

Influencia de El Niño de 1997-98 en las comunidades planctónicas del Mar de Alboran (Mediterraneo Occidental)

Influence of 1997-98' El Niño event on the planktonic communities from The Alboran Sea (Western Mediterranean)

I. Hernández-Almeida ⁽¹⁾, M.A. Bárcena ⁽¹⁾, F.J. Sierra ⁽¹⁾, J.A. Flores ⁽¹⁾ y A. Calafat ⁽²⁾

⁽¹⁾ Departamento de Geología, Universidad de Salamanca. Plaza La Merced, S/N - 37008 Salamanca, España. rapinesquina@hotmail.com, mbarcelona@usal.es

⁽²⁾ GRC Geociències Marines. Departament d'Estratigrafia, Paleontologia i Geociències Marines, Universitat de Barcelona, 08028 Barcelona, España. tonim@geo.ub.es

ABSTRACT

The Alboran Sea is the westernmost basin of the Mediterranean Sea. Its particular location, as entrance of the Atlantic Surface Water (ASW) into the Mediterranean, has led to an intense paleoceanographic and paleoclimatic research. Nevertheless, only a limited number of studies provide information related to the dynamics and ecological characteristics of the downward particle flux. In order to determine the influence of seasonal oceanographic changes on the export of particles in the Alboran Sea, one mooring line, ALB-5-F, was deployed from July 1997 to May 1998 at 35°55.47'N/01°30.77'W. The mooring location was under the influence of the Almeria-Oran Front (AOF), which is formed by the interaction between the Atlantic jet and the denser and more saline Mediterranean waters. Information based on SeaWiFS images of chlorophyll-*a* concentration, current-meter, and meteorological data on wind direction and intensity were used.

The annual oceanographic pattern of the AOF during the studied period was directly related to the evolution of the Western Anticyclonic Gyre (WAG) and to the 1997-98' El Niño Event. Detailed analyses of the planktonic foraminifera, diatom and phytolith fluxes reflect seasonal changes in the main hydrographic and meteorological features in the eastern Alboran Sea. El Niño Event caused a sea surface temperature (SST) increase during fall that forced the proliferation of *Globigerinoides ruber* and the reduction of the diatoms. Benthic tests were also collected in the sediment trap; highest fluxes of the group were probably related to high bottom water activity. Wind-driven particles were collected along the year, but their fluxes follow the local wind regime.

Key words

Key words: Microfossil fluxes, Sediment traps, El Niño Event 1997-98, Oceanographic response, Alboran Sea.

Geogaceta, 38 (2005), 183-186
ISSN: 0213683X

Introducción

El Mar de Alborán (Mediterráneo occidental) se caracteriza por ser una de las áreas más productivas del Mar Mediterráneo. La cuenca tiene dos sistemas de alta productividad biológica asociadas a dos giros anticiclónicos, el Giro anticiclónico occidental (WAG), y el frente Almería-Orán (AOF) (Fig. 1). En términos de evolución anual de la productividad superficial, García-Gorriz y Carr (2001) describieron cuatro regímenes principales a lo largo del año: El régimen de *eclosión de invierno* (Noviembre-Marzo), el régimen de *no eclosión de verano* (Mayo a Septiembre), y dos *periodos transicionales*: Abril y Mayo, al inicio de la estratificación térmica, y Octubre-Noviembre coincidiendo con el periodo de mayor actividad eólica e intensificación en la mezcla de la columna de agua.

En este trabajo se estudia la evolución anual del flujo de partículas recuperadas en

trampas de sedimento en el AOF durante el periodo comprendido entre Julio de 1997 y Mayo de 1998. Se describen las pautas de sedimentación de microorganismos silíceos, foraminíferos planctónicos y bentónicos, así como de partículas silíceas aerotransportadas (fitolitos y diatomeas lacustres) y su relación con las condiciones oceanográficas y meteorológicas. El periodo de muestreo coincide con el evento El Niño de 1997-98, descrito por McPhaden (1999) como el más intenso del siglo XX, en este sentido, Bárcena *et al.* (2004) han relacionado este evento El Niño con datos geoquímicos, sedimentológicos y micropaleontológicos en trampas de sedimentos en el WAG, con otros procedentes de satélite (concentración de clorofila-*a*, temperaturas marinas superficiales -SST- y régimen de vientos) publicadas por otros autores (García-Gorriz y Carr, 2001; Vargas-Yañez *et al.*, 2002, Sánchez-Vidal *et al.*, 2005b).

