

Características termohalinas y nutrientes en aguas de las plataformas insulares canarias a finales de primavera

O. Llinás¹, M. J. Rueda¹ y E. Pérez-Martell²

¹ Instituto Canario de Ciencias Marinas. Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria. Apdo. 56. 35200 Telde, Las Palmas, España.

² Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Apdo. 550. 35017 Las Palmas de Gran Canaria, España.

RESUMEN

Se presentan los resultados de las determinaciones de temperatura, salinidad y nutrientes, sobre las plataformas insulares de las islas Canarias a finales de primavera. La distribución de estos parámetros y el análisis de los diagramas T/S correspondientes permiten señalar una clara influencia del afloramiento costero africano en las islas. De un lado, las aguas afloradas en la costa africana alcanzan plenamente, en el período estudiado, las islas más orientales (Lanzarote y Fuerteventura), donde el agua aflorada puede ocupar desde la superficie hasta el fondo o hasta la máxima profundidad muestreada (150 m).

De otro lado, se encuentra bien señalada la tendencia a emerger de las aguas subsuperficiales caracterizadas por gradientes máximos Este-Oeste de 1,88° C y 0,403 de salinidad, a las máximas profundidades estudiadas. Los valores de nutrientes se muestran muy condicionados por los procesos productivos locales, ya que el muestreo se realizó en la zona fótica, encontrándose indicios del gradiente longitudinal sólo en los niveles más profundos muestreados.

Palabras clave: Hidrografía, nutrientes, T/S, islas Canarias.

ABSTRACT

Temperature, salinity and nutrient characteristics in waters of the Canary Island insular shelf at the end of spring.

The present paper presents our findings regarding the temperature, salinity and nutrients of the Canary Island insular shelf, at of the end of spring. The distribution of these parameters and analysis of the corresponding T/S diagrams, indicate a clear influence on the islands of the upwelling water from the African coast which, during the period studied, easily reaches the easternmost islands (Lanzarote y Fuerteventura). Around the islands, the upwelled water can extend from the surface to the bottom or to the maximum depth indicated (150 m).

On the other hand, there is a notable tendency towards emergence of the subsurface water, characterized by principal east-west rates of 1.88° C and 0.403 salinity at the maximum depths studied. The nutrient values are seen to be governed by local productive processes since the samples were collected in the photic zone, where signs of the longitudinal gradient were encountered only at the deepest levels.

Key words: Hydrography, nutrients, T/S curves, Canary Islands.

INTRODUCCIÓN

Las aguas en torno al archipiélago canario presentan un gradiente Norte-Sur en las propiedades hidrográficas básicas tempera-

tura (T) y salinidad (S), que va transformándose en Este-Oeste a medida que disminuye la profundidad. Esta característica es consecuencia de la interacción de las aguas del Atlántico central con las afloradas en

la costa africana próxima, lo que se ha manifestado con claridad en los estudios de meso y gran escala del Atlántico (Mascareño, 1972; Ruiz-Cañavate *et al.*, 1990; Fukumori *et al.*, 1991).

Los efectos que las islas causan sobre estas tendencias generales determinan las características locales que se encuentran sobre las plataformas costeras de cada una de ellas. Existen algunos estudios sobre áreas particulares de algunas islas, principalmente en Tenerife y Gran Canaria (Braun, 1980; Braun *et al.*, 1986; Hernández-León, 1988; Llinás, 1988; Aristegui *et al.*, 1989; Braun *et al.*, 1990) siendo más escasos los realizados en todas o varias islas en los mismos períodos de tiempo (Ballester *et al.*, 1977, inédito; Llinás, 1988; Braun *et al.*, 1987, inédito).

Se presentan aquí las observaciones realizadas sobre las plataformas insulares de cada una de las islas del archipiélago canario a finales de primavera de 1986, lo que permite observar de forma más sinóptica la variabilidad espacial de estos parámetros y realizar comparaciones entre las situaciones encontradas en cada isla.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron 84 estaciones, de las cuales en 59 se hizo el muestreo hidrográfico, según la distribución que se puede observar en la figura 1, en dos períodos del 14 al 23 de mayo en las islas orientales, Lanzarote, Fuerteventura y Gran Canaria, y entre el 25 de mayo y el 4 de junio en las occidentales Tenerife, Gomera, La Palma y Hierro. En cada una se muestrearon seis niveles hasta 150 m según la profundidad de la plataforma en cada lugar de muestreo. Se utilizaron botellas Niskin de 5 litros, dotadas de termómetros reversibles.

La determinación de las salinidades se hizo en el laboratorio en tierra así como los análisis de nutrientes, para lo cual las muestras fueron conservadas congeladas a $\approx -20^\circ \text{C}$. Las salinidades fueron medidas en un salinómetro Plessey Environmental Systems Mod. 6230N y calculadas en la escala de salinidades prácticas (PSS) de Unes-

co (1984); los nutrientes se determinaron usando un Autoanalizador Technicon® AII. Los detalles de las metodologías empleadas se pueden encontrar en Llinás (1988).

Se ha de señalar que las muestras de salinidad correspondientes a la isla de Hierro perdieron su identificación en el proceso de almacenamiento y transporte. En la isla de Gomera se han encontrado valores anormalmente altos de la concentración de fosfato en toda la columna y han sido omitidos.

RESULTADOS

La observación del diagrama T/S correspondiente a todas las muestras tomadas (figura 2) muestra una gran dispersión de los puntos que los representan, mayor cuanto más superficiales, quedando señaladas dos líneas convergentes con los puntos correspondientes a las muestras más profundas. Se presenta también una cierta desagregación de la nube de puntos en dos subconjuntos que aparecen bien señalados en la figura 2. La identificación por islas de los puntos permite indicar que los situados en el área de temperaturas y salinidades más altas corresponden a la isla de La Palma, mientras que los situados en valores de temperatura y salinidad más bajos corresponden a Lanzarote y Fuerteventura. Entre ambos extremos se colocan el resto de las islas siguiendo su distribución longitudinal.

En la figura 3 se presenta el diagrama T/S correspondiente a los promedios por profundidades para cada isla, de forma que se pueden singularizar mejor las propiedades termohalinas de cada una de ellas. En esta figura se puede observar con claridad cómo los datos correspondientes a los niveles más profundos (150 m) en cada isla presentan valores cada vez más altos de temperatura y salinidad, desde Lanzarote-Fuerteventura hasta La Palma, dándose una variación de $1,88^\circ \text{C}$ y de 0,403 de salinidad (PSS), estos gradientes se encuentran en el orden de los publicados para el área en Mascareño y Molina (1970), Mascareño (1972) y Villanueva Guimerans y Ruiz

