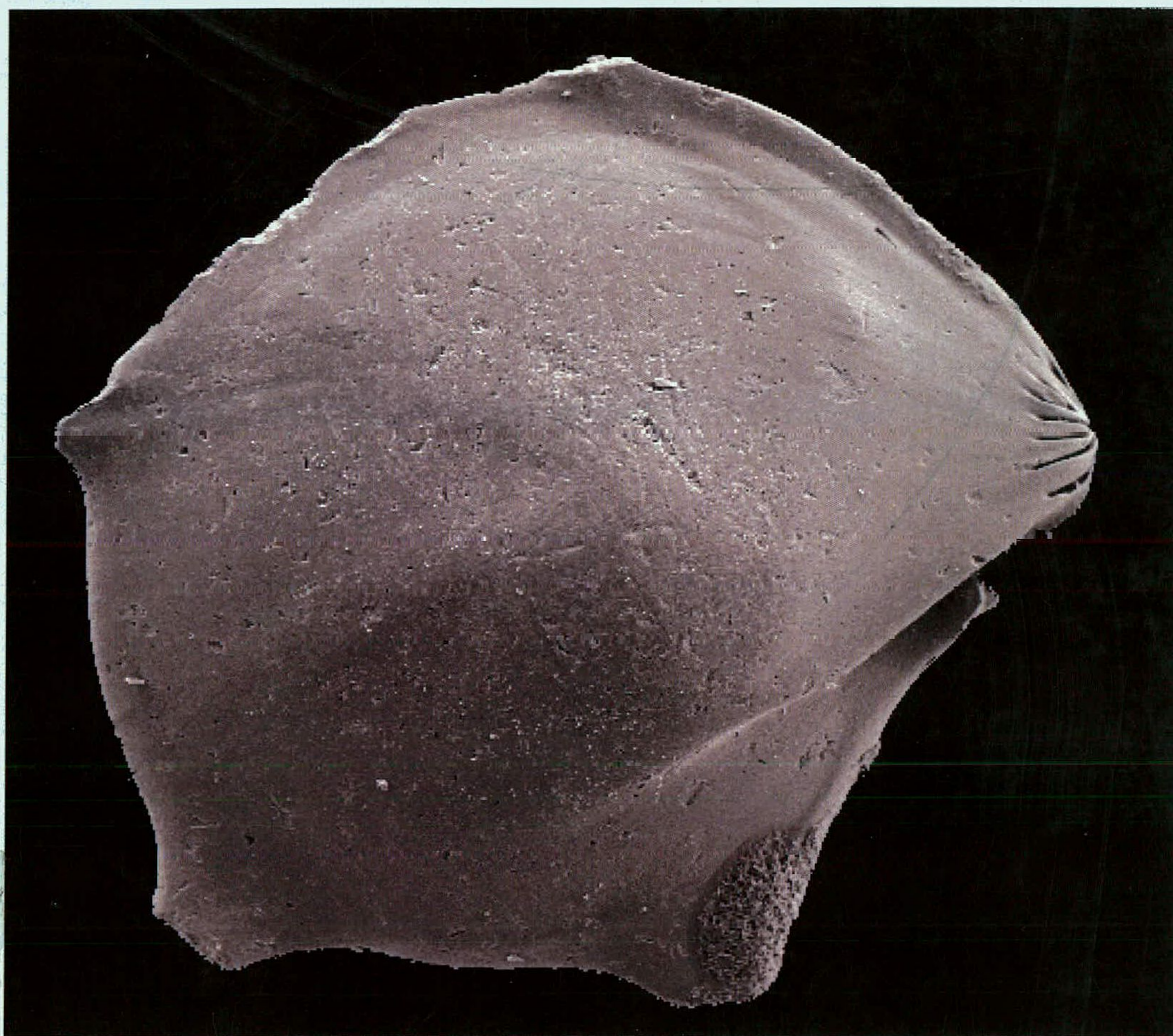


DEPARTAMENTO DE ESTRATIGRAFIA Y PALEONTOLOGIA



**SIGNIFICADO PALEOAMBIENTAL DE
LAS ASOCIACIONES DE
FORAMINIFEROS BENTONICOS DEL
PLIOCENO INFERIOR DE LA CUENCA DE
ALMERIA-NIJAR (SE DE ESPAÑA)**

Ana Belén Pérez Muñoz



Universidad de Granada
2001



Biblioteca Universitaria de Granada



01115782

T 8/73

DEPARTAMENTO DE ESTRATIGRAFIA Y PALEONTOLOGIA



UNIVERSIDAD DE GRANADA
Facultad de Ciencias
Fecha ...18/4/01...
ENTRADA NUM. ...1717...

**SIGNIFICADO PALEOAMBIENTAL DE LAS
ASOCIACIONES DE FORAMINIFEROS BENTONICOS
DEL PLIOCENO INFERIOR DE LA CUENCA DE
ALMERIA-NIJAR (SE DE ESPAÑA)**

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
GRANADA
N.º Documento 614872213
N.º Copia 16084305

Tesis de Licenciatura que presenta
Dña. Ana Belén Pérez Muñoz para
optar al Título de Licenciada en
Grado por la Universidad de
Granada.

Fdo: Ana Belén Pérez Muñoz

VºBº de los Directores

Fdo: Julio Aguirre Rodríguez

Fdo: Isabel María Sánchez Almazo

Agradecimientos

Quisiera agradecer a todas aquellas personas que han colaborado en la realización de este trabajo. En especial, quisiera resaltar la labor realizada por los Drs. Julio Aguirre Rodríguez e Isabel M^a Sánchez Almazo, que me han dirigido de la mejor manera posible durante esta etapa.

