

Inv. Pesq.	52 (4)	págs. 561-574	Diciembre 1988
------------	--------	---------------	----------------

Descripción de una intrusión de agua de elevada salinidad en el Cantábrico central: distribución de los nutrientes inorgánicos y su relación con el fitoplancton*

J. A. BOTAS, A. BODE, E. FERNÁNDEZ y R. ANADÓN

Departamento de Biología de Organismos y Sistemas.
Laboratorio de Ecología. Universidad de Oviedo. 33005 Oviedo. España.

Palabras clave. Intrusión salina, nutrientes inorgánicos, fitoplancton, golfo de Vizcaya.
Key words. Saline intrusion, inorganic nutrients, phytoplankton, Bay of Biscay.

RESUMEN: Durante la fase de mezcla, característica de la época invernal, se detectó una infusión de agua de elevada salinidad, procedente del oeste, en la zona central del mar Cantábrico. Esta intrusión dio lugar a la aparición de varios cuerpos de agua en un espacio relativamente reducido. Atendiendo a sus características físico-químicas, se distinguen seis cuerpos de agua; destacan por su extensión: un cuerpo de agua costera, un cuerpo de agua oceánica y dos cuerpos de agua de elevada salinidad. El agua costera, se caracteriza por una elevada biomasa de fitoplancton asociada a concentraciones bajas de nutrientes, situación típica de la floración primaveral de diatomeas en la que el proceso predominante es la producción de biomasa. El agua oceánica mantiene equilibradas las relaciones entre nutrientes, sugiriendo un equilibrio entre consumo y aporte de los mismos. Los cuerpos de agua salina contienen elevadas concentraciones de nutrientes, especialmente de nitrato, y una dominancia de microflagelados heterótrofos. Las diferencias encontradas entre estos cuerpos de agua salina, se relacionan con diferentes estadios del proceso de remineralización de la materia orgánica.

SUMMARY: DESCRIPTION OF AN INTRUSION OF HIGH SALINITY WATER IN THE CANTABRIAN SEA. DISTRIBUTION OF INORGANIC NUTRIENTS RELATED TO PHYTOPLANKTON COMPOSITION. — An intrusion of high salinity water of western origin was detected at the Cantabrian shelf-break, during the period of vertical mixing. Based on physico-chemical characteristics, six water bodies could be recognized. Coastal, oceanic and two bodies of high salinity water were the most relevant. Coastal waters presented high phytoplankton biomass associated with low nutrient concentrations. This situation is typical of a spring bloom of diatoms, where primary production is the main process involved. Nutrient balances in oceanic waters, suggest an equilibrium between uptake and input of inorganic nutrients into the productive zone. Both bodies of saline water showed high nutrient concentrations, especially of nitrate, and heterotrophic microflagellates dominated the phytoplankton community. Differences between these two bodies of high salinity water are related to different stages in remineralization processes of organic matter.

INTRODUCCIÓN

Los trabajos referentes a la hidrografía del mar Cantábrico son escasos (FLOS, 1979; ARIAS *et al.*, 1980; RÍOS *et al.*, 1987). Sin embargo, recientes estudios revelan la existencia de fenómenos particulares de especial interés (afloramientos, frentes costeros) en estas costas (RÍOS *et al.*, *op. cit.*).

* Recibido el 5 de diciembre de 1988. Aceptado el 26 de diciembre de 1988.
Financiado por la empresa Hidroeléctrica del Cantábrico, S.A.

Durante el período de mezcla invernal, las aguas superficiales y subsuperficiales del golfo de Vizcaya constituyen una masa de agua homogénea, con características que la diferencian del Agua Central del Atlántico Norte (ACNA), siendo denominada Agua tipo G por TREGUER *et al.* (1979) y Agua Central del Golfo de Vizcaya (ACGV) por FRAGA *et al.* (1982).

Las corrientes superficiales en el Cantábrico discurren en dirección W-E en la época invernal y en sentido contrario en verano (RÍOS *et al.*, *op. cit.*). Sin embargo, la existencia de diversos tipos de giros ciclónicos y anticiclónicos observados en el golfo de Vizcaya (PINGREE, 1979; DICKSON y HUGHES, 1981) pueden provocar el aislamiento de porciones de agua, que, en el caso de provenir del oeste, pueden dar lugar a las denominadas por BARY (1963) bolsas de agua de alta salinidad.