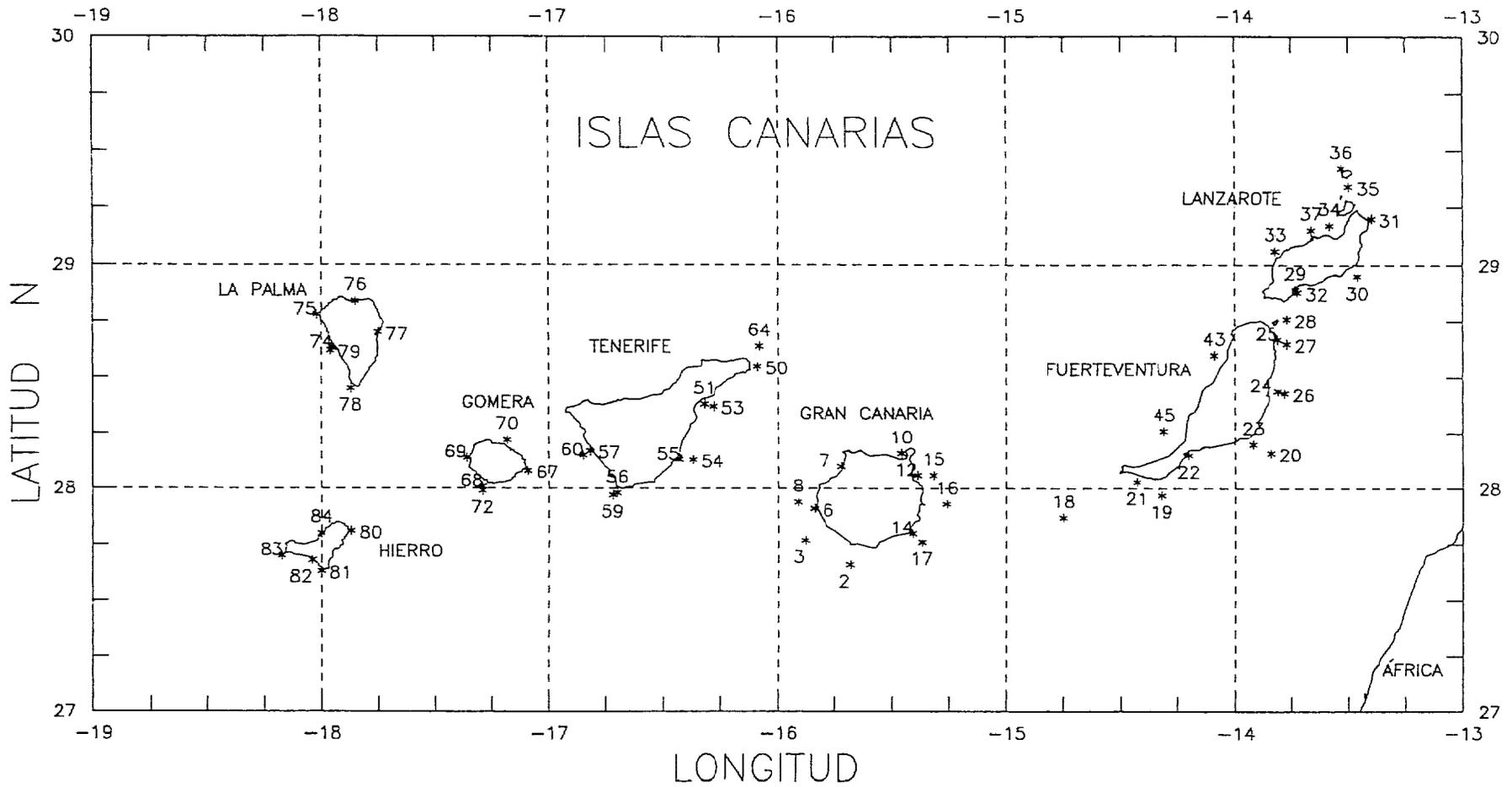


Figura 1. Distribución de las estaciones muestreadas.

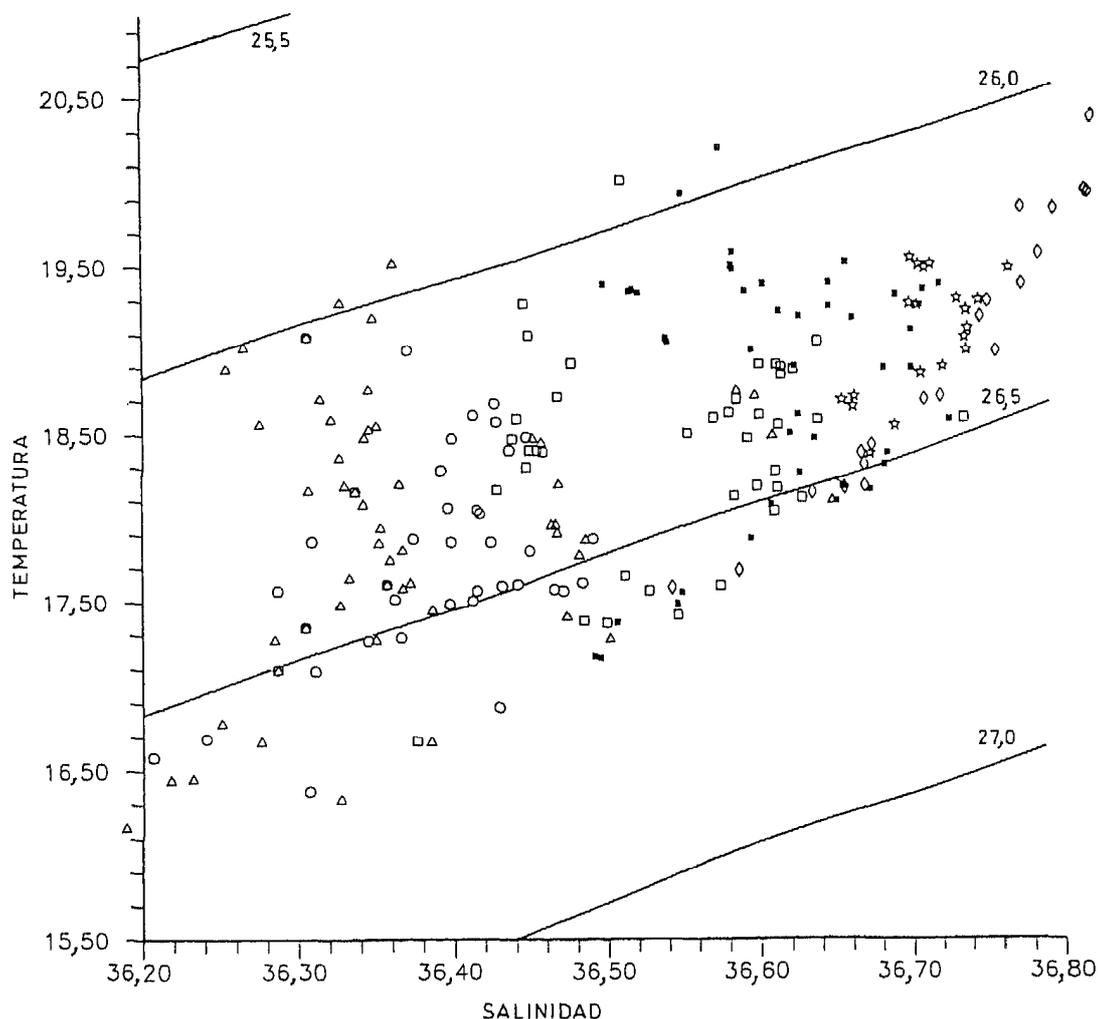


Figura 2. Diagrama T/S de todos los niveles de las estaciones muestreadas, con el mismo símbolo para cada isla, que se mantendrá en el resto de las figuras: Fuerteventura triángulo, Lanzarote círculo, Gran Canaria cuadrado vacío, Tenerife cuadrado negro, Gomera estrella, La Palma rombo y triángulo negro para Hierro que no aparece en los diagramas T/S pero que lo hará en los de nutrientes.