También me gustaría darle las gracias a mis padres, hermanos y familiares, los cuales me han apoyado durante todo el tiempo que ha transcurrido este trabajo. Y por supuesto, a Manolo que ha sabido “aguantarme” en el desarrollo del mismo.

A mis amigos y compañeros , que del mismo modo han sabido acompañarme en todas las situaciones que han surgido a lo largo de este tiempo.

El trabajo de campo y laboratorio ha sido financiado por el Proyecto de Investigación DGICYT PB-1113, por el Proyecto “Cambios climáticos en el Sur de España durante el Neógeno”, de la Fundación Ramón Areces y por el Grupo de Investigación 4076 de la Junta de Andalucía.

A mis padres

Índice

Capítulo 1. Introducción y Objetivos	1
Introducción	3
Objetivos	7
Capítulo 2. Contexto Geológico	9
Unidad I	12
Unidad II	15
Capítulo 3. Metodología	19
Trabajo de campo	21
Métodos de laboratorio	22
Métodos estadísticos multivariantes	24
Capítulo 4. Palmo de Salas	27
Descripción	30
Resultados	31
Asociaciones de foraminíferos bentónicos	33
Análisis estadísticos	36
Análisis cluster	36
Discusión	39
Capítulo 5. Lomillas de Juan Úbeda	45
Descripción	47
Resultados	51
Asociaciones de foraminíferos bentónicos	53
Análisis estadísticos	57

Análisis cluster	57
Análisis factorial	61
Discusión	62
Capítulo 6. Corralizas-Norte	71
Descripción	74
Resultados	75
Asociaciones de foraminíferos bentónicos	76
Análisis estadísticos	78
Análisis cluster	78
Discusión	80
Capítulo 7. Las Corralizas	87
Descripción	90
Resultados	91
Asociaciones de foraminíferos bentónicos	93
Análisis estadísticos	96
Análisis cluster	96
Discusión	99
Capítulo 8. El Acebuche	103
Descripción	105
Resultados	107
Asociaciones de foraminíferos bentónicos	108
Análisis estadísticos	110
Análisis cluster	110
Análisis factorial	113
Discusión	115

Capítulo 9. Facies Glauconíticas	121
Introducción	123
Descripción	125
Metodología	127
Resultados	129
Asociaciones de foraminíferos bentónicos	130
Rasgos tafonómicos	134
Análisis estadísticos	135
Análisis cluster	135
Discusión	137
Capítulo 10. Evolución Paleoambiental del Plioceno I en la Cuenca de Almería-Níjar	143
Evolución Paleoambiental del Plioceno I en la Cuenca de Almería-Níjar	145
Capítulo 11. Conclusiones	155
Conclusiones	157
Apéndice	161
Apéndice	163
Bibliografía	171
Bibliografía	173
Lámina	183
Lámina	185

Capítulo 1. Introducción y Objetivos

Introducción

Los foraminíferos bentónicos, objeto de este estudio, forman parte de un amplio grupo de microorganismos marinos (Clase Foraminifera *sensu* Sen Gupta, 1999) que viven en contacto directo o ligados al fondo, es decir, con un hábitat bentónico. Uno de los aspectos más estudiados de los foraminíferos de hábitat bentónico, es su distribución ecológica y los factores ecológicos que influyen en dicha distribución (Boltouskoy y Wright, 1976; Douglas y Woodruff, 1981; Lutze y Coulbourn, 1984; Corliss *et al.*, 1986; Jorissen, 1987; Murray, 1991; De Rijk y Troelstra, 1997; De Rijk, 1999; Debenay, 2000). Estos estudios han revelado que la distribución de las especies varía en el espacio y en el tiempo. Su existencia, abundancia y diversidad están controladas por factores físicos (profundidad, temperatura, cantidad de luz, turbulencia y turbidez de las aguas, tipo de substrato), factores químicos (salinidad de las aguas y elementos disponibles) y, por último, factores biológicos (cantidad de nutrientes, organismos simbióticos, parásitos y predadores) (Loeblich y Tappan, 1964; referencias anteriores).

El fuerte control ambiental en la distribución de estos organismos, junto con su amplio rango geográfico y su fabuloso registro fósil, han hecho de los foraminíferos bentónicos un grupo que ha adquirido una especial relevancia en la reconstrucción de los ambientes del pasado (por ejemplo, Loeblich y Tappan, 1964; Murray, 1991; Sen Gupta, 1999).

El rango batimétrico de este grupo es muy amplio, extendiéndose desde estuarios a llanuras abisales (Kafescioglu, 1975; Lagoe, 1988; Culver, 1988; Zellers, 1990; Christensen *et al.*, 1995; De Stigter *et al.*, 1998; De Rijk *et al.*, 1999). Dentro de

esta distribución se reconocen, *a grosso modo*, asociaciones de estuarios, de plataforma interna, media y externa, asociaciones de talud y, finalmente, asociaciones abisales. Sin embargo, la abundancia de determinadas especies sensibles a variaciones en la profundidad pueden indicar cambios batimétricos importantes. Por ejemplo, *Ammonia beccarii*, varias especies de *Elphidium*, cuyo dominio indica unas condiciones de aguas someras (<30m). Generalmente, las asociaciones de las regiones más someras, además, están controladas por cambios en los factores físicos y químicos del medio, mucho más acentuados en estas zonas que en regiones más profundas, que corresponden a ambientes más estables (Murray, 1991). Así, la cantidad de luz es un factor muy importante en los medio someros. Por un lado, las especies con algas simbióticas (por ejemplo, *Amphistegina* spp y miliolidos) quedan restringidas a la zona fótica. Por otro, la existencia de un substrato de algas determina la presencia de los foraminíferos bentónicos con estrategia de vida epifítico (que son aquellos que se alimentan de algas), como por ejemplo *Planorbulina mediterraneensis*, *Cibicides lobatulus*, *C. refulgens*, *Ciclocibicides vermiculatus*, *Elphidium*, *Criboelphidium*, etc. (Langer, 1993; Murray, 1991; Sen Gupta 1999).