Este estudio se desarrolla en el mismo marco geográfico de las campañas Asturias I, II, III y IV realizadas por el Instituto de Ciencias Marinas de Vigo (RÍOS *et al.*, *op. cit.*) que ponen de manifiesto las características de las masas de agua en esta zona. El objeto del presente trabajo es describir una situación peculiar como es una intrusión de agua de elevada salinidad en el Cantábrico central y relacionar la concentración de elementos nutritivos en los diferentes cuerpos de agua encontrados con la abundancia relativa y distribución en el espacio de los grupos taxonómicos predominantes en el fitoplancton.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se recogieron muestras a lo largo de dos trasectos perpendiculares a la costa cantábrica central entre el día 5 y el 10 de abril de 1987, mediante botellas Niskin provistas de termómetros reversibles. Cada transecto contaba con cinco estaciones que fueron muestreadas a los niveles estándar hasta los 250 metros, excepto las estaciones 24 y 25 en que se muestreó hasta el fondo (fig. 1). La salinidad fue medida con un salinómetro de inducción WATANABE MKIII. Las concentraciones de nitrato, nitrito, amonio, silicato reactivo y fosfato se determinaron con un autoanalizador Technicón AAI, siguiendo los métodos descritos en GRASHOFF *et al.* (1983). Los datos de amonio tuvieron que ser desechados debido a las elevadas concentraciones medidas por contaminación de las muestras. La concentración de oxígeno disuelto fue determinada por el método de Winkler (GRASHOFF *et al.*, *op. cit.*). La concentración de clorofila-*a* se midió por el método fluorométrico (YENTSCH y MENZEL, 1963; HOLM-HANSEN *et al.*, 1965). Se contaron las células pertenecientes a cada grupo taxonómico del fitoplancton, tras sedimentación de 100 ml de agua.

Los mapas de corrientes han sido calculados por el método dinámico; los cálculos se realizaron con el ordenador IBM 1130 del Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona. Se ha tomado como nivel de referencia 1.000 metros.

Con el fin de caracterizar cuerpos de agua con diferentes características

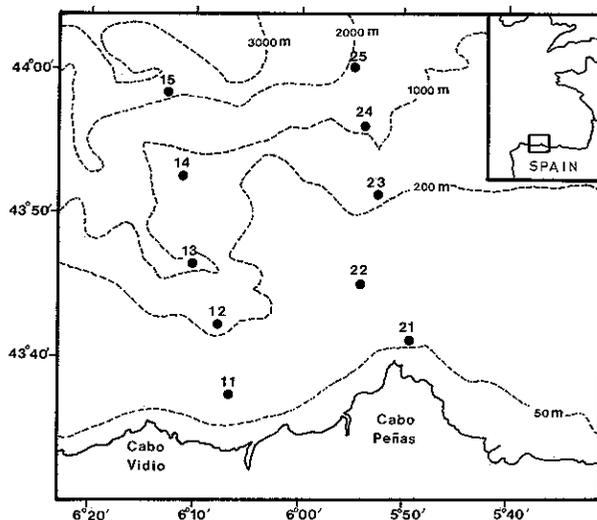


FIG. 1 — Mapa del área de muestreo.

físico-químicas, se realizaron análisis de componentes principales usando el paquete estadístico BMDP (DIXON, 1983). Este tratamiento estadístico permite clasificar las muestras en determinados ejes multifactoriales, que pueden relacionarse con otro conjunto de variables biológicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

MASAS DE AGUA

En la figura 2 viene representada la distribución de salinidad y temperatura real en los dos transectos, en los que se destaca la localización de un núcleo de agua salina. Este núcleo, en la radial 2, se situaba sobre la plataforma y estaba limitado, externamente, por el talud, mientras que, en la radial 1, era de mayores proporciones y afectaba a las estaciones más externas.

Los diagramas T-S (fig. 3) ponen de manifiesto la homogeneidad existente, en cada estación, en los 200 metros superiores de la columna de agua, típica del final del invierno en el golfo de Vizcaya (TREGUER *et al.*, 1979). Las estaciones costeras de ambas radiales presentaban salinidad baja, siendo el valor mínimo de 34,82 en la superficie de la estación 21. Las estaciones 12, 13, 14, 22 y 23, situadas en el borde de la plataforma, muestran, en toda la columna de agua, valores de salinidad más elevados ($\geq 35,60$) y temperaturas ligeramente superiores (≥ 12 °C) que las restantes, características que definen esta masa de agua como ACNA. En las estaciones más externas de cada radial se encontró agua con características que se corresponden con las del

