuvo constituído por un total de 113 especies, de las cuales 63 fueron diatomeas, 31 dinoflagelados, 2 silicoflagelados y 17 otros flagelados pequeños. Este último grupo fue encontrado en su mayoría en las muestras de botella y estuvo constituido entre otros por *Emiliana huxleyi* y otros cocolitofóridos, mónadas y *Gymnodinium* sp.

Las muestras comparativas de fitoplancton superficial obtenidas en las estaciones T3 y G1, tanto con botella Niskin como con red standard, mostraron diferencias significativas por la presencia casi exclusiva del grupo otros flagelados y por el mayor número de especies de dinoflagelados en las muestras de botella (Tabla 1).

Tabla 1. Número de especies de los principales grupos taxónomicos del fitoplancton tomados simultaneamente con botella y con red en dos estaciones de Bahía Independencia, Perú.

Estaciones	T 3		C 1	
Tipo de muestreo	Botella	Red	Botella	Red
Diatomeas	31	29	36	40
Dinoflagelados	17	7	11	9
Otros flagelados	11	2	6	2

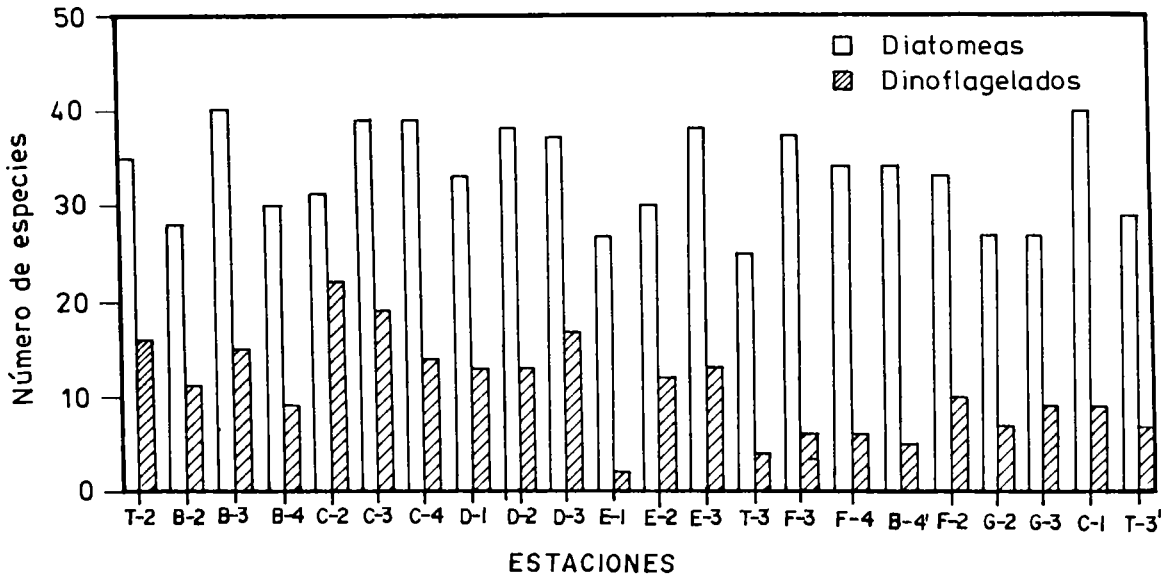


Fig. 4. Número de especies de diatomeas y dinoflagelados en el fitoplanton superficial de Bahía Independencia durante el invierno de 1986.

De los dos grupos más representativos en las muestras tomadas con red, las diatomeas aportaron siempre el mayor número de especies (hasta 40 especies) constituyendo hasta el 93 % de las especies (estación E1). Los dinoflagelados estuvieron representados hasta por 22 especies al centro de la bahía (Fig. 4).

Las diatomeas eran también dominantes en número de células, siendo ellas muy altas en todas las estaciones (entre 91.2 y 99.7 %). Las especies dominantes fueron *Thalassionema nitzschoides*, *Pleurosigma* sp. *Odontella longicruris*, *Chaetoceros debilis*, *T. bacillaris*, *Ch. affinis*, *Lithodesmium undulatum*, *Asterionella japonica* y *Ch. curvisetus*. Los dinoflagelados alcanzaron dominancias hasta el 8.8 %. Las especies dominantes fueron *Prorocentrum gracile*, *Diplopsalis asymmetrica*, *P. micans*, *Ceratium furca* y *Protoperidinium pellucidum*.