El conocimiento de las pautas sedimentarias y los mecanismos que la gobiernan es esencial para una correcta interpretación de las secuencias sedimentarias, por lo que el principal objetivo de este estudio es caracterizar los cambios estacionales locales, así como los eventos globales que tuvieron lugar durante el periodo de muestreo, y dejaron su impronta en la producción, flujo de partículas y organismos en el AOF.

Marco oceanográfico y consideraciones meteorológicas

El Mar de Alborán puede ser considerado como una región de transición entre el dominio Atlántico y el Mediterráneo. La circulación oceánica en la cuenca es muy activa y sujeta a variaciones estacionales. El rasgo oceanográfico más destacable es la entrada de la corriente superficial Atlántica (ASW), que tras entrar en la cuenca descri-

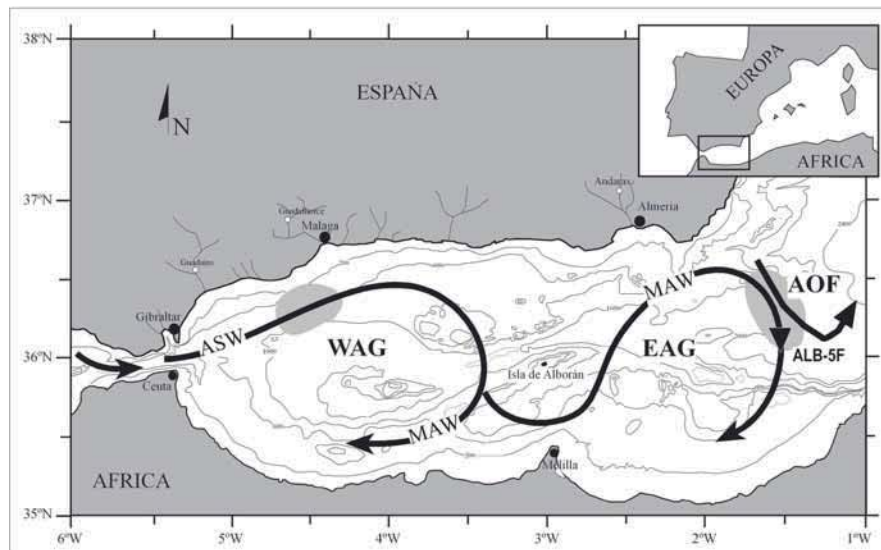


Fig. 1.- Localización geográfica del área de estudio. Mapa batimétrico del Mar de Alborán. El triángulo invertido (▼) indica la posición de la trampa de sedimento. Las áreas sombreadas representan las áreas de mayor productividad asociadas al WAG y al AOF. Las flechas representan la reconstrucción teórica de la circulación superficial del Mar de Alborán, WAG, EAG y AOF.

Fig. 1.- Geographical setting of the study area. Bathymetric map of the Alboran Sea, inverted black triangle (▼) represents the sediment trap position. Dashed areas represent the areas of higher productivity related with the WAG and AOF. Arrows represent the theoretical surface circulation in the Alboran Sea, WAG, EAG and AOF.

be dos giros, el WAG y el Giro anticiclónico oriental (EAG) (Fig. 1). Relacionados con el WAG tienen lugar dos tipos de surgencias, uno inducido por los vientos y otro relacionado con el propio giro (García-Gorriz y Carr, 2001). Con el EAG se produce un frente geostrofico (AOF) como consecuencia del choque de dos masas de agua distintas, el agua atlántica de entrada y el agua mediterránea, más salina y densa (Tintoré *et al.*, 1988). Además, el chorro atlántico transporta hacia el este grandes cantidades de materiales biogénicos producidos en la cuenta occidental de Alborán.