Cañavate (1994), aunque los aquí presentados parecen mostrar una diferencia mayor entre los valores extremos a 150 m, lo cual no puede ser bien contrastado con los trabajos referidos ya que sólo dan valores para 100 y 200 m de profundidad. Lanzarote y Fuerteventura presentan en sus diagramas T/S promedios muy próximos y caracterizados por ser los valores mínimos, lo que señala con claridad la influencia del afloramiento en sus aguas. En el otro extremo aparecen los diagramas correspondientes a La Palma agrupados de forma muy clara con los de Gomera y separados de forma significativa de los correspondientes a la isla de Tenerife a pesar de la mayor proximidad física de estas islas. En

cualquier caso los datos presentados se encuentran en el rango de los valores recogidos en distintas recopilaciones hechas para la zona entre otros por Oren (1972b), Willenbrink (1982), Emery y Dewar (1982), Llinás *et al.* (1993).

La observación individualizada del diagrama T/S promedio correspondiente a cada isla permite encontrar la presencia en las islas más orientales de un máximo absoluto o relativo de salinidad subsuperficial que prácticamente desaparece en las más occidentales. Este máximo podría identificarse con el «máximo de salinidad subsuperficial» en definición de Defant (1936), que en el área de Canarias se encuentra en distintas épocas del año, tal como está

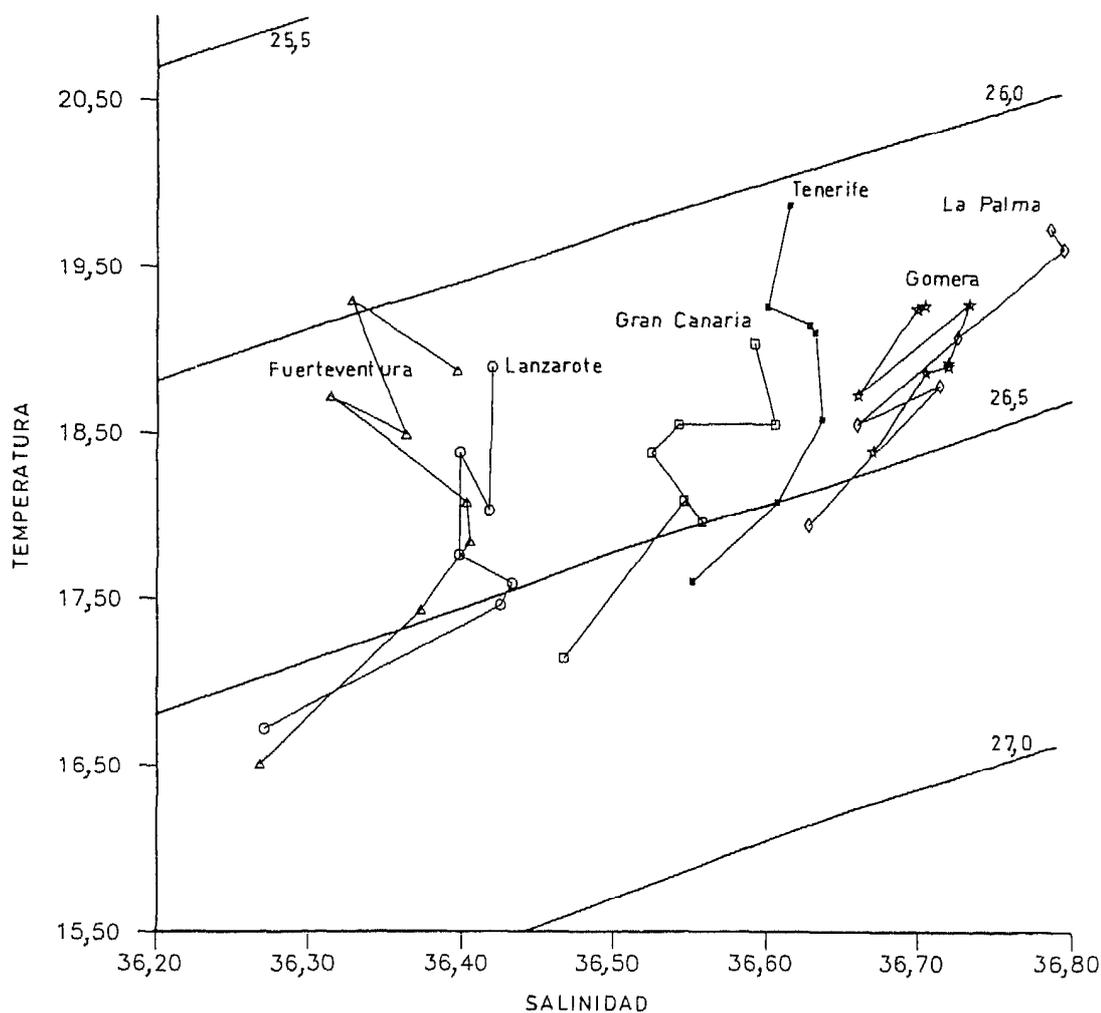


Figura 3. Diagrama T/S promedio por niveles para cada isla.

referenciado en Bauer y Siedler (1988) para las islas occidentales usando datos históricos y en Llinás (1988) y Llinás *et al.* (1993) con datos históricos y observados para las islas centrales y orientales. El máximo no aparece igualmente bien definido en cada uno de los diagramas, sin duda por la condición de valores promedios de los mismos, como se verá mas adelante al tratar los diagramas con los puntos correspondientes a todas las estaciones de las islas de Fuerteventura y Tenerife (figuras 4 y 5).

A partir de los máximos se inicia un decrecimiento rápido en los valores de temperatura y salinidad hasta alcanzar los puntos representativos de las muestras más profundas los valores correspondientes al segmento del agua central noratlántica (ACNA) en denominación clásica, muy

ajustados al definido por Tomczac (1981) y entre los definidos por Fraga *et al.* (1985) y Emery y Meinke (1986) que precisan un rango de valores más estrechos al que denominan agua central noratlántica oriental, el cual sería el propio del área de estudio. Los puntos más profundos de las islas de Lanzarote y Fuerteventura conforman el segmento menos salino de los dos que aparecerían como convergentes en la figura 2, presentando un gradiente térmico entre los niveles de 100 y 150 m muy próximo a $0,020^{\circ}\text{C/m}$ característico para la termoclina principal en el área (Llinás, 1988), lo que resulta indicador de la influencia del afloramiento en las aguas en torno a estas islas, ya que viene a mostrar la tendencia a aflorar de las aguas subsuperficiales que se extiende a gran distancia de la costa africana,