La especie con mayor dominancia en todas las estaciones fue *T. nitzschoides*, con porcentajes que variaron de 23 a 65 % (Fig. 6).

El índice de diversidad fluctuó entre 2.7 y 4.0. Los menores valores se presentaron en las estaciones F2 y C2, y los mayores valores en las estaciones F3 y T3.

El análisis de similaridad entre las estaciones muestra tres grupos principales: el primero, ubicado cerca a las bocanas y caracterizado por presentar como especie subdominante a *Odontella longicruris*; el segundo grupo corresponde a la parte central de la bahía, caracterizado por varias especies subdominantes (*Pleurosigma* sp. con 30 %, *O. longicruris* con 19 %, *T. bacillaris* con 16 %, *Ch. affinis* con 15 % y *A. japonica* con 4 % de dominancia) y el tercer grupo, ubicado en la parte norte de la bahía, caracterizado por *Skeletonema costatum* con 12 % de dominancia, (Figs. 5 y 6).

DISCUSION

En invierno de 1986, el fitoplancton de Bahía Independencia era bastante homogéneo (Figs. 5 y 6). Los valores relativamente altos de diversidad indican una comunidad fitoplanctónica en etapa avanzada de la sucesión (MARGALEF, 1958). Es posible afirmar que las aguas que ingresaron a la bahía eran aguas afloradas, por sus valores generalmente más altos de concentración de nutrientes en las bocanas. Esto es también ratificado por la alta dominancia de *T. nitzschoides*, que BLASCO (1971) consideró una especie característica para una etapa avanzada de sucesión en el afloramiento costero de San Juan (15° S). Un fenómeno semejante de ingreso de aguas afloradas fue reportado por SEARS (1954) para la Bahía de Pisco (13° 50' S).