La salinidad es un parámetro controlado por el volumen de agua que se evapora (aumenta la salinidad) y el volumen de agua dulce que entra al medio (disminuye la salinidad). En los medios someros y cercanos a costa este parámetro sufre grandes cambios, determinando el tipo de asociación de foraminíferos bentónicos. Se conocen especies tolerantes a estos cambios, como es el caso de *Ammonia beccarii* y *A. parkinsoniana* y algunos taxones aglutinados (Debenay *et al.*, 1998; Sen Gupta, 1999; Debenay, 2000).

Por último, otro factor muy importante para el desarrollo de los ecosistemas bentónicos es la cantidad de partículas alimenticias y de nutrientes existente en el agua

(Gooday, 1988, 1993; Caralp, 1989; Barmawidjaja *et al.*, 1992; Jorissen *et al.*, 1992; Linke y Lutze, 1993; Kaiho, 1994, 1999; Smart *et al.*, 1994; Loubere, 1996, 1997; Den Dulk *et al.*, 1998, 2000; De Rijk *et al.*, 1999; Jorissen, 1999). Cabe destacar la distinción entre los medios eutróficos, cargados de partículas alimenticias, y oligotróficos, con escasez de nutrientes. El aporte de partículas alimenticias a las aguas marinas se produce, fundamentalmente, desde el continente y/o por un incremento de la producción primaria en las zonas de afloramientos de aguas profundas (“upwellings”). En el primer caso, se produce un enriquecimiento en partículas y en nutrientes, cuya influencia disminuye hacia las regiones más alejadas de la fuente (desembocadura de los ríos, por ejemplo). En el segundo caso, tiene lugar el aporte de nutrientes procedente de corrientes de fondo que ascienden hasta la superficie (“upwelling”). Este aumento de nutrientes favorece la producción primaria, produciéndose un flujo de partículas orgánicas continuo hacia el fondo que será aprovechado por las especies bentónicas. Una alta productividad primaria, especialmente en los núcleos de los “upwellings” genera un flujo de partículas orgánicas hacia el fondo tan importante que en el proceso de su oxidación se va consumiendo el oxígeno disuelto en el agua del fondo. Bajo estas condiciones, suelen generarse asociaciones adaptadas a medios con un alto contenido en materia orgánica y baja oxigenación. Se trata de asociaciones poco diversas, con dominio de formas infaunicas, especialmente profundas, y con un carácter oportunista como son los géneros *Bolivina*, *Uvigerina*, *Bulimina*, *Globobulimina*, *Hopkinsina* y *Cassidulina* (Mullins *et al.*, 1985; Quintero y Gardner, 1987; Pérez-Cruz y Machain-Castillo, 1990; Sen Gupta y Machain-Castillo, 1993). Hacia regiones más alejadas del núcleo disminuye el flujo de partículas orgánicas e incrementa el contenido de oxígeno disuelto en las aguas. Como consecuencia la diversidad y el número de individuos aumenta, favoreciéndose por el mayor contenido en partículas alimenticias. Por el

contrario, los medios con pocos nutrientes mantendrían un fondo bien oxigenado, abundando especies con un microhábitat epifaunico (Den Dulk *et al.*, 1998, 2000; Jorissen, 1999; Rai *et al.*, 2000). En estas condiciones oligotróficas también se van a ver favorecidas las especies de foraminíferos bentónicos que portan algas simbióticas (Sen Gupta, 1999).

El contenido en nutrientes, un factor de tal relevancia, ha llegado a comprobar que en el Mar Mediterráneo se puede establecer una zonación en las asociaciones de foraminíferos bentónicos que está controlada por el flujo de partículas orgánicas (De Rijk *et al.*, 2000).

El estudio de los factores que influyen en la distribución y ecología de los foraminíferos bentónicos ha tomado especial relevancia en los últimos años por su relación con algunos aspectos de la Oceanografía. El interés por conocer su paleoecología ha llevado a estudiar las asociaciones de foraminíferos bentónicos de los sedimentos pliocenos de la cuenca de Almería-Níjar. Estos materiales, además de exponerse en excelentes afloramientos, han sido escasamente estudiados desde un punto de vista micropaleontológico, lo que estimula aún más su estudio. Otro aspecto, de gran relevancia es la ubicación geográfica de la zona de estudio, en el margen nororiental del Mar de Alborán que constituye el nexo de unión entre el Océano Atlántico y el resto del Mediterráneo. Por tanto, el estudio de los cambios en las asociaciones de foraminíferos bentónicos de la cuenca de Almería-Níjar puede ofrecer información valiosa sobre la posible influencia de aguas atlánticas y, en definitiva, sobre los patrones de circulación de masas de aguas profundas durante el Plioceno inferior. Con el fin de cubrir algunas de estas lagunas, en este trabajo se analizarán las asociaciones de foraminíferos bentónicos y se estudiarán que factores paleoambientales influyen en su distribución. Se

pretende, finalmente, establecer un modelo paleoambiental y de evolución secuencial durante el Plioceno inferior de la cuenca de Almería-Níjar.

Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es **inferir la evolución paleoambiental durante el Plioceno inferior en la cuenca de Almería-Níjar a partir de los cambios observados en las asociaciones de foraminíferos bentónicos**. Para ello, se perseguirán los siguientes objetivos parciales:

1.- Determinar las asociaciones de foraminíferos bentónicos en el Plioceno inferior en secciones seleccionadas: Palmó de Salas, Lomillas de Juan Úbeda, Corralizas-Norte, Corralizas y Acebuche (Fig. 1.1).