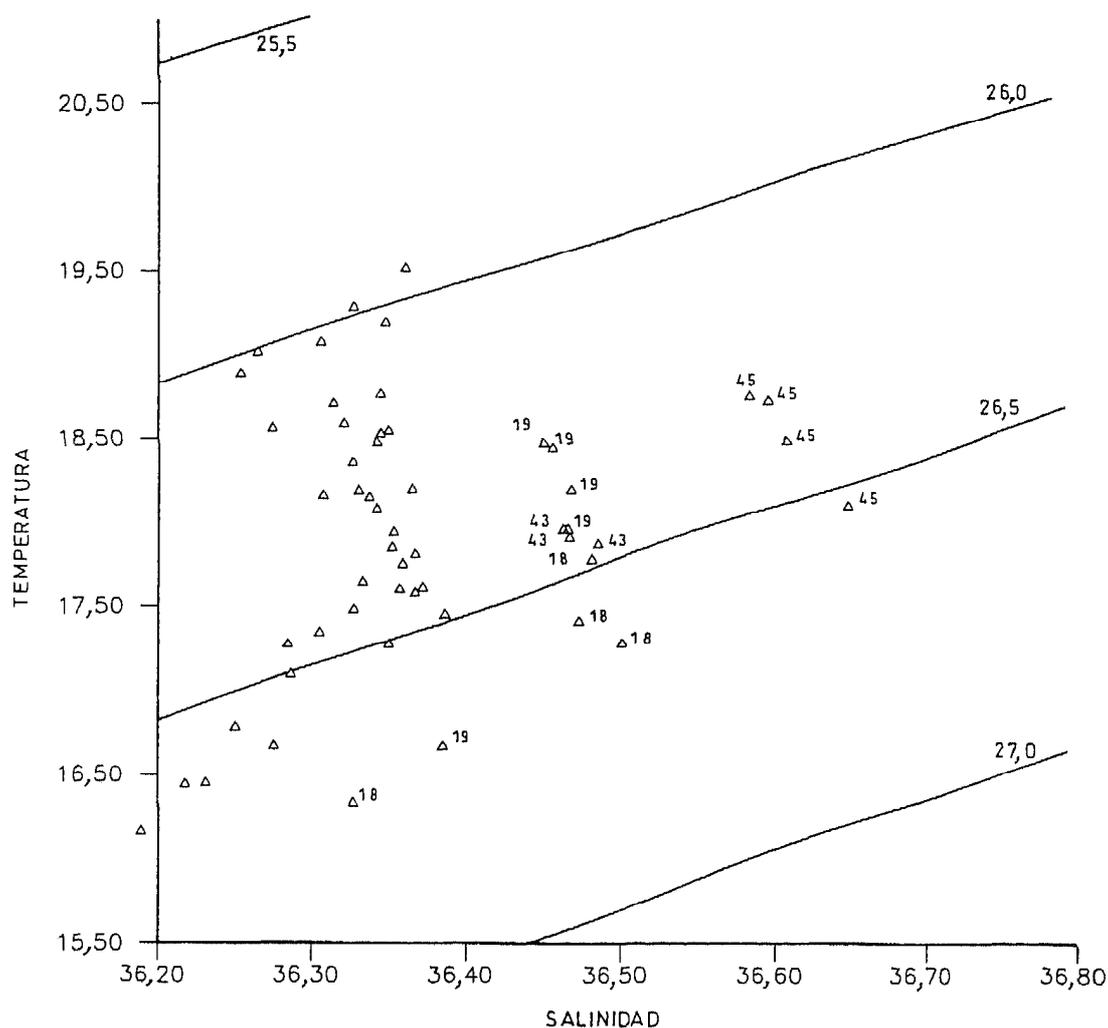


Figura 4. Diagrama T/S de las muestras correspondientes a la isla de Fuerteventura.

como se puede ver en las secciones presentadas en Mascareño y Molina (1970), Mascareño (1972), Breintebach *et al.* (1985), Käse *et al.* (1986), Müller *et al.* (1987), Müller *et al.* (1990) y Fukumori (1991).

El diagrama T/S de las estaciones correspondientes a la isla de Fuerteventura (figura 4), permite comprobar que las estaciones situadas en el lado oriental presentan valores de salinidad sustancialmente más bajos que las del lado occidental, representadas de forma específica por la estación 45, mientras que las estaciones 18, 19 y 43 representan las situaciones intermedias o de mezcla entre ambos extremos. La complejidad de la situación, en cuanto a la distribución de masas de agua en las áreas limítrofes entre ellas, queda muy bien reflejada por la situación de los puntos corres-

pondientes a los valores de las estaciones 19 y 21 que, estando muy próximas físicamente (figura 1), se encuentran distanciadas de forma significativa en el diagrama T/S, lo que indica cómo las aguas afloradas en la costa africana se desplazan hacia el oeste alcanzando las islas y cómo, en este caso, la misma isla es un obstáculo que permite conservar en el lado opuesto las características propias del área.

Las imágenes térmicas y de color de la superficie del océano, obtenidas desde satélites, han permitido observar con gran claridad las arribaciones de aguas afloradas en la costa de África a las islas y su variabilidad espacio-temporal en superficie, Llinás *et al.* (1990), Van Camp *et al.* (1991), lo que también ha sido encontrado en el análisis de datos históricos superficiales