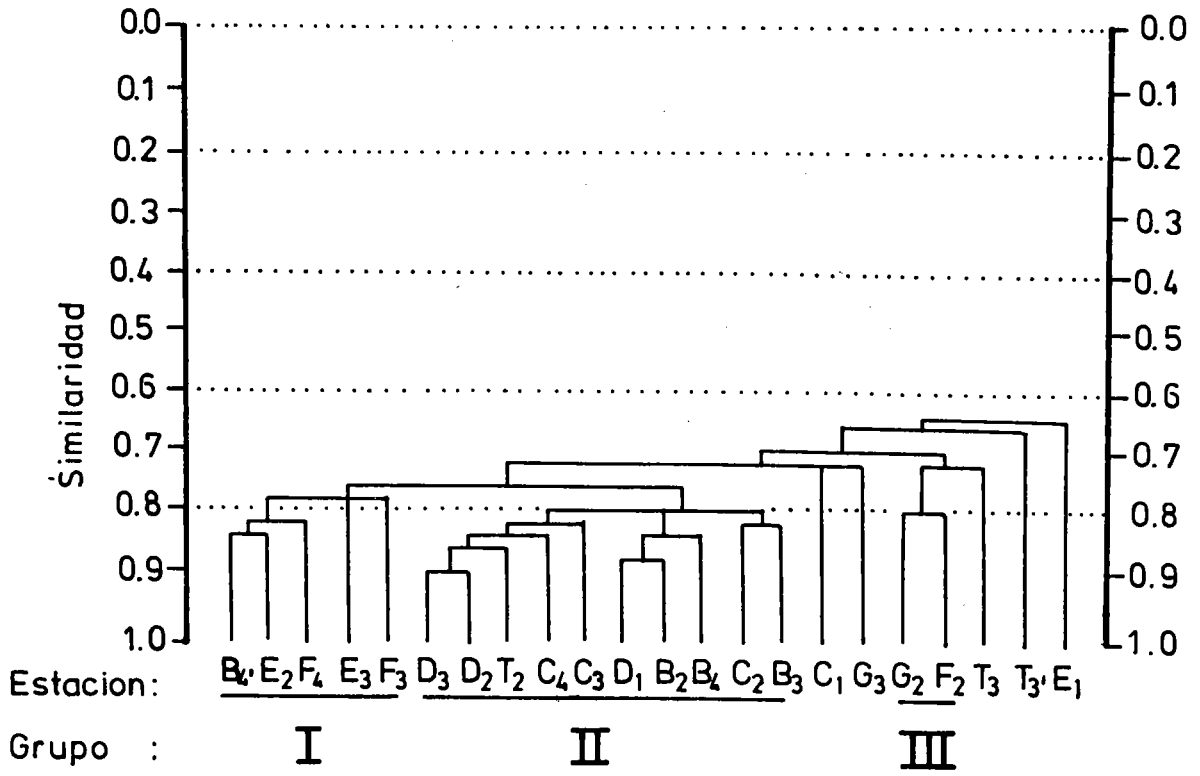


Fig. 5. Dendrograma de similaridad entre las diferentes estaciones de muestreo del fitoplancton superficial en la Bahía Independencia, durante el invierno de 1986. Indice de similaridad de Morisita, modificado por Horn.

Más de la mitad de especies del fitoplancton del afloramiento costero peruano está constituido por diatomeas (BLASCO, 1971; OCHOA y GOMEZ, 1981; ROJAS DE MENDIOLA, 1981). En Bahía Independencia se ha encontrado una composición de especies semejantes a la encontrada por los autores antes mencionados, con la diferencia de que por ser un ambiente somero, las especies ticoplanctónicas como *Pleurosigma* sp., *O. longicruris* y *Lithodesmium undulatum* están mejor representadas. Las comparaciones entre los muestreos realizados con botella y con red demuestran que el porcentaje de especies no retenido por la red sería menor del 10 % y constituido fundamentalmente por especies muy pequeñas. Por otro lado, se aseguró la inclusión de algunas diatomeas grandes poco abundantes, que no siempre estan representadas en las muestras de volumen de agua (Tabla 1).

T. nitzschoides fue la especie más dominante en todas las estaciones, así tipificando la comunidad. Esto se ve reflejado en los valores altos de similaridad. Sin embargo se puede diferenciar algunos subgrupos en base a las especies subdominantes. La parte sur y cercana a la bocana de Paso Cerrate constituiría un subgrupo caracterizado por *O. longicruris* y *Pleurosigma* sp. En la parte central de la bahía habría otro subgrupo caracterizado por *Pleurosigma* sp.; sin embargo, en las partes más cercanas a la Isla Independencia la especie subdominante fue *T. bacillaris* y en las partes más cercanas al continente *Ch. affinis* y *Ch. debilis*. Las dos primeras subáreas se caracterizaron por concentraciones relativamente altas en nutrientes y un movimiento de circulación bastante intenso, originado por los flujos de entradas de agua.

En la parte norte de la bahía habría un subgrupo caracterizado por la subdominancia de *S. costatum* y por aguas con concentraciones de nutrientes bajos. La abundancia de *S. costatum* demuestra su capacidad de adaptación a medios desfavorables en nutrientes, por lo cual ha sido considerada como especie oportunista (ESTRADA, 1979).

Podemos concluir que los cambios en la composición y distribución del fitoplancton, dentro de la bahía, estan controlados fundamentalmente por el sistema de circulación existente y que la concentración de nutrientes no constituyo un factor limitante para su desarrollo.