2.- Emplear métodos de estadística multivariante, análisis cluster y análisis factorial, para reconocer agrupaciones de muestras y de especies de foraminíferos bentónicos que informen del medio sedimentario y de los factores ecológicos, respectivamente.

3.- Dilucidar las condiciones (paleo)ambientales (substrato, profundidad, energía, turbulencia, contenido en oxígeno, disponibilidad de alimentos, etc.) durante el periodo de tiempo considerado según los foraminíferos predominantes en las asociaciones definidas.

4.- Delimitar posibles ciclicidades de alta frecuencia (4º orden) en las secciones seleccionadas según las asociaciones de foraminíferos bentónicos.

5.- Finalmente, establecer la correlación existente entre asociaciones de foraminíferos bentónicos y medios sedimentarios (facies).

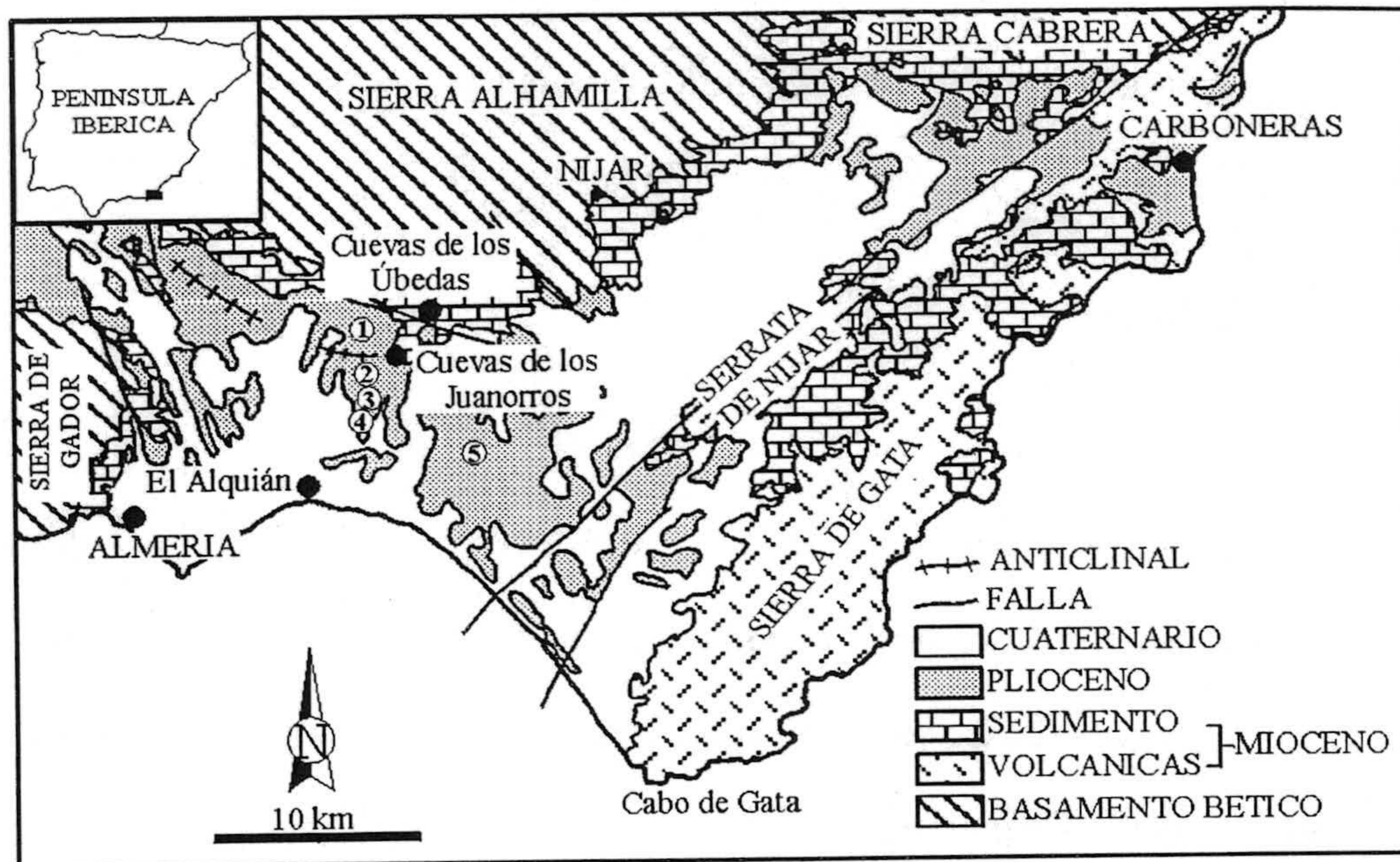


Fig. 1.1.- Mapa geológico de las cuencas de Almería-Níjar y Carboneras (Tomada de Boorsma, 1992). 1: Sección Palmo de Salas; 2: Sección Lomillas de Juan Úbeda; 3: Sección Corralizas-Norte; 4: Sección Las Corralizas; 5: Sección El Acebuche.

Capítulo 2. Contexto Geológico

Contexto Geológico

El área de estudio se encuentra localizada en la zona central de la cuenca de Almería-Níjar. Esta cuenca está limitada al E por la Serrata de Níjar y Sierra de Gata, al O por Sierra de Gádor, al N por Sierra Alhamilla y Sierra Cabrera, que constituyen el basamento de la cuenca, y se abre al Mediterráneo por el S. Los relieves septentrionales y occidentales están constituidos por materiales del Permo-Trias pertenecientes a las Zonas Internas de la Cordillera Bética. Por su parte, los relieves orientales están formados por rocas volcánicas de edad Mioceno inferior-superior del complejo volcánico de Cabo de Gata.