Meteorológica y oceanográficamente el periodo de muestreo, Julio 1997- Mayo 1998, fue un periodo anómalo. La máxima actividad fotosintética tuvo lugar durante Julio 1997 y Abril-Mayo 1998, coincidiendo con periodos de mayor actividad eólica (Fig. 2). Además, durante Noviembre-Diciembre también se observó actividad fitoplanctónica, aunque no relacionada con los giros. Por su parte, la SST del mar de Alborán en Octubre presentó valores anómalos, registrándose temperaturas de 22.5°C, 3°C superiores a la media de verano (García-Gorriz y Carr, 2001; Vargas-Yañez *et al.*, 2002). Así mismo, el mes de Octubre se caracterizó por vientos inusualmente débiles (García-Gorriz y Carr, 2001).

Los datos procedentes del correntímetro instalado a la misma profundidad que la trampa, indican una mayor intensidad de la corriente profunda entre los meses de Octu-

bre a Diciembre, con fuertes fluctuaciones este-oeste (Sánchez-Vidal *et al.*, 2005b).

Materiales y métodos

Se ha estudiado el material recuperado en una trampa de sedimento ALB-5F que se instaló en el margen continental norteafricano a 35°55.47'N/01°30.77'W bajo una columna de agua de 2070 m, y situada a 30 metros sobre el fondo. La trampa es una Technicap PPS3 con una superficie de captación de 0,125 m². En la misma vertical se instalaron varios correntímetros tipo Aanderaa. La línea de muestreo se localiza bajo la influencia del AOF, en el borde sur-oriental del EAG.

El tiempo de muestreo fue de 11 meses (de Julio de 1997 a Mayo de 1998) y se realizó durante tres periodos: (I) del 1 de Julio al 3 de Octubre de 1997, (II) del 15 de Noviembre de 1997 al 10 de Marzo de 1998, y (III) del 1 de Abril al 22 de Mayo de 1998. Los intervalos de muestreos fueron de diez días, excepto durante el tercer periodo que se redujo a intervalos de tres días.

Para el sub-muestreo se empleó una bomba peristáltica de alta precisión que dividió cada muestra en ocho alícuotas iguales y homogéneas, siguiendo el procedimiento de Heussner *et al.* (1990). En el estudio micropaleontológico llevado a cabo sobre diatomeas, fitolitos y foraminíferos planctónicos se siguen los métodos descritos en Bárcena *et al.* (2004).

Independientemente ha considerado el grupo de eólicos que estaría formado por partículas biosilíceas transportadas por el viento (diatomeas lacustres y fitolitos).

Las imágenes de satélite de concentración de clorofila *a* proceden del Marine Environment Unit of the Space Applications Institute (Melin, 2000). Los datos meteorológicos de dirección e intensidad de vientos proceden del Instituto Nacional de Meteorología -INM- (Sánchez-Vidal *et al.*, 2005b).

Resultados

El flujo anual de la asociación de microfósiles calcáreos y silíceos analizados en este estudio presenta claras diferencias (Fig. 3). Mientras que los foraminíferos planctónicos muestran una distribución trimodal, las diatomeas presentan un patrón bimodal, aunque se observa un ligero incremento durante el invierno (Fig. 3).

El flujo de foraminíferos planctónicos presenta tres máximos distribuidos en los meses de Julio 1997, Noviembre 1997 a Enero 1998 y Abril-Mayo 1998, con valores comprendidos entre 100, 60 y 300 individuos m⁻² día⁻¹, respectivamente, el valor medio anual de 42 individuos m⁻² día⁻¹ (Fig. 3). La asociación anual de foraminíferos planctónicos está dominada por *Globigerina bulloides* y *Globorotalia inflata*. La especie dominante en los periodos más productivos (Julio 1997 y Abril-Mayo 1998) es *G. bulloides*, mientras que durante el otoño-invierno domina *G. inflata*. Hay que destacar dos máximos de *Globigerinoides ruber* en sus dos variedades (blanca y rosa) durante Noviembre 1997, mientras que en verano apenas está representada.