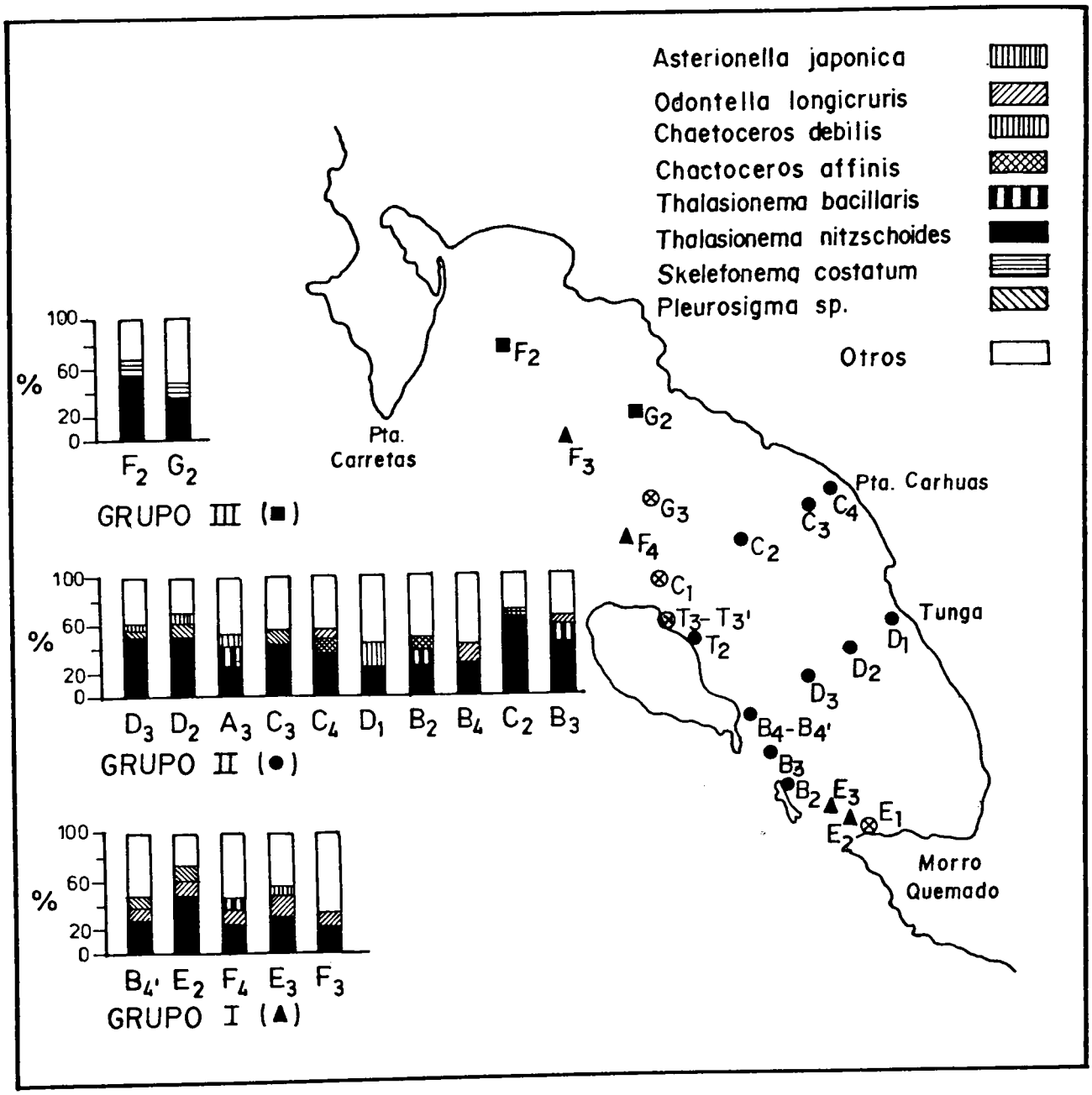


Fig. 6. Dominancias númericas (%) de las principales especies del fitoplancton superficial de Bahía Independencia durante el invierno de 1986, para las estaciones integrantes de los tres grupos de similaridad diferenciados.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo forma parte del Proyecto AID N° 936-5542 "Mecanismos y procesos que controlan la colonización y recuperación post-catastrófica de los recursos bentónicos de importancia económica en dos áreas con diferente productividad del ecosistema de afloramiento peruano".

Deseamos expresar nuestro especial agradecimiento al Programa Cooperativo Peruano-Alemán de Investigación Pesquera (PROCOPA) por su apoyo logístico. A los integrates del grupo DePSEA agradecemos por su colaboración en los trabajos de campo y laboratorio, en particular al Sr. Carlos Cabrera por su colaboración en los análisis químicos.

REFERENCIAS

BARBER, R. T., C. DUGDALE, J. MAC ISAAC y R. L. SMITH, 1971. Variaciones en el crecimiento de fitoplancton asociados con la presencia y el condicionamiento del agua aflorada. Inv. Pesq. 35: 178-193.

BARREDA, M., 1958. El plancton de la Bahía de Pisco. Bol. Comité Nac. de Protección a la Naturaleza. 16: 61-106.

BLASCO, D., 1971. Composición y distribución del fitoplancton en la región del afloramiento de las costas peruanas. Inv. Pesq. 35: 61-112.

CHAVEZ, F. y R.T. BARBER, 1985. La productividad de las aguas frente a la costa del Perú. Bol. Erfen (15): 10-13.