Sobre el basamento, y de manera discordante, se encuentran sedimentos neógenos correspondientes al Mioceno medio-Plioceno (Montenat *et al.*, 1990; Boorsma 1993). Por encima de este conjunto sedimentario, también mediante un contacto discordante, se disponen materiales atribuidos al Cuaternario (Voermans, 1983; Goy y Zazo, 1986).

Los sedimentos pliocenos de la cuenca de Almería-Níjar se encuentran discordantemente sobre el basamento bético de las Sierras de Gádor, Alhamilla y Cabrera, sobre margas del Messiniense y sobre los relieves volcánicos del complejo Sierra de Gata-Serrata de Níjar.

El conjunto plioceno puede dividirse en dos unidades, denominadas de muro a techo, Unidad I (objeto de este estudio) y Unidad II (Aguirre, 1995, 1998), separadas por una discordancia.

Unidad I

Durante el depósito de la Unidad I, la cuenca de Almería-Níjar constituyó un golfo, limitado por los relieves que circundan la cuenca y que se abría hacia el S (Aguirre, 1995, 1998) (Fig. 2.1).

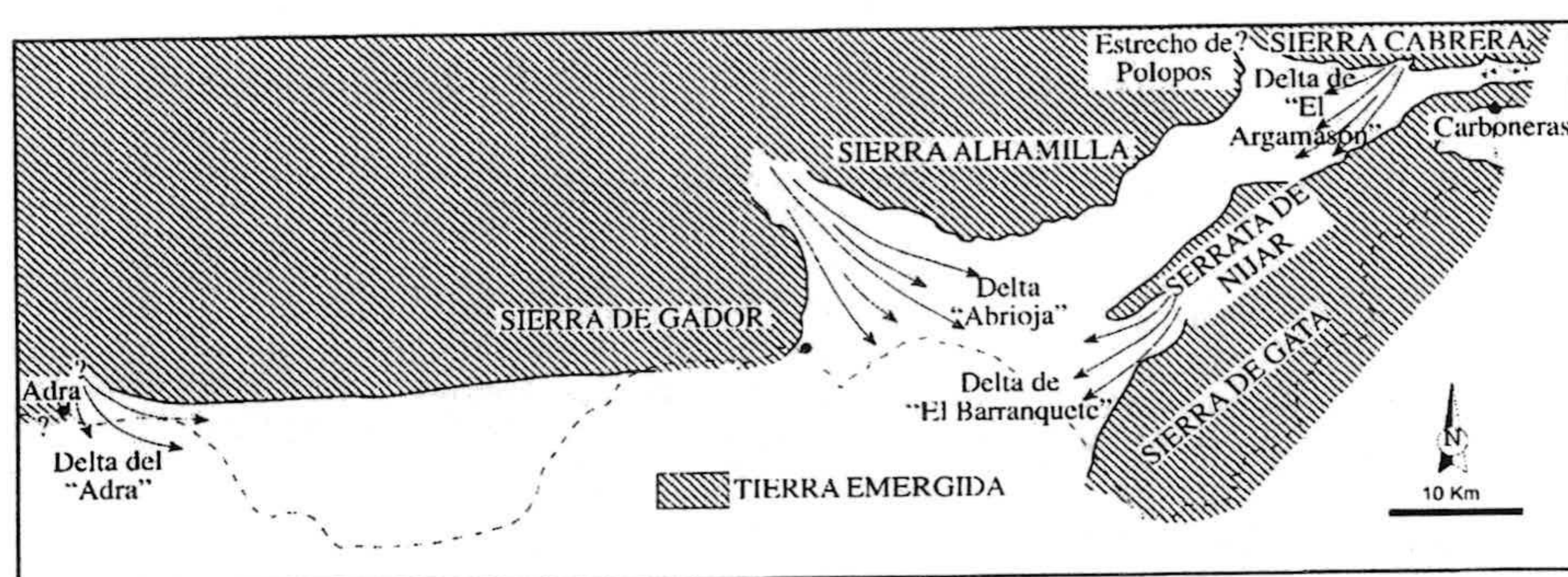


Figura 2.1.- Modelo paleogeográfico para los depósitos de la Unidad I (Tomada de Aguirre, 1998). Las flechas indican el sentido de progradación de diferentes deltas. Líneas discontinuas: Trazado de la costa actual; línea continua: Paleocosta; interrogantes: Posición interna de la paleocosta.

En el margen NO de la cuenca afloran potentes serie detríticas, consistentes en una alternancia de conglomerados y arenas, correspondientes a depósitos deltáicos pertenecientes a la Formación Abrioja (Postman, 1979, 1983). Estos materiales progradaron hacia el centro de la cuenca por un corredor localizado entre Sierra de Gádor y Sierra Alhamilla y que sigue, aproximadamente, el corredor del río Andarax.

En el margen O, al pie de Sierra de Gádor, se puede observar un cambio en la sedimentación, pasando de una secuencia fundamentalmente carbonatada a una secuencia terrígena mixta, en la mitad superior de la unidad. La secuencia carbonatada, representada por bancos de calcarenitas y calciruditas muy bioclásticas, indican un

depósito en un medio de plataforma interna somera afectada por el oleaje de tormentas. En cambio, la sedimentación terrígena, constituida por bancos de conglomerados con estratificaciones cruzadas de gran escala intercalados entre arenas y limos, indican un aporte de material a la cuenca por medio del delta Abrijoja. En la base de la unidad, en este margen de la cuenca, se encuentran conglomerados y brechas que ponen de manifiesto la presencia de pequeños abanicos deltáicos cuyo origen se localizaba en Sierra de Gádor (Aguirre, 1995, 1998).