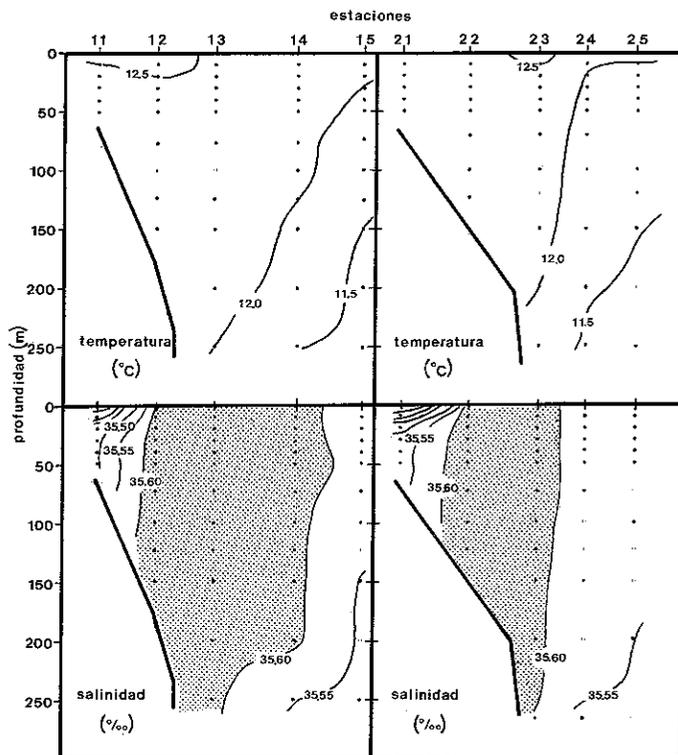


FIG 2 — Distribución vertical de temperatura y salinidad

(ACGV). 35,56-35,58 de salinidad y 11,4-12 °C de temperatura. En el diagrama de la estación 25 se distinguen las tres masas de agua características de la zona de estudio (TREGUER *et al.*, *op. cit.*; FRAGA *et al.*, 1982): en las capas superiores el ACGV, agua mediterránea con un máximo de salinidad a 1000 metros y agua profunda en las capas inferiores.

Dado que las características T-S de la intrusión salina, sitúan a ésta en un tramo de la recta del ACNA que no se encuentra habitualmente en el golfo de Vizcaya, y basándonos en los datos aportados por FRAGA *et al.* (*op. cit.*), el origen de esta agua se situaría al oeste de las costas de Galicia. Tal idea se ve apoyada por el hecho de que, en esta zona y época del año, predominan vientos del oeste. Éstos generarían una corriente superficial en dicho sentido, lo que se confirma con los cálculos de topografía dinámica (fig. 4). No obstante, las limitaciones de este método, en su aplicación a zonas costeras, hace que los resultados obtenidos deban ser tomados con precaución.

Por otra parte, la retención de agua de origen continental contra la costa, observada durante esta campaña, reforzaría la existencia de una corriente en dirección hacia el este.

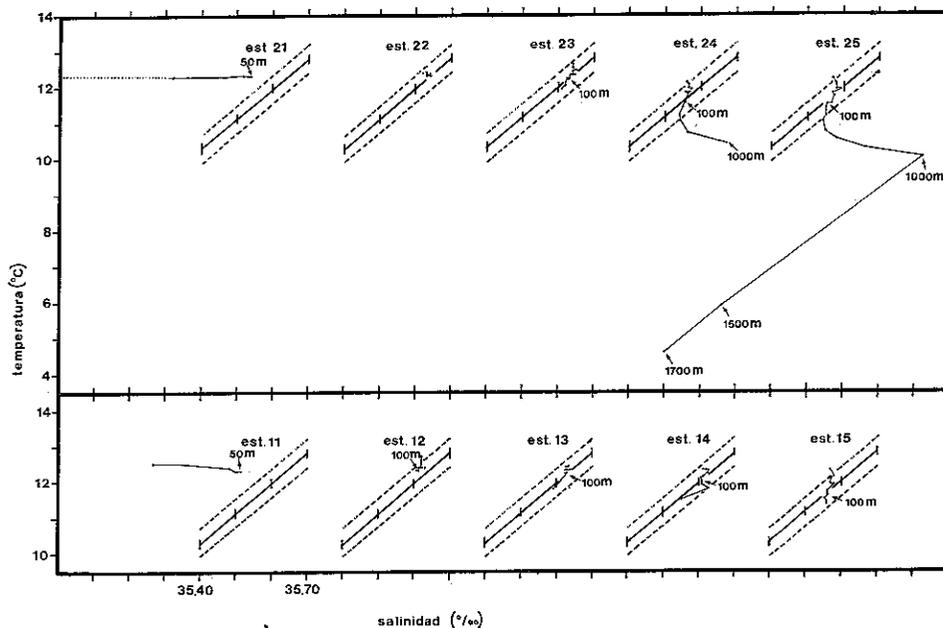


FIG 3 — Diagramas T-S de las estaciones muestreadas. Las líneas oblicuas segmentadas representan la recta del ACNA

Este tipo de intrusiones salinas ha sido descrito por BARY en 1963, que encuentra bolsas superficiales de salinidad anómala en el Atlántico este. Este autor sitúa su origen en las islas Azores, dado que los valores de salinidad que encuentra son ligeramente superiores a los que se presentan en este trabajo.