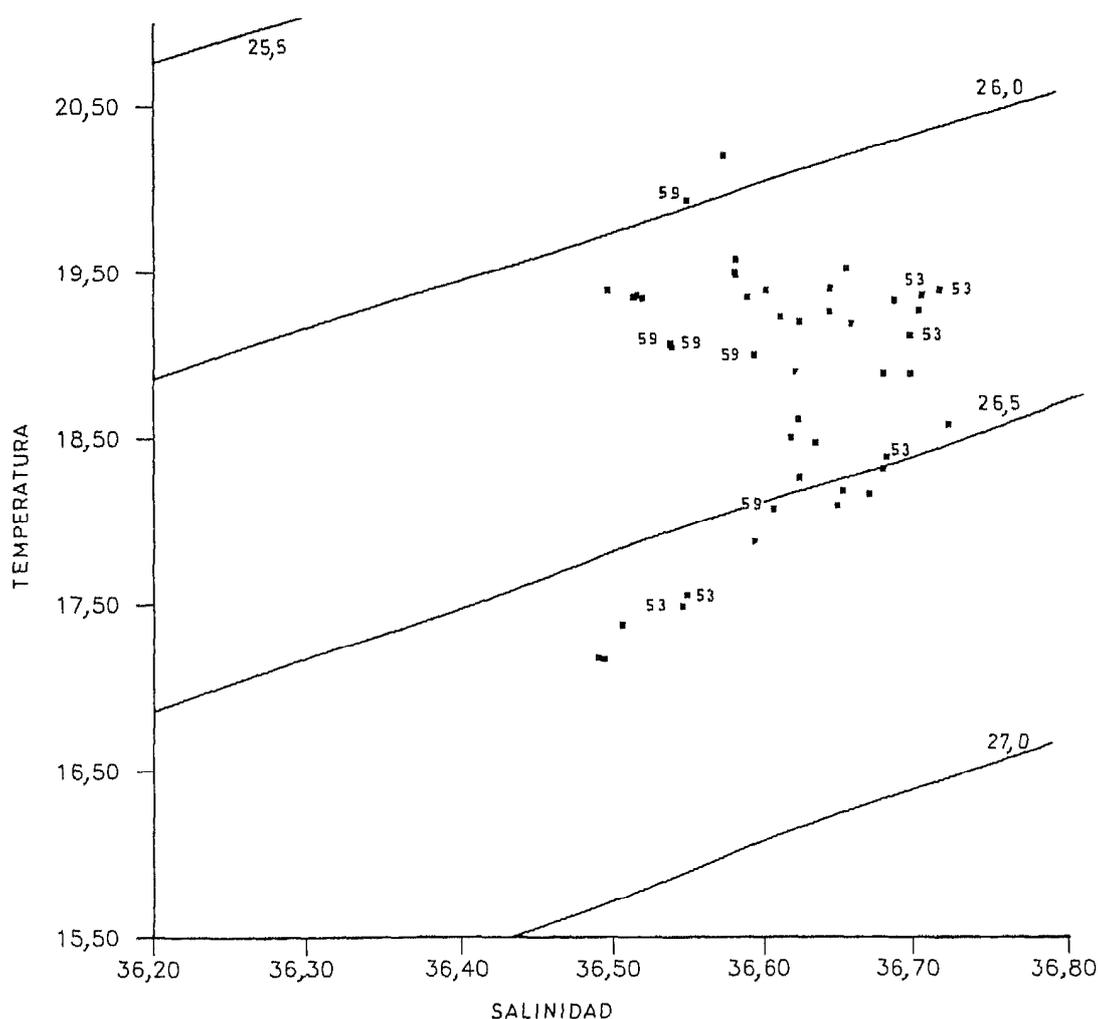


Figura 5. Diagrama T/S de las muestras correspondientes a la isla de Tenerife.

realizado para el noroeste africano por Mittelstaedt (1991).

El diagrama T/S de la figura 4 muestra cómo para la época del estudio el agua aflorada se extiende desde la superficie hasta los 150 m, profundidad máxima muestreada, lo que da al fenómeno una mayor trascendencia, ya que hasta ahora los trabajos publicados de secciones entre la costa de África y las islas de Lanzarote y Fuerteventura señalan claramente la diferencia entre el afloramiento que ocurre en la costa continental y su inexistencia en la insular, no habiendo mostrado evidencias de arribazones de agua aflorada como las encontradas en el período estudiado en el presente trabajo (Furnestin, 1959; Jones y Folkard, 1970; Mascareño y Molina, 1970; Braun y De León, 1974; Le Floch, 1974; La Violet-

te, 1974; y Braun *et al.*, 1976). Del mismo modo, los trabajos en que las observaciones de temperaturas superficiales obtenidas desde sensores remotos han sido acompañados de observaciones en la columna de agua, La Violette (1974) y Llinás *et al.* (1990), muestran cómo las estructuras superficiales tenían una escasa importancia vertical reducida a muy pocos metros al llegar a las islas. Esto refuerza la importancia de la observación realizada al mostrar la existencia de arribazones de aguas afloradas de gran magnitud.

La presencia de las aguas afloradas en este fin de primavera se observa en la isla de Lanzarote de una forma más homogénea sin que se puedan apreciar con claridad efectos de vertiente, entendiéndose por tales las diferencias encontradas entre las

aguas sobre la plataforma de los lados occidental y oriental de cualquier isla. En el sur-sureste de Gran Canaria se observa la presencia de estas aguas afloradas aunque muy mezcladas, lo que también aparece señalado en Mascareño y Molina (1970), La Violette (1974), Llinás *et al.* (1990). En el resto de las islas parece presentarse una cierta diferenciación entre vertientes aunque solo en la capa más superficial y de menor cuantía, por lo que en principio no se pueden considerar afectadas por aguas afloradas de forma clara, como puede observarse en el diagrama T/S correspondiente a la isla de Tenerife (figura 5). La situación de los puntos representativos de las aguas superficiales de las estaciones 53 y 59 son un ejemplo característico de tales variaciones zonales.

Nutrientes

Los valores de los nutrientes encontrados durante la época de muestreo son difícilmente comparables en forma directa con observaciones anteriores como consecuencia de la situación de las estaciones que, en general, presentan una escasa coincidencia posicional con estudios previos y de la importancia que los efectos locales tienen en estas aguas someras en la plataforma. No obstante los valores encontrados se sitúan en general en el rango de valores publicado previamente en el área por Jones y Folkard (1970), Oren (1972a), De León y Braun (1973), Braun y De León (1974), Braun (1980), Braun *et al.* (1986), Lli-

nás (1988), Braun *et al.* (1990), Llinás *et al.* (1993) y con las distribuciones de gran escala de Fukumori *et al.* (1991) y Levitus *et al.* (1993).

La situación de las estaciones sobre la plataforma determinó en general la profundidad de cada una de ellas y cuando no fue así, como se ha señalado, la profundidad máxima muestreada ha sido de 150 m, por lo que todos los muestreos se han realizado dentro de la capa fótica y, como consecuencia, la concentración medida de cada uno de los nutrientes se ha de considerar, para el instante del muestreo, el resultado de los procesos biológicos sobre la masa de agua en que éstos ocurren y por la que son condicionados y que sin duda están, en esta escala, fuertemente determinados por los factores locales en cada isla como ya se ha visto. A pesar de ello, se pueden realizar observaciones de interés al estudiar las distribuciones verticales de cada uno de ellos. En la tabla I se indican las muestras disponibles por isla y nivel.

La distribución de estaciones y niveles muestreados y la evidencia de la variabilidad espacial, incluida la de vertientes en cada isla, hace difícil el intento de explicación de las singularidades que se observan en los gráficos de cada uno de los parámetros, como por ejemplo los valores más altos de la concentración de fosfato encontrados en los niveles superficiales en Tenerife o la indetectabilidad del nitrato+nitrito a 50 m en Gran Canaria. No obstante las tendencias a escala archipiélagica mantienen su significación.

Tabla I. Distribución de muestras disponibles por isla y nivel.

Profundidad (m)	Lanzarote	Fuerteventura	Gran Canaria	Tenerife	Gomera	La Palma	Hierro
5	3	5	6	2	4	4	
25	9	13	10	10	5	6	5
50	7	9	8	9	4	6	5
75	6	10	6	8	3	3	5
85					1		
100	6	8	5	8	1	2	4
150	5	7	2	7	1	2	5