En un sector situado más al centro de la cuenca, se puede observar una secuencia caracterizada por el paso de arcillas o limos arcillosos gris-azulados en la base a limos y arenas limosas verdoso-amarillentas en la parte media que, hacia techo, pasan a arenas masivas. El contacto entre estas diferentes litologías es gradual. Las arcillas y limos arcillosos de la base indican un medio de depósito de plataforma externa por debajo del nivel de acción del oleaje de tormentas. En cambio, los limos arenosos y arenas representan depósitos deltáicos, concretamente, representan las facies del prodelta y las facies del frente deltaíco, respectivamente. En las zonas más distales de la cuenca, se pueden reconocer niveles de acumulación de fósiles, de 5 a 10 cm de espesor, en los que dominan el bivalvo *Amusium cristatum*. Estos niveles han sido interpretados como tempestitas distales. Dentro de las facies de prodelta se reconocen también bancos de calcarenitas y calciruditas muy bioclásticas, que se interpretan como tempestitas proximales (Aguirre, 1995, 1996, 1998; Aguirre *et al.*, 1996). También se encuentran intercalados entre los limos y arenas paquetes de areniscas de color anaranjado, interpretados como flujos de granos (“grainflows”) provocados por la desestabilización de los sedimentos del frente del delta Abrijoja (Aguirre, 1995, 1998).

Dentro de la Unidad I se ha encontrado una capa de glauconita que presenta una extensión geográfica de varios kilómetros cuadrados. La máxima potencia reconocida es

de 1,25 m en el centro de la cuenca. Intercalado en la capa de glauconita se reconocen niveles de acumulación de bioclastos dominados por el bivalvo *Amusium cristatum*. Esta capa representa un nivel guía útil para establecer correlaciones a nivel de la cuenca y será tratado en un capítulo independiente.

En el margen NE de la cuenca de Almería-Níjar afloran unos materiales caracterizados por conglomerados y arenas bioclásticas. Hacia el S, O y SO la secuencia está representada por paquetes de conglomerados intercalados entre arenas gruesas. Esto pone de manifiesto la presencia de otro sistema deltáico, delta Argamasón, que progradó en ambientes de plataforma interna somera (Aguirre, 1995, 1998).

La datación de la Unidad I se ha realizado estudiando las asociaciones de foraminíferos planctónicos (Aguirre, 1995, 1998). Los sedimentos más antiguos encontrados dentro de la unidad, pertenecen a la biozona M PL 2 de Cita (1975), desde el final de cron C3r a la parte media del subcron C3r.2r. La asociación de foraminíferos está formada por *Globorotalia margaritae*, *Sphaeroidinellopsis* spp. y *Globigerinoides* spp. Por otro lado, tras el estudio de varias muestras tomadas de la parte alta de la unidad, se ha obtenido una asociación de foraminíferos planctónicos constituida por *Sphaeroidinellopsis* spp., *Globorotalia puncticulata* y *G. crassaformis*. Esta asociación nos permite una doble interpretación de la edad del techo de la Unidad I. En primer lugar, la ausencia de *G. margaritae*, datum del Plioceno inferior, y la coexistencia de *Sphaeroidinellopsis* spp., especie que desaparece antes del límite superior de la biozona M PL 4, y de *G. crassaformis*, especie que aparece dentro de la biozona M PL 3 de Cita, situarían el techo de la Unidad I en la primera biozona del Plioceno superior, biozona M PL 4 (entre la base del cron C2An y la parte media del subcron C2An.1r). En segundo lugar, a pesar de que la extinción de *G. margaritae* marca el límite Plioceno inferior-superior, se ha detectado que durante el final de la biozona M PL 3 esta especie redujo

considerablemente sus poblaciones, por lo que su ausencia en las muestras podría deberse a este aspecto. Según esta doble interpretación se puede decir que el techo de la Unidad I se sitúa entre la aparición de *G. crassaformis* y la extinción de *Sphaeroidinellopsis* spp. Es decir, en el tránsito Plioceno inferior-superior.

Unidad II

Durante el depósito de la Unidad II la cuenca de Almería-Níjar se limitaba a una bahía cerrada y protegida localizada hacia el centro de la cuenca (Aguirre, 1995, 1998) (Fig. 2.2).