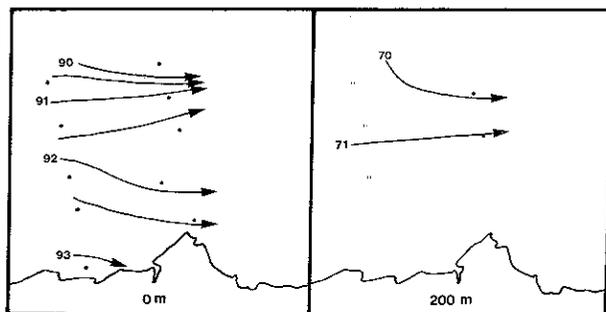


FIG 4 — Mapas de topografía geopotencial a 0 y 200 metros. La altura se expresa en centímetros dinámicos

CARACTERIZACIÓN DE CUERPOS DE AGUA

La distribución de los nutrientes sigue un marcado gradiente costa-océano (fig. 5), con valores más bajos en las estaciones costeras. Esta situación se invierte en el caso del fosfato en la radial 2, donde los valores mínimos tienen lugar en las estaciones oceánicas. Todos los nutrientes, excepto el nitrato, presentan concentraciones más elevadas en la radial 2.

El oxígeno (fig. 6) presenta las concentraciones más altas ($270 \mu\text{mol kg}^{-1}$) en la capa superficial de las estaciones costeras y de las estaciones 14, 15 y 24.

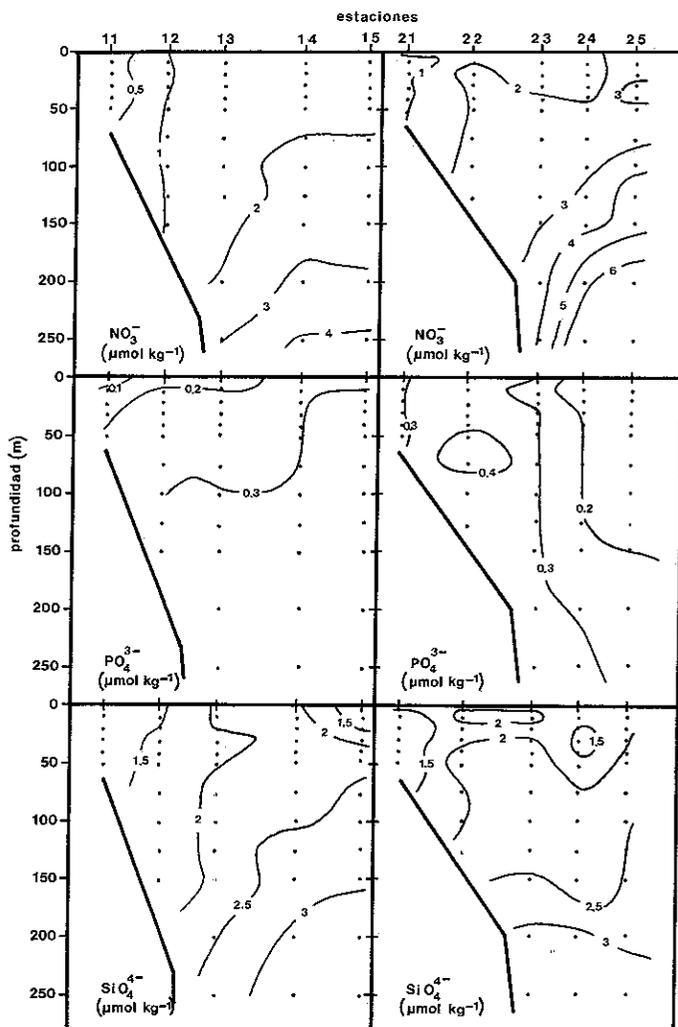


FIG 5 — Distribución vertical de la concentración de nitrato, fosfato y sílice

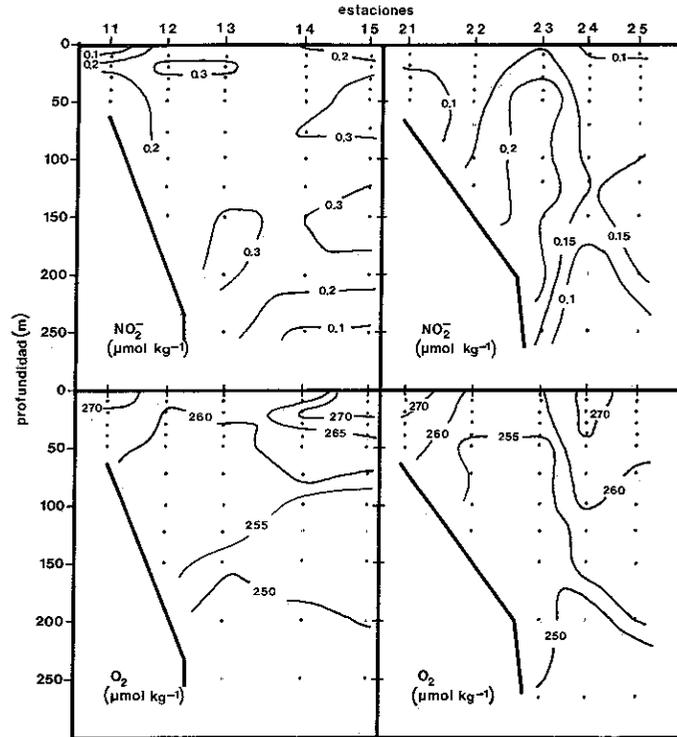


FIG 6 — Distribución vertical de la concentración de nitrito y oxígeno disuelto.