El flujo diario de diatomeas presenta dos máximos, en Julio 1997 y en Mayo 1998, con valores máximos en torno a 1.1x10⁷ valvas m⁻² día⁻¹. Se observa un ligero incremento durante los meses de Enero y Febrero 1998 (Fig. 3). El valor medio anual es de 0.2 x10⁷ valvas m⁻² día⁻¹. La asociación de diatomeas está dominada por las esporas (RS) de *Chaetoceros* con valores en torno a 77%. El flujo de silicoflagelados presenta valores bajos, dos órdenes de magnitud inferiores a las diatomeas, dominando los taxones *Dictyochoa* spp. y *Octactis pulchra*. El componente eólico recuperado en la trampa presenta un registro continuado con ciertas oscilaciones cuyos máximos se registran durante Julio 1997 (Fig. 3).

La contribución de las diatomeas bentónicas es baja (4 % de valor medio), sus mayores porcentajes se han observado durante los meses de Septiembre 1997 a Enero 1998, llegando a alcanzar valores del 14

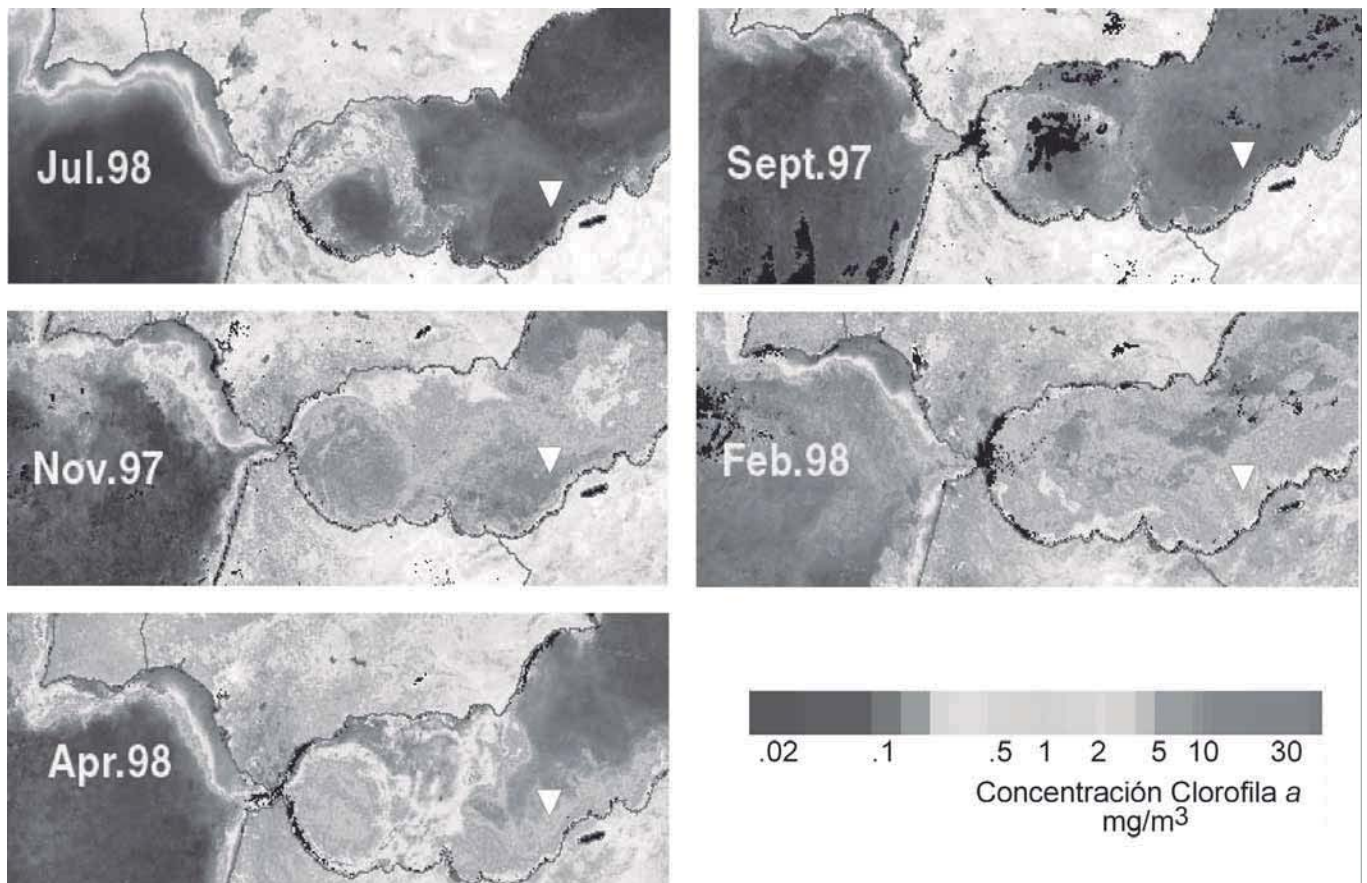


Fig. 2.- Concentración de clorofila-a en el Mar de Alborán en algunos meses seleccionados del periodo de muestreo 1997 -1998. Las imágenes representan la distribución media de pigmentos en periodos mensuales. Triangulo invertido blanco representa la posición de la trampa. Las imágenes SeaWiFS se han obtenido del Space Applications Institute (SAI), Marine Environment Unit (ME), Joint Research Centre (JRC); la base de datos telemática procede de http://me-www.jrc.it/me-website/contents/shared_utilities/frames/archive_seawifs.htm.

Fig. 2.- Chlorophyll-a concentrations for the Alboran Sea in selected months during the sampling interval 1997-1998. SeaWiFS images are averaged over one-month periods. Inverted white triangle represents the trap position. Images were obtained from the Space Applications Institute (SAI), Marine Environment Unit (ME), Joint Research Centre (JRC); the online data come from http://me-www.jrc.it/me-website/contents/shared_utilities/frames/archive_seawifs.htm.