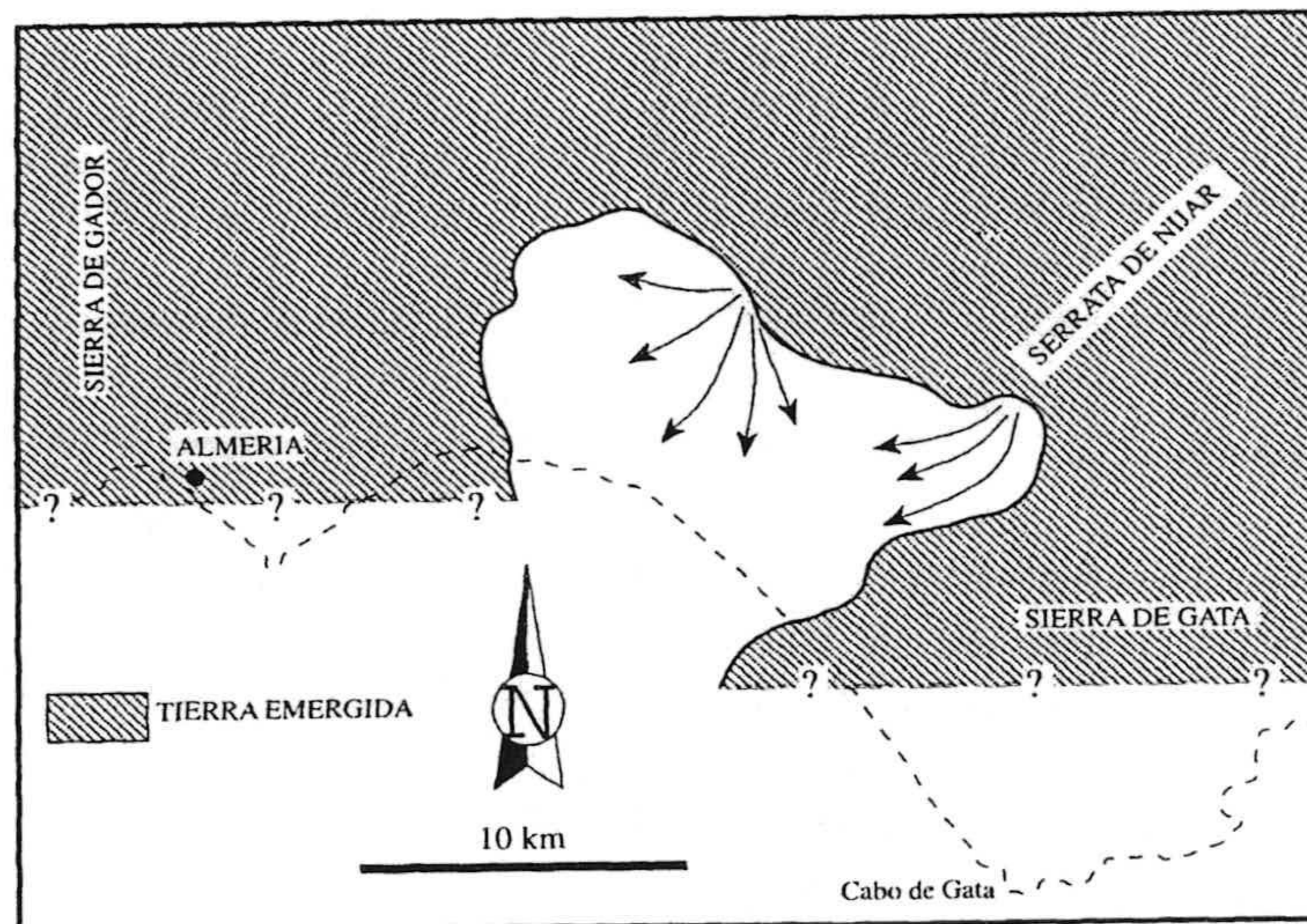


Figura 2.2.- Modelo paleogeográfico propuesto para los depósitos de la Unidad II (Tomada de Aguirre, 1998). Las flechas indican el sentido de progradación de los abanicos que se forman en el área (La simbología es similar a la expuesta en la Figura 2.1)

El registro sedimentario de esta unidad puede dividirse en dos partes. La parte inferior consiste en depósitos siliciclásticos representados por la alternancia de bancos de conglomerados y arenas, con algunos niveles de limos. Estos sedimentos son interpretados como depósitos de un abanico deltáico cuyo origen se localizaba en Sierra Alhamilla. La parte superior se caracteriza por presentar una sedimentación mixta debido a la alternancia de bancos formados por *Cladocora caespiciosa*, coral ahermatípico típico del Mediterráneo actual, y arenas finas-medias. Este cambio en la sedimentación indica el paso de facies de abanico deltáico interno a externo durante una subida del nivel del mar (Aguirre, 1995, 1998; Aguirre y Jiménez, 1997, 1998). La progradación del abanico deltáico y el descenso eustático provocaron el cierre y la posterior colmatación de la bahía, aspecto que se pone de manifiesto por la aparición de facies de playa en la parte superior de la unidad (Aguirre, 1995, 1998; Aguirre y Jiménez, 1998).

Por encima de los niveles de playas hay un tramo terrígeno de conglomerados y brechas con algunas pasadas de arenas y limos. Son sedimentos muy rojizos que podrían corresponder con las facies fluviales expuestas del abanico deltáico.

La asociación de foraminíferos planctónicos, junto con los bentónicos y los ostrácodos, ha permitido concretizar los datos bioestratigráficos y paleambientales de la Unidad II (Aguirre y Sánchez-Almazo, 1998; Aguirre, 1998). Teniendo en cuenta las asociaciones de foraminíferos planctónicos, en la base de la unidad se encuentra una asociación constituida por *Globorotalia puncticulata*, *G. crassaformis*, *Neogloboquadrina humerosa*, *Globigerinoides ruber*, *G. extremus* y *G. obliquus*. La presencia de *G. puncticulata* (especie que se extingue a los 2,41 Ma) y *G. extremus* (especie que se extingue justo antes del Cuaternario) permiten datar la base de la unidad como la base del Plioceno superior, en la biozona M PL 4 de Cita (1975). Cerca del

techo, por debajo de las facies de playas antes descritas, la asociación se caracteriza por las siguientes especies: *Neogloboquadrina humerosa*, *G. extremus* y *G. bolli*. Las dos últimas especies, indican que el techo de la Unidad II corresponde al Plioceno superior, ya que ambas se extinguen antes del límite Plio-Pleistoceno. Otro aspecto que corrobora esta interpretación es la ausencia de especies típicas del Cuaternario (Aguirre, 1998; Aguirre y Sánchez-Almazo, 1998). A partir del estudio de las asociaciones de foraminíferos bentónicos caracterizadas por los géneros *Quinqueloculina*, *Triloculina*, *Ammonia*, *Tritaxia*, *Anomalinoidea*, *Fursenkoina*, *Elphidium*, *Cibicoides*, *Asterigerinata*, *Cibicides*, *Nonion*, *Bulimina*, *Cancris* y *Bolivina*, se infiere que se trata de sedimentos formados en un medio somero (20-30 m) con un fondo colonizado por algas (Aguirre y Sánchez-Almazo, 1998).

Capítulo 3. Metodología

Metodología

La metodología aplicada en este estudio incluye, en primer lugar, un trabajo de campo, seguido de un análisis de las muestras en el laboratorio y, por último, un tratamiento estadístico de los datos.