Las concentraciones más bajas ($< 250 \mu\text{mol kg}^{-1}$) se dan en las estaciones que abarca el núcleo salino, coincidiendo con valores de nitrito elevados (fig. 6). Los valores mínimos de oxígeno aparecen en la radial 2.

La distribución de clorofila-*a* (fig. 7) presenta valores máximos ($2\text{-}3 \mu\text{g l}^{-1}$) en las estaciones en las que no se detecta la intrusión salina. Los valores mínimos de esta variable son más intensos en el corte 2, alcanzándose valores menores de $0,25 \mu\text{g l}^{-1}$ en la estación 23.

Con el fin de definir los cuerpos de agua presentes en la zona de estudio, se realizó un análisis de componentes principales sobre los valores de las variables físico-químicas en todas las muestras. Se obtuvieron dos ejes factoriales que explican el 39 y el 21% de la varianza. La temperatura muestra una elevada correlación negativa con el eje I, mientras que sílice y nitrato presentan altas correlaciones positivas con el mismo (cuadro I). El nitrito, la salinidad y el fosfato se correlacionan positivamente con el factor II. Estos ejes se relacionan respectivamente con el gradiente vertical (factor I) y con la presencia del núcleo salino (factor II).

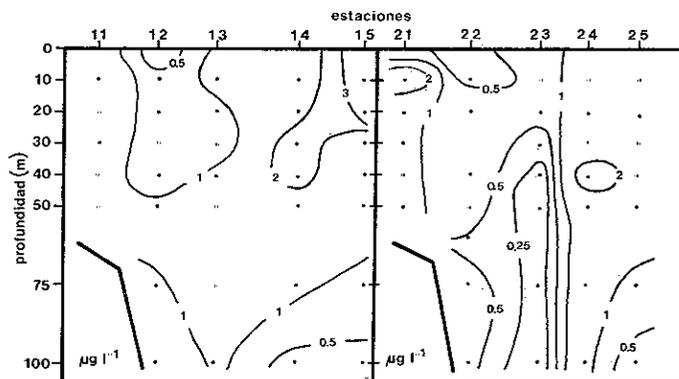


FIG 7 — Distribución vertical de la concentración de clorofila-a

La figura 8 refleja la proyección de la totalidad de las muestras sobre los dos componentes, diferenciándose tres grupos. Las estaciones costeras (grupo 1) presentan valores bajos en ambos componentes; dentro de este grupo se encuentran las muestras superficiales de la estación 15, que presentan bajas concentraciones de nutrientes. Las muestras oceánicas, con valores altos del componente I y bajos del componente II, forman el grupo 2. El tercer grupo está constituido por las muestras pertenecientes al núcleo salino y algunas de la estación 15; todas ellas alcanzan valores altos del componente II y bajos del componente I.

Se realizó un nuevo análisis de componentes principales sobre las muestras pertenecientes al tercer grupo, obteniéndose dos nuevos ejes factoriales que explican el 41 y el 25 % de la varianza. El factor I, que indica la variabilidad vertical dentro del núcleo salino, se correlaciona negativamente con la temperatura y positivamente con sílice y nitrato. El factor II muestra correlación positiva con la salinidad y elevada correlación negativa con los nitritos; representaría la transición entre las dos radiales (cuadro II).

CUADRO I

Correlaciones de las variables físico-químicas con los dos primeros componentes principales. Análisis realizado sobre la totalidad de las muestras

<i>Variables</i>	<i>Factor I</i>	<i>Factor II</i>
Temperatura	-0,92	-0,30
Salinidad	-0,54	-0,68
Fosfato	0,55	-0,42
Sílice	0,87	-0,13
Nitrato	0,78	-0,49
Nitrito	0,17	0,83

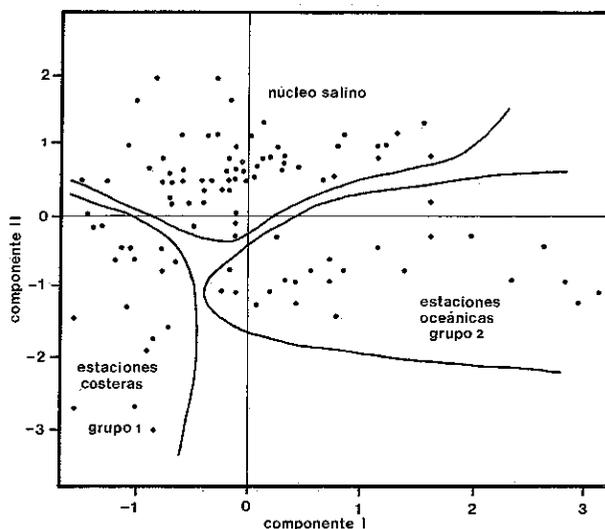


Fig 8 — Representación de la totalidad de las muestras sobre los dos primeros componentes principales