% en alguna muestra (Fig. 3). Los foraminíferos bentónicos están poco representados, no obstante se han observado valores elevados, de hasta el 50% del total de foraminíferos, durante el otoño de 1997 (Fig. 3).

Discusión

Bárcena *et al.* (2004) proponen cinco episodios oceanográficos que controlan la productividad superficial y el flujo de partículas en el Mar de Alborán: Episodio E1 (Julio) coincidente con la relajación de la surgencia y el comienzo de la estratificación. Episodio E2 (Agosto-Octubre) que representa el régimen de *no eclosión de verano*, con estratificación de la columna de agua y SST elevada que se continua hasta finales de Octubre. Episodio E3 (Noviembre-Diciembre) definido como un débil *periodo transicional*, con vientos favorables y actividad fotosintética. Episodio E4 (Enero-Marzo) correspondiente con un régimen de *eclosión de invierno* anómalo en el que

la ASW discurre paralela a la costa africana y los giros se colapsan. Episodio E5 en el que las condiciones oceanográficas y los giros y se restablecen, los vientos inducen a intensificar la surgencia y el *periodo transicional* de primavera se desarrolla con normalidad. En este trabajo hemos optado por mantener la misma terminología ya que tanto los datos que aporta ALB-5F como el periodo de muestreo podrían considerarse equivalentes.

Los datos derivados del presente estudio concuerdan con los presentados por Sánchez-Vidal *et al.* (2005b) con respecto al contenido en sílice biogénica y carbono orgánico; por el contrario, el flujo de carbonato cálcico no presenta el patrón trimodal de los foraminíferos sino que es constante a lo largo del periodo; esto hace pensar que sean los coccolitofóridos y no los foraminíferos los contribuyentes fundamentales de este carbonato cálcico.