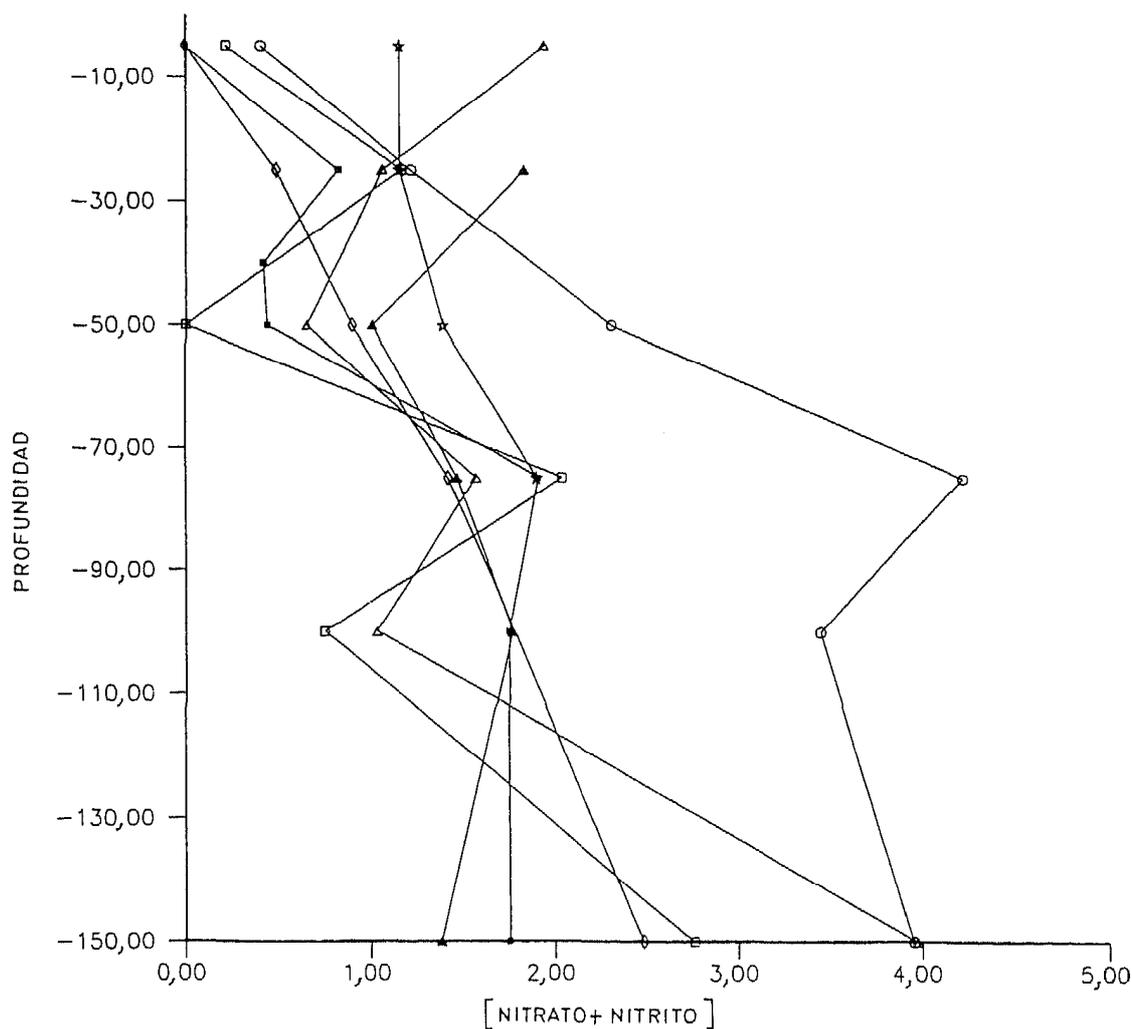


Figura 6. Distribución promedio por niveles de la concentración de nitrato + nitrito para cada isla, expresada en $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$ de nitrógeno.

En la figura 6 se presenta la variación vertical de la concentración de nitratos más nitritos expresada en $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$ de nitrógeno. En ella se puede observar una distribución convencional común de valores indetectables o muy bajos en superficie que tienden a aumentar con la profundidad, alcanzando valores comprendidos entre 1,38 en la isla de Hierro y los prácticamente 4 $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$ correspondientes a las islas de Lanzarote y Fuerteventura, observándose también en esta profundidad, como consecuencia de una menor actividad biológica consuntiva, la gradación Este-Oeste ya señalada en los parámetros más conservativos.

Los valores de las concentraciones de silicato presentados en la figura 7 muestran

una distribución análoga a la de nitratos, aunque en valores absolutos menores, como corresponde a esta área (Fukumori *et al.* 1991; y Llinás *et al.*, 1993), presentando una menor variabilidad vertical consecuencia de su participación más selectiva en los procesos biológicos productivos en la capa fótica.

Las concentraciones de fosfato (figura 8) presentan valores indetectables o muy bajos en toda la columna, mostrando muy poca variabilidad en el rango de profundidades estudiado, notándose apenas un cierto aumento entre 100 y 150 m de profundidad en las estaciones de Lanzarote y Fuerteventura, coincidente con los máximos observados para los otros nutrientes en estas mismas profundidades e islas.

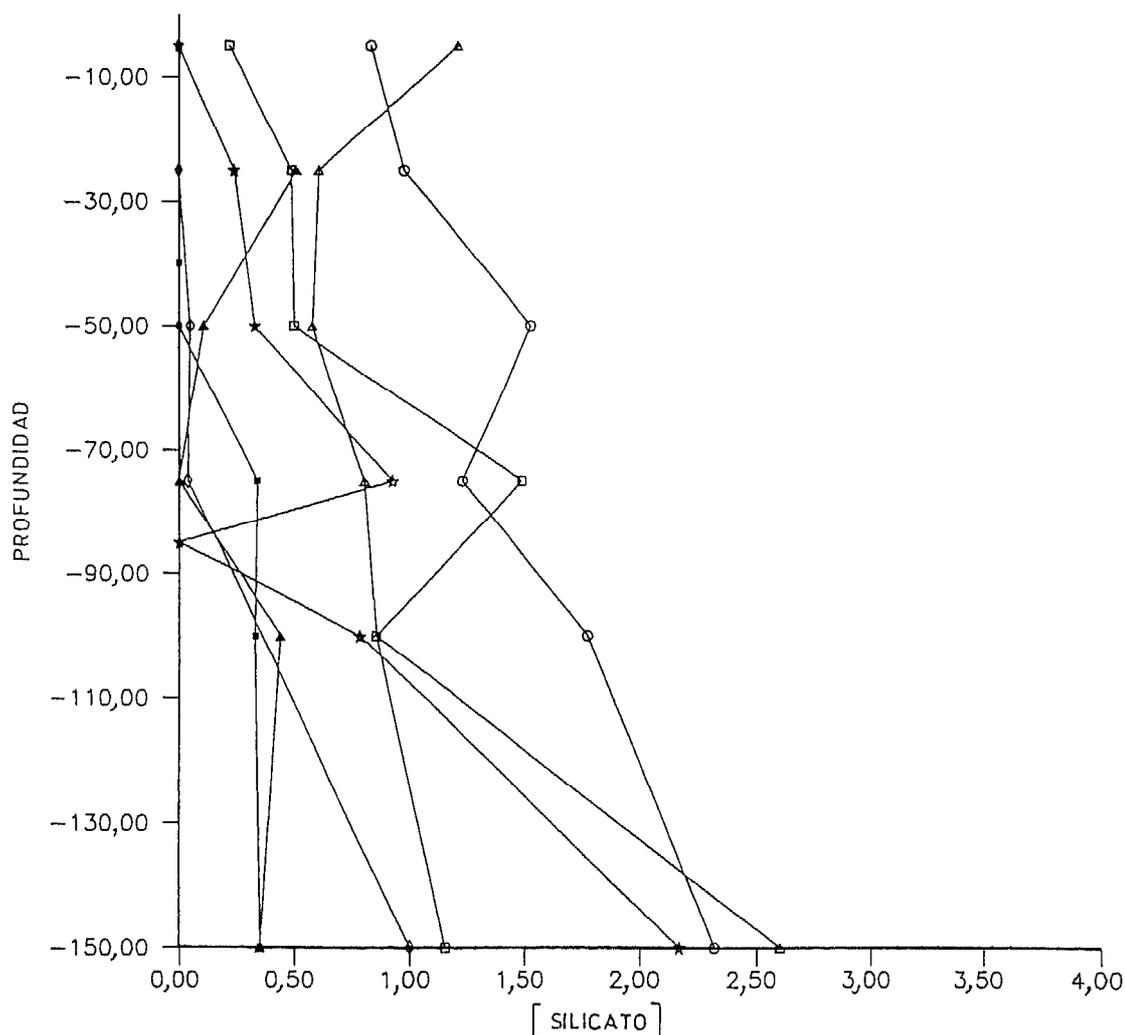


Figura 7. Distribución promedio por niveles de la concentración de silicato para cada isla, expresada en $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$ de silicio.