CUADRO II

Correlaciones de las variables físico-químicas con los dos primeros componentes principales. Análisis realizado sobre las muestras correspondientes al núcleo salino

<i>Variables</i>	<i>Factor I</i>	<i>Factor II</i>
Temperatura	-0,84	0,23
Salinidad	-0,06	0,79
Fosfato	0,53	0,53
Sílice	0,87	-0,35
Nitrato	0,88	0,14
Nitrito	0,03	-0,32

A partir de la proyección de las muestras sobre los dos primeros componentes (fig. 9) pueden diferenciarse cuatro grupos. El grupo 3 lo forman muestras pertenecientes al núcleo salino de la radial 1 y presenta valores bajos del factor I y altos del factor II. El grupo 4 lo constituyen las estaciones del núcleo salino de la radial 2, que presentan valores bajos de ambos componentes. El grupo 5 está formado por algunas muestras de la estación 15 con valores altos de ambos componentes. El grupo 6 engloba a las muestras profundas de las estaciones del núcleo salino y tiene valores altos del componente I y bajos del componente II.

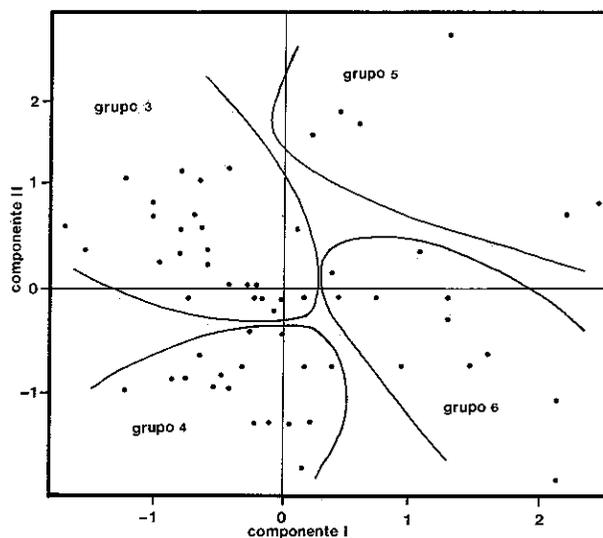


FIG 9 — Representación de las muestras correspondientes al núcleo salino sobre los dos primeros componentes principales

Sobre los 6 cuerpos de agua obtenidos, se calcularon los valores medios y las desviaciones típicas de las variables físico-químicas (cuadro III) así como de las concentraciones de clorofila y oxígeno y los porcentajes relativos de cada uno de los principales grupos taxonómicos del fitoplancton (cuadro IV). La distribución en el espacio de los distintos cuerpos de agua se muestra en la figura 10.

En las estaciones costeras 11 y 21 (grupo 1), las bajas concentraciones de nutrientes, los elevados valores de clorofila y oxígeno y la composición del fitoplancton indican la existencia de una floración primaveral de diatomeas, característica de esta zona (TREGUER, *et al.*, 1979; ESTRADA, 1982). La relativamente elevada concentración de nitritos es consecuencia de la excreción de este compuesto por parte del fitoplancton, cuando no presenta limitación de nitrato (VACCARO y RYTHER, 1960). En las capas superficiales de las estaciones 15 (excepto entre 0 y 10 metros) y 24, coexisten elevadas concentraciones de nutrientes y bajas temperaturas con altos valores de clorofila. Este hecho podría deberse a un ascenso de agua profunda, fenómeno descrito por TREGUER *et al.*, 1979, en el golfo de Vizcaya durante la primavera. Esta situación se vería reforzada por la localización de estas estaciones en una zona de frente entre dos cuerpos de agua, donde la intensidad de mezcla vertical, estimada a partir de la frecuencia de Brünt-Vaisala, es máxima (cuadro V).

El cuerpo de agua oceánica (grupo 2) presenta relaciones entre nutrientes ($\text{NO}_3/\text{PO}_4 = 16,5$ y $\text{NO}_3/\text{SiO}_4 = 1,4$) que se asemejan a las aportadas por RICHARDS, 1958, para aguas subsuperficiales del Atlántico, así como a la rela-

CUADRO III

Valores medios y desviación típica de las variables físico-químicas en los diferentes tipos de agua: Temperatura (Temp.), salinidad (Sal), fosfato (Fosf.), sílice (Sil), nitrato (Nitra) y nitrito (Nitri). Concentraciones expresadas en $\mu\text{mol Kg}^{-1}$