Las tasas de productividad registradas en el AOF son significativamente inferiores a las del WAG. Atendiendo a las imágenes

de satélite (Fig. 2) se observa una menor pigmentación en el AOF durante los periodos más productivos E1 y E5, por el contrario durante E4 se observa una débil pigmentación que se corresponde con el registro de diatomeas en ALB-5F. El periodo de muestreo coincide con el evento El Niño de 1997-98, descrito por McPhaden (1999) como el más fuerte del siglo XX. Este El Niño pudo haber influido sobre la SST del mar de Alborán en Octubre 1997, anormalmente elevada, así como en los vientos que fueron mucho más débiles de lo normal (García-Gorrioz y Carr, 2001; Vargas-Yañez *et al.*, 2002), lo que determinó la estabilidad de la columna de agua con una estratificación propia de verano. Esto se traduciría, en términos de nutrientes, en un vacío en la producción de diatomeas y en un crecimiento irregular de la población de *G. ruber* durante el otoño de 1997, como consecuencia de la escasa disponibilidad de nutrientes.

El pico de producción de diatomeas que se detectó en el WAG durante E3 no

se observa en ALB-5F. En nuestro estudio este pico de producción parece estar desplazado hacia el comienzo de E4 (Fig. 3), coincidiendo con la entrada en la cuenca de la ASW, que discurre paralela a la costa africana (Fig. 2), y llega a colapsar los giros. En este sentido Sanchez-Vidal *et al.* (2005b) postulan una transferencia de nutrientes y fitoplancton desde el WAG hacia el E, lo que está de acuerdo con el retraso en el registro de los picos de productividad observado en ALB-5F.

Los datos derivados del correntímetro de ALB-5F (Sánchez-Vidal *et al.*, 2005b) indican una intensificación de las corrientes de fondo durante E4 y, con ellas, las corrientes nefeloides y el aporte de partículas en resuspensión procedentes del margen africano (Sánchez-Vidal *et al.*, 2005b) lo que se correspondería con el incremento observado en los organismos

bentónicos (foraminíferos y diatomeas) en la trampa ALB-5F durante el episodio E4.

Por otro lado, el componente eólico registrado en la trampa está directamente relacionado con los registros meteorológicos. Información derivada de L INM pone de manifiesto que aunque el área de estudio está influida por vientos de componente este y oeste, los flujos máximos de partículas eólicas se asocian a la intensificación de vientos de componente oeste.

Conclusiones

Los patrones de sedimentación de microfósiles calcáreos y silíceos están directamente relacionados con el régimen oceanográfico y meteorológico que se registraron en el Mar de Alborán durante el periodo Julio 1997-Mayo 1998.

En el AOF se han reconocido los cinco episodios descritos para el WAG, aun-

que algunos registran un desfase de varias semanas.

El Evento El Niño 1997-98 dejó su impronta en las comunidades planctónicas del Mar de Alborán: el brusco aumento de SST otoño causó la proliferación de *G. ruber*, especie típicas de verano, a la vez que supuso un debilitamiento de la producción fitoplanctónica y una notable reducción en la abundancia de diatomeas.

El incremento de las formas bentónicas, tanto foraminíferos como diatomeas, está relacionado con una mayor actividad de las corrientes de fondo y de las corrientes nefeloides.

En el AOF se registra un flujo continuo de partículas eólicas (diatomeas de agua dulce y fitolitos), con mayores abundancias en intervalos de intensificación de los vientos.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia mediante el contrato Ramón y Cajal (13749957) y el proyecto REN2003-09622-C02-02, así como por el proyecto SA088/04 de la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León. Los autores quieren agradecer a los revisores anónimos por sus comentarios y sugerencias.