ESTRADA, M., 1979. Observaciones sobre la heterogeneidad del fitoplancton, en una zona costera del mar Catalán. Inv. Pesq. 43: 637-666.

GUILLEN, O., B. ROJAS DE MENDIOLA e IZAQUIRRE DE RONDAN, 1971. Primary productivity and phytoplankton in the coastal peruvian waters. *En*: J. Costlow, Jr. (ed). Fertility of the sea. Gordon and Breach Science Publishers. New York. Vol. 1: 157-185.

HARRISON, W. G., T. PLATT, R. CALIENES y N. OCHOA, 1981. Photosynthetic parameters and primary production of phytoplancton population off the Northern Coast of Peru. *En*: Coastal Upwelling. F.A. richards (ed). American Geophysical Union, Washington, D.C.: 303-311.

HENDRIKSON, P., K. G. SELLNER, B. ROJAS DE MENDIOLA, N. OCHOA y R. ZIMMERMANN, 1982. The composition of particulate organic matter and biomass in the Peruvian upwelling region during ICANE 1977. J. Plankton Res. 4: 163-186.

HERMAN, A. W., 1982. Spatial and temporal variability of chlorophyll distributions and geostrophic current estimates on the Perú Shelf at 9° S. J. Mar Res. 40: 185-207.

IBAÑEZ, F. y F. Seguin, 1972. Estude du cycle annuel du zooplancton d'Abidjan. Comparaison de plusieurs methodes d'analyses multivariables: composantes principales. Inv. Pesq. 36:81-108.

KONOVALOVA, G. V., 1980. Nannoplankton of intensive upwelling in the coastal waters of Peru. Soviet. J. Mar. Biol. 6:32-37.

LANDA, A., 1953. Análisis de las muestras diarias de fitoplancton superficial en Chimbote, julio de 1951 a junio de 1952. Bol. Cient. comp. Adam. del guano. I: 63-75.

MALDONADO, M. R. FLORES, G. CARBAJAL y C. CABRERA, 1988. Condiciones oceanográficas en dos áreas someras de diferentes productividad frente al Perú durante mayo 86 - febrero 87. COLACMAR, Mimeo.

MARGALEF, R., 1958. Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. *En*: A. A. Buzzati-Traverso (ed). Mar. Biol. University of California Press, Berkeley y los Angeles: 232-329.

MARGALEF, R., 1969. Diversidad de fitoplancton de red en dos áreas del Atlántico. Inv. Pesq. 33: 275-286.

NAVARRO, A. R., 1984. Programa computacional para el análisis númerico de comunidades; diversidad y sobreposición. Medio ambiente. 7: 82-87.

OCHOA, N. y O. GOMEZ, 1981. Variaciones del fitoplancton en el área de Chimbote de 1977. Bol. Inst. Mar Perú-Callao, Vol. Extraord. ICANE: 119-128.

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: 7-17.

ROJAS DE MENDIOLA, B., 1981. Seasonal Phytoplankton distribution along the Peruvian Coast. *En*: F. A. Richards (ed). Coastal upwelling. American Geophysical Union, Washington. D. C.: 348-356.

ROJAS DE MENDIOLA, B. y M. ESTRADA, 1976. El fitoplancton en el área de Pimentel. Verano de 1972. Inv. Pesq. 40: 463-490.

RYTHER, J. H., 1969. Photosinthesis and fish production in the sea. Science, 166: 72-76.

SANCHEZ, S. y J. TARAZONA, 1986. Variaciones del fitoplancton durante 1981-1984. II Congreso Nacional de Biología. Lima-Perú. Libro de Resúmenes (Suplemento): 3.

SEARS, M., 1954. Notas sobre la Corriente Costera del Perú. Bol. Cient. Comp. Adm. del guano. I: 133-183.

SEMINA, H. L., 1971. Distribution of plankton in the South Eastern Pacific. Oceanografic investigation in the Peru Current Area. Tr. Inst. Okeanol Akad, Nauk. SSSR. 89:43-59.

SHANNON, C. y M. WEAVER, 1963. The mathematical theory of comunication. University of Ilinois Press-Urbana, 125 pp.

STRICKLAND, J. D. H., R. W. ESPPELY y B. ROJAS DE MENDIOLA, 1969. Phytoplankton population, nutrients and photosynthesis in peruvian coastal waters. Bol. Inst. Mar. Perú-Callao. 2: 4-12.