Tipo de agua	Variables físico-químicas					
	Temp.	Sal.	Fosf.	Sil.	Nitra.	Nitri.
Estaciones costeras (Grupo 1)	12,32 (0,07)	35,391 (0,214)	0,20 (0,10)	1,44 (0,50)	0,69 (0,39)	0,14 (0,06)
Estaciones oceánicas (Grupo 2)	11,77 (0,24)	35,566 (0,011)	0,21 (0,07)	2,34 (0,69)	3,33 (1,43)	0,12 (0,07)
Núcleo salino Radial 1 (Grupo 3)	12,35 (0,13)	35,622 (0,011)	0,24 (0,07)	1,93 (0,29)	1,43 (0,37)	0,28 (0,04)
Núcleo salino Radial 2 (Grupo 4)	12,34 (0,09)	35,635 (0,008)	0,31 (0,09)	2,07 (0,24)	2,06 (0,33)	0,17 (0,04)
Estación 15 (Grupo 5)	11,76 (0,17)	35,566 (0,010)	0,30 (0,07)	2,44 (0,40)	2,01 (0,65)	0,32 (0,03)
Núcleo salino Muestras profundas (Grupo 6)	12,03 (0,14)	35,619 (0,009)	0,34 (0,08)	2,67 (0,30)	2,85 (0,53)	0,26 (0,05)

CUADRO IV

Valores medios y desviación típica de las concentraciones de oxígeno disuelto (Oxig.), clorofila-*a* (Cloro.) y de la densidad de los grupos taxonómicos más abundantes del fitoplancton: diatomeas (Diat.), dinoflagelados (Dinof.) y microflagelados (Microfl.), en los tipos de agua más importantes. La concentración de oxígeno se expresa en $\mu\text{mol Kg}^{-1}$ y la de clorofila-*a* en $\mu\text{g l}^{-1}$. La densidad de células se expresa en cél ml^{-1}

Tipo de agua	Variables				
	Oxig.	Cloro.	Diat.	Dinof.	Microfl.
Estaciones costeras (Grupo 1)	270,6 (7,6)	1,78 (0,99)	48 (30,0)	16 (15,5)	57 (44,3)
Estaciones oceánicas (Grupo 2)	265,5 (5,7)	1,45 (0,46)	17 (10,1)	39 (25,2)	98 (94,7)
Núcleo salino Radial 1 (Grupo 3)	260,6 (3,5)	1,17 (0,48)	9 (9,2)	16 (9,2)	359 (289,3)
Núcleo salino Radial 2 (Grupo 4)	255,9 (2,2)	0,48 (0,20)	5 (3,9)	8 (4,7)	77 (94,2)

ción de Redfield (REDFIELD *et al.*, 1963) para fósforo y nitrógeno particulado, lo que indica la existencia de un equilibrio dinámico entre el consumo y el aporte o regeneración de nutrientes.

El cuerpo de agua salina (grupos 3, 4 y 6), se caracteriza por altas concentraciones de nutrientes, principalmente nitrito, y bajos valores de clorofila y

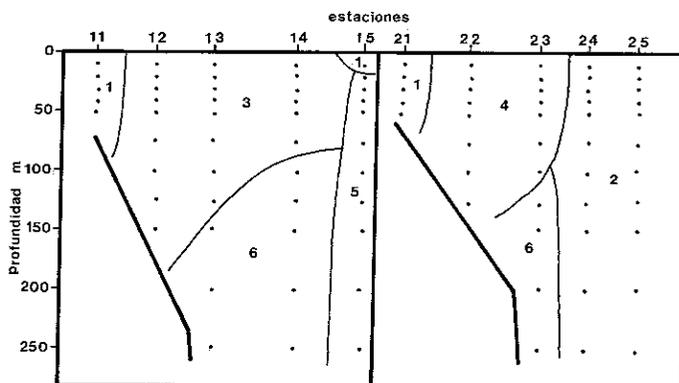


FIG 10 — Distribución espacial de los seis cuerpos de agua obtenidos

oxígeno. La composición del fitoplancton dominada por microflagelados, en su mayor parte heterótrofos, es típica de una fase posterior a una floración (SIEBURTH y DAVIS, 1982) en la que juegan un importante papel dada su alta eficiencia en la regeneración de nutrientes (GOLDMAN *et al.*, 1985). Los elevados valores de nitrito presentes en estos grupos de agua se generan por la acción de dos procesos separados en el tiempo: excreción por parte del fitoplancton en una fase previa de floración de diatomeas (VACCARO y RYTHER, 1960) y liberación de compuestos nitrogenados por parte de los microflagelados (RAULT *et al.*, 1988).