CONCLUSIONES

Los datos encontrados durante el período de muestreo amplían de forma importante para esta época del año la información existente, en particular, al tratarse de una observación casi simultánea de las aguas costeras de todas las islas del archipiélago.

La magnitud de la arribazón de aguas afloradas en la costa de África que se han encontrado en este final de primavera en las islas de Lanzarote, Fuerteventura y en mucho menor grado en Gran Canaria, evidencia la importancia que este fenómeno puede llegar a tener para el archipiélago como aporte de nutrientes.

Todos los datos señalan de forma inequí-

voca la presencia de un importante gradiente Este-Oeste condicionado por la presencia del afloramiento costero próximo, al quedar señalado por aguas menos salinas y de mayor contenido en nutrientes, lo que ha permitido confirmar la presencia y magnitud de este fenómeno para el final de primavera, como ya había sido referenciado para principios de primavera por Mascareño (1972) y Villanueva Guimerans y Ruiz Cañavate (1994) y para otoño por Mascareño *op. cit.*

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al responsable de la campaña ECOS86, D. F. Bordes, así

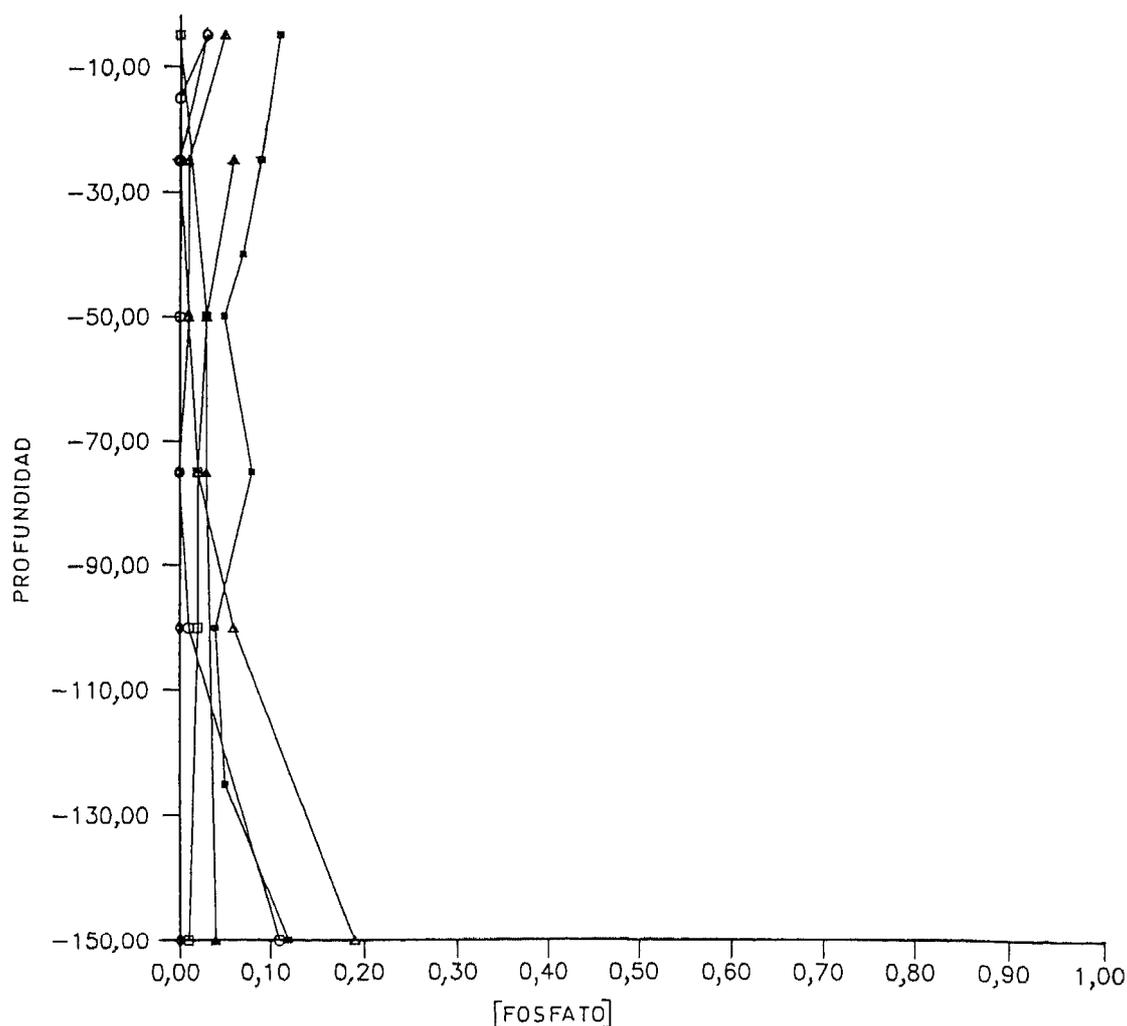


Figura 8. Distribución promedio por niveles de la concentración de fosfato para cada isla, expresada en $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$ de fósforo.

como a todos los participantes en la misma, la recogida de las muestras y datos complementarios; a D. A. Alamo por su colaboración en la realización de los análisis de nutrientes y elaboración de los resultados y a D. J. Betancor y D. S. Álvarez por su colaboración en los análisis de salinidad y realización de los gráficos.

Este trabajo ha sido financiado por la Dirección General de Pesca del Gobierno de Canarias y por el Excmo. Cabildo insular de Gran Canaria.

BIBLIOGRAFÍA

- Aristegui, J., S. Hernández-León, M. Gómez, L. Medina, A. Ojeda y S. Torres. 1989. Influence of the north trade winds on the biomass and production of neritic plankton around Gran Canaria island. En: *Topics in Marine Biology. Scientia Marina* 53 (2-3): 223-229 pp.
- Bauer, E. y G. Siedler. 1988. The relative contributions advection and isopycnal and diapycnal mixing below the subtropical salinity maximum. *Deep-Sea Research* 35: 811-837.
- Braun, J. G. 1980. Estudios de producción en aguas de las islas Canarias. I Hidrografía, Nutrientes y Producción Primaria. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* Tomo V, 285: 149-154.
- Braun, J. G., J. D. de Armas, J. E. Escáñez, F. Real, M. T. G. Santamaría, C. Vargas, I. Orzaiz y J. E. Villamandos. 1990. Condiciones oceanográficas en primavera en aguas de la isla de Tenerife. I Hidrografía y Química. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 6: 21-28.
- Braun, J. G., J. D. de Armas, F. Real, F. y J. E.