Referencias

Bárcena M.A., Flores, J.A., Sierro, F.J., Pérez-Folgado, M., Fabres, J., Calafat, A. y Canals, M. (2004). *Marine Micropaleontology*, 53, 423-445.
 García-Gorrioz, E. y Carr, M.-E. (2001). *Journal of Geophysical Research*, 106, 16795-16805.
 Heussner, S., Ratti, C. y Carbonne, J. (1990). *Continental Shelf Research* 10, 943-958.
 McPhaden, M.J. (1999). *Science*, 283, 950-954.
 Melin, F. (2000). *Joint Research Centre (JRC)*, http://me-www.jrc.it/me-website/contents/shared_utilities/frames/archive_seawifs.htm
 Sánchez-Vidal, A., Calafat, A., Canals, M., Frigola, J. y Fabres, J. (2005b). *Continental Shelf Research*, 25, 609-628.
 Tintore, J., La Violette, P.E., Blade, I. y Cruzado, A. (1988). *Journal Physical Oceanography*, 18, 1384-1397.
 Vargas-Yáñez, M., Plaza, F., García-Lafuente, J., Sarhan, T., Vargas, J.M. y Vélez-Belchi, P., (2002). *Journal of Marine Systems*, 35, 229-248.

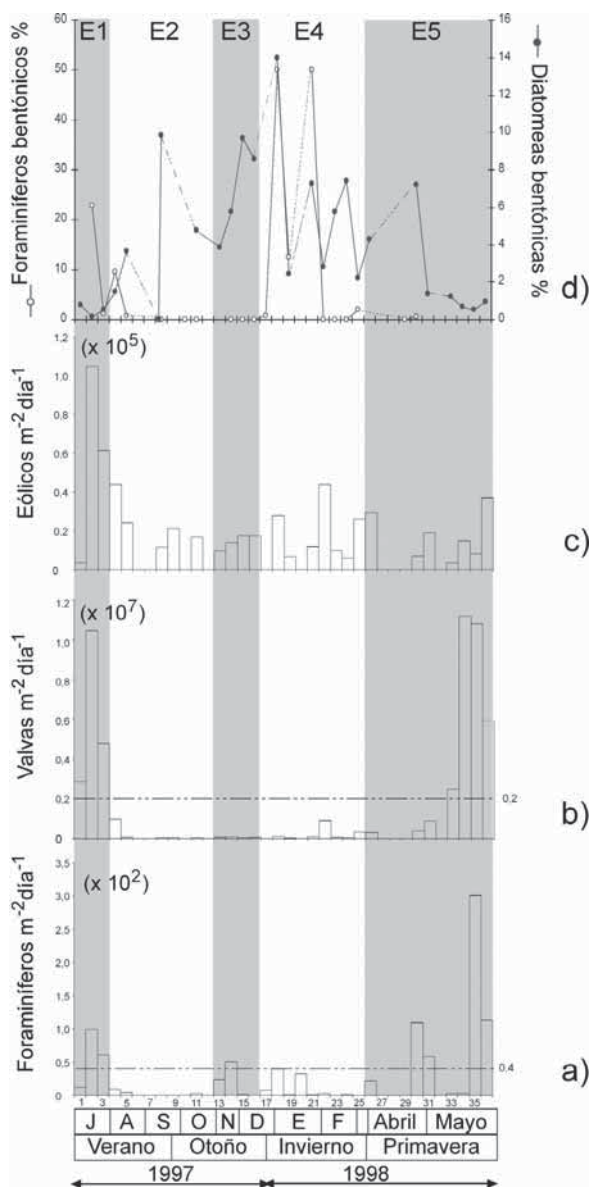


Fig. 3.- Pautas del flujo estacional de los grupos de microfósiles considerados en este estudio: foraminíferos planctónicos (a), diatomeas (b), componente eólico (fitolitos y diatomeas lacustres) (c) y abundancia relativa de formaminíferos bentónicos y diatomeas bentónicas (d). Las barras verticales indican los episodios E1, E3 y E5 descritos por Bárcena et al (2004), episodios E2 y E4 en blanco.

Fig. 3.- Seasonal pattern flux of the microfossils groups analysed in this study: planktonic foraminifera (a), diatoms (b), eolic component (phytoliths and lacustrine diatoms) (c), and relative abundance of benthic foraminifera and diatoms (d). Grey vertical bars indicate the oceanographic episodes E1, E3 and E5 described by Bárcena et al (2004); episodes E2 and E4 in white.