Los grupos 3 y 4, de agua salina, son dos fases de un mismo cuerpo de agua separadas en el tiempo. Así, el grupo 4, que presenta valores más elevados de nutrientes y concentraciones de clorofila y oxígeno menores, sería un cuerpo de agua de mayor «edad». Además, la actividad regeneradora debe ser mayor en el cuerpo de agua 3, como indica la mayor densidad de microflagelados y la máxima concentración de nitrito, que es característica del final de fases de máxima actividad heterotrófica (RAULT *et al.*, *op. cit.*). Estos

CUADRO V

Frecuencias de Brunt-Väisälä (N^2) calculadas para tres capas de estaciones no costeras ($N^2 \cdot 10^6 \text{ s}^{-2}$)

Estación	0-50 m	0-100 m	0-250 m
12	11,45	7,63	—
13	3,82	0,95	2,67
14	2,86	2,86	4,15
15	15,27	9,54	5,72
22	5,72	3,82	—
23	11,45	6,68	4,20
24	7,63	4,77	5,08
25	11,45	6,68	4,96

procesos explicarían la diferente concentración de sales nutrientes en ambos cuerpos de agua.

En resumen, se definen tres cuerpos de agua en las que los procesos predominantes son diferentes. La producción de biomasa caracteriza el agua costera; en el cuerpo de agua oceánica se alcanza un equilibrio entre la absorción y los aportes de elementos nutritivos, mientras que en el núcleo salino son los procesos regeneradores los predominantes.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. J. Salat la ayuda prestada en los cálculos de topografía dinámica. Agradecemos también al Dr. E. Anadón y a unos correctores anónimos la revisión crítica del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- ARIAS, E, M MANRÍQUEZ, P CALDENTEY y J M. SOUSA — 1980. Hidrografía de la plataforma costera de Vizcaya y Guipúzcoa (febrero a diciembre de 1976) *Inv. Pesq*, 44(1). 13-34
- BARY, B. MCK — 1963 Temperature, salinity and plankton in the eastern North Atlantic coastal waters of Britain, 1957. I. The characterisation and distribution of surface waters *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 20(3). 789-814.
- DICKSON, R. R y D G HUGHES — 1981. Satellite evidence of mesoscale eddy activity over the Biscay abyssal plain *Oceanol. Acta*, 4: 43-46
- DIXON, W J Ed — 1983. *BMDP statistical software*. University of California Press. London 733 pp.
- ESTRADA, M — 1982. Ciclo anual del fitoplancton en la zona costera frente a Punta Endada (golfo de Vizcaya) *Inv. Pesq*, 46(3): 469-491
- FLOS, J — 1979. Interpretación de varios análisis de las componentes principales aplicado a un conjunto de datos oceanográficos de una zona nerítica del golfo de Vizcaya. *Ibidem*, 43(3): 611-635
- FRAGA, F, C MOURIÑO, y M MANRÍQUEZ. — 1982. Las masas de agua en la costa de Galicia. junio-octubre. *Res. Exp. Cient.*, 10: 51-77
- GOLDMAN, J C, D A CARON, O K ANDERSEN y M R DENNETT. — 1985. Nutrient cycling in a microflagellate food chain: I Nitrogen dynamics *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 24: 231-242
- GRASSHOFF, K, M EHRHARDT y K KREMLING — 1983 *Methods of seawater analysis*. 2ª Ed Verlag chemie, Weinheim, 419 pp
- HOLM-HANSEN, O, C J LORENZEN, R. W HOLMES y J D. H STRICKLAND. — 1965. Fluorometric determination of chlorophyll *J. Cons. perm. int. Explor. Mer.*, 30. 3-15
- PINGREE, R. D. — 1979. Baroclinic eddies bordering the Celtic Sea in the late summer *J. Mar. Biol. Ass. UK.*, 59: 689-698
- RAULT, P L, L P SOHIER, A M RIVIER y R. A DAUMAS — 1988. Dark bacterial-protzoan culture. acidification, nitrite accumulation, and protzoan inhibition in absence of phytoplankton *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 116: 273-291
- REDFIELD, A. C, B H KETCHUM y F A RICHARDS — 1963 *The influence of organisms on the composition of sea water*. En: *The Sea*, M N. Hill, Ed, Interscience, Vol 2, pp 26-77
- RICHARDS, F. A — 1958. Dissolved silicate and related properties of some western North Atlantic and Caribbean waters *J. Mar. Res.*, 17: 449-465.
- RÍOS, A, F FRAGA, F G FIGUEIRAS, R PREGO y F F PÉREZ — 1987. Campañas oceanográficas «Asturias I, II, III y IV» *Datos informativos Inst. Inv. Mariñas*, 22: 1-140
- SIEBURTH, J MCN y P G DAVIS — 1982. The role of heterotrophic nanoplankton in the grazing and nurturing of planktonic bacteria in the Sargasso and Caribbean Seas *Ann. Inst. Océanogr. (Paris)*, 58: 285-295
- TREGUER, P, P LE CORRE y J R. GRALL — 1979. The seasonal variations of nutrients in the upper waters of the Bay of Biscay region and their relation to phytoplankton growth. *Deep Sea Res.*, 26A: 1121-1152
- VACCARO, R F y J H RYTHYER — 1960. Marine phytoplankton and the distribution of nitrite in the sea *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 25: 260-271
- YENTSCH, C S y D W MENZEL — 1963. A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence *Deep Sea Res.*, 10: 221-231