- Escáñez, J. E. Villamandos y M. T. G. Santamaría. 1987. Condiciones Oceanográficas en verano en agua de las islas Canarias. En: *IV Seminario de Química Marina*. Servicio de Publicaciones Universidad de Cádiz: 109-115.
- Braun, J. G., J. E. Escáñez y A. R. de León. 1976. Observaciones químicas y biológicas en el NO de África entre cabo Juby y cabo Ghir. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 209: 1-11.
- Braun, J. G. y A. R. de León. 1974. Variaciones en la producción primaria en aguas canario-africanas. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 176: 1-24.
- Breintebach, J., W. Zenk, W. W. R. Dasch, R. Wittstock y P. Schlosser. 1985. A compilation of hydrographic data from the Canary Basin, October to November. *Berichte aus dem Institut für Meereskunde* 139: 1-161.
- Camp, L. van, L. Nykjaer, E. Mittelstaedt y P. Schlittenhardt. 1991. Upwelling and Boundary Circulation off North-West Africa as Depicted by Infrared and Visible satellite Observations. *Progress in Oceanography* 26 (4): 357-402.
- Defant, A. 1936. Schichtung und Zirkulation des Atlantischen Ozeans. Die Troposphäre. En: *Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Atlantischen Expedition auf dem Vermessungs- und Forschungsschiff "Meteor" 1925-27* 6 (I) 3: 289-411.
- Emery, W. J. y J. S. Dewar. 1982. Mean Temperature-Salinity, Salinity-Depth and Temperature-Depth Curves for the North Atlantic and the North Pacific. *Progress in Oceanography* 11: 219-305.
- Emery, W. J. y J. Meincke. 1986. Global water masses: summary and review. *Oceanologica Acta* 9 (4): 383-391.
- Fiekas, V., J. Elken, T. J. Müller, A. Aitsam, W. Zenk. 1992. A view of the Canary basin thermocline circulation in winter. *Journal of Geophysical Research* 97: 12495-12510.
- Fraga, F., E. D. Barton y O. Llinás. 1985. The concentration of nutrient salts in "pure" North and South Atlantic Central Waters. En: *Simposio internacional sobre las áreas de afloramiento más importantes del oeste africano (Cabo Blanco y Benguela)*. C. Bas, R. Margalef y P. Rubies (eds.): 25-36. Instituto de Investigaciones Pesqueras. Barcelona.
- Fukumori, I., F. Martel y C. Wunsch. 1991. The hydrography of the North Atlantic in the early 1980s. An Atlas. *Progress in Oceanography* 27: 1-110.
- Furnestin, J. 1979. Hydrologie du Maroc Atlantique. *Rev. Trav. Inst. Peches Marit.* 23 (1): 1-77.
- Hernández-León, S. 1988. Ciclo anual de la biomasa del mesozooplankton sobre un área de plataforma en aguas del archipiélago canario. *Investigación Pesquera* 52 (1): 3-16.
- Jones, P. G. W y A. R. Folkard. 1970. Chemical oceanographic observation off the coast of North-West Africa, with special reference to the process of upwelling. *Rapports et Procès-Verbaux des Reunions. Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 159: 38-60.
- Käse, R. H., J. F. Price, P. L. Richardson y W. Zenk. 1986. A Quasi-Synoptic Survey of the Thermocline Circulation and Water Mass Distribution Within the Canary Basin. *Journal of Geophysical Research* 91 (c8): 9739-9748.
- La Violette, P. E. 1974. A Satellite-Aircraft thermal Study of the upwelled Waters off Spanish Sahara. *J. Phys. Oceanogr.* 4: 676-684.
- Le Floch, J. 1974. Quelques aspects de la dynamique et de l'Hydrologie des couches superficielles dans l'Ouest marocain campagnes CI-NECA-Charcot I et III. *Tethys* 6 (1-2): 53-68.
- León, A. R. de y J. G. Braun. 1973. Ciclo anual de la producción primaria y su relación con los nutrientes en aguas de Canarias. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 167: 1-24.
- Levitus, S., M. E. Conkright, J. L. Reid, R. G. Najjar y A. Mantyla. 1993. Distribution of nitrate, phosphate and silicate in the world oceans. *Progress in Oceanography* 31: 245-273.
- Llinás, O. 1988. *Análisis de la distribución de nutrientes en la masa de agua central noratlántica en las islas Canarias*. Tesis doctoral. Universidad de La Laguna: 252 pp.
- Llinás, O., M. J. Rueda y E. Pérez-Martell. 1990. Aportación de la teledetección a la cuantificación de algunos fenómenos de interés en Canarias. En: *III Reunión Científica del grupo de trabajo en teledetección*. C. Antón-Pacheco y J. L. Labrandero (eds.): 327-336. Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid.
- Llinás, O., M. J. Rueda y E. Pérez-Martell. 1993. Variabilidad de parámetros oceanográficos en aguas de Canarias. *Boletín Instituto Español de Oceanografía* 9 (1): 89-100.
- Mascareño, D. 1972. Algunas consideraciones oceanográficas de las aguas del archipiélago canario. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 158: 79 pp.
- Mascareño, D. y R. Molina. 1970. Contribution a l'étude de l'upwelling dans la zone canarienne africaine. *Rapports et Procès-Verbaux des*

- Reunions. Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 159: 61-73.
- Mittelstaedt, E. 1991. The Ocean Boundary along the Northwest Africa Coast: Circulation and Oceanographic Properties at the Sea Surface. *Progress in Oceanography* 26 (4): 307-355.
- Müller, T. J., M. Finke, W. Dasch y R. R. Wittstock. 1987. Hydrographic and current measurements in the North-East Atlantic Ocean, Data Report F.S. Meteor Cruises 69/5 and 69/6, October to November 1984. *Berichte aus dem Institut für Meereskunde* 166: 106 pp.
- Müller, T. J., J. Xu, O. Llinás y E. Pérez-Martell. 1990. Hydrographic and Current Observations in the North-East Atlantic Ocean. Data Report F.S. Polarstern Cruise ANT IV/1b, F.S. Poseidon Cruise 124, B.O. Taliarte Cruise XIV, September to December 1985. *Berichte aus dem Institut für Meereskunde* 202: 105 pp.
- Oren, O. H. 1972a. Results of the UNDP (SF)FAO regional fisheries survey in West Africa Report n° 3 Silicates in the Canary Current area. *Marine Biology* 17: 4-6.
- Oren, O. H. 1972b. Results of the UNDP (SF) FAO regional fisheries survey in West Africa. Report n° 4 T/S relationship in the Canary Current area. *Marine Biology* 17: 187-200.
- Ruiz Cañavate, A., P. Villanueva Guimerans, J. A. Rico Palma, F. Morales y J. A. Villalobos Roca. 1990. *Campaña oceanográfica Canarias-88, distribución de parámetros físicos*. Instituto Hidrográfico de la Marina. Cádiz: 58 pp.
- Tomczak Jr., M. 1981. An analysis of mixing in the frontal zone of South and North Atlantic Central Water of North-West Africa. *Progress in Oceanography* 10: 173-192.
- Unesco. 1984. La escala de salinidades prácticas de 1978 y la ecuación de estado del agua de mar de 1980. *Documentos Técnicos de la Unesco sobre ciencias del mar* 36: 25 pp.
- Villanueva Guimerans, P. y A. Ruiz Cañavate. 1994. Oceanographic characteristics of the Canary Islands waters. *International Hydrographic Bureau* LXXI (1): 67-78.
- Willenbrink, E. 1982. Wassermassenanalyse im tropischen und subtropischen Nordostatlantik. *Berichte aus dem Institut für Meereskunde* 96: 72 pp.

Recibido en agosto de 1994. Aceptado en noviembre de 1994.