Trabajo de campo

Se han levantado 5 secciones estratigráficas en detalle a lo largo de un transecto N-S (proximal-distal) dentro de la cuenca de Almería-Níjar: Palmo de Salas, Lomillas de Juan Úbeda, Corralizas-N, Corralizas y Acebuche (Fig. 1.1). En ninguna de las secciones se reconoce el contacto basal de la Unidad I, ya que no aflora. Las secciones estudiadas se localizan a ambos flancos de un pliegue anticlinal situado al S-SO de Sierra Alhamilla y cuyo eje tiene una dirección NO-SE. En el flanco N se localiza la sección Palmo de Salas y en el flanco S el resto de las secciones. El buzamiento observado en ambos flancos es diferente, siendo $\sim 25^\circ$ N en el flanco N y $\sim 10^\circ$ al S en el otro flanco.

En cada una de las secciones seleccionadas se tomaron muestras cada 3 m salvo en casos particulares:

- a) En la sección Acebuche se ha muestreado a intervalos de 2 m para poder detectar posibles variaciones en las asociaciones de foraminíferos bentónicos, ya que es una sección muy homogénea sin rasgos sedimentológicos indicativos.

- b) El nivel de glauconita que aflora en la base de la sección Corralizas se ha muestreado a intervalos de 25 cm, para reconocer posibles variaciones en las asociaciones de foraminíferos bentónicos durante la formación de este nivel.
- c) En la parte media de la sección de Lomillas de Juan Úbeda, para estudiar los cambios de las asociaciones de especies bentónicas dentro un paquete de arenisca.
- d) En la parte superior de la anterior sección, en unos niveles que presentan una laminación milimétrica (ver capítulo correspondiente a la sección Lomillas de Juan Úbeda).

En total, se tomaron 83 muestras de 1 kg aproximadamente cada una.

Métodos de laboratorio

En el laboratorio se procedió a tamizar las muestras según las técnicas de levigado habitualmente usadas en Micropaleontología de foraminíferos. Se han lavado ~100 gramos de cada muestra y se han separado las fracciones entre el tamiz de luz de malla de 1 mm, 0,125 mm y 0,063 mm. No obstante, sólo se ha estudiado el residuo correspondiente a la fracción entre 1 mm y 0,125 mm para determinar las asociaciones de foraminíferos bentónicos. El residuo resultante del levigado de las muestras se secó en un horno a una temperatura aproximada de 40°C.

Las muestras obtenidas en la capa de glauconita, después de secas, han sido pasadas por un separador magnético. De esta forma se han obtenido dos fracciones, una fracción no magnética, que incluye conchas de foraminíferos y algunos granos de glauconita con algún relleno carbonatado, y otra magnética, formada casi exclusivamente por granos de glauconita.

Una vez secas las muestras, se han estudiado bajo una lupa binocular para realizar el análisis taxonómico (siguiendo la clasificación propuesta por Loeblich y Tappan (1988)) y el estudio cuantitativo de las asociaciones de foraminíferos bentónicos. Para el estudio de las asociaciones de foraminíferos bentónicos se han contado 300 individuos al azar en cada muestra (Buzas, 1990). Los individuos seleccionados han sido clasificados a nivel de género y especie ya que la buena preservación de la mayoría lo permitía. Las asociaciones han sido definidas con las especies de foraminíferos bentónicos que presentan una abundancia relativa $\geq 3\%$.

En el caso de las muestras de glauconita no se ha alcanzado el número mínimo de 300 individuos, salvo para la obtención de la relación planctónicos/bentónicos. Por tanto, para caracterizar las asociaciones de foraminíferos bentónicos de este nivel se han contado 100 individuos que mostraban muy buena preservación, incluyendo, además, los individuos peor preservados y los moldes que iban apareciendo durante el contaje. Es por ello que dichas muestras no sean incluidas en los parámetros ecológicos.

En cada una de las muestras se ha cuantificado: a) la relación planctónicos/bentónicos calculando la proporción de foraminíferos planctónicos frente al total de foraminíferos (P/P+B); b) la proporción de foraminíferos bentónicos arenáceos frente a los que presentan concha hialina. Tan sólo en la muestra SAC-2 de la sección Lomillas de Juan Úbeda ha sido posible ver la proporción de los tres tipos de conchas de foraminíferos bentónicos (arénaceos/hialinos/porcelanaceos); y, c) varios índices de diversidad, índice de diversidad de Shannon-Wiener (H), índice de equitatividad (E) y el número de especies presentes en cada una de las muestras (S). El objetivo de emplear estos parámetros es obtener información que ayude a inferir las condiciones paleoecológicas. Se ha elegido un test no paramétrico, el coeficiente de correlación de Spearman al nivel de significación del 0,1 ó 0,01, con objeto de expresar

el parecido entre las variaciones de dichos parámetros a lo largo de toda la sección (Swan y Sandilands, 1995).

Métodos estadísticos multivariantes

En cuanto a los métodos estadísticos empleados, se han usado técnicas multivariantes que tienen como objetivo ordenar los datos obtenidos.

Un análisis cluster es una técnica multivariante cuyo propósito es agrupar objetos basándose en las características que estos poseen. Su principal objetivo es definir la estructura de los datos colocando las observaciones, en nuestro caso las muestras o las especies, más parecidas en un mismo grupo. Para establecer el procedimiento de agrupación de objetos similares se aplica un método determinado. El empleado en este trabajo ha sido el método de Ward (la distancia entre dos grupos es la suma de los cuadrados entre dos agrupaciones sumadas para todas las variables). También se necesita establecer una medida de similitud entre observaciones, que puede ser una distancia, una correlación, etc. En este trabajo se ha usado la distancia de frecuencias Chi-Cuadrado (χ^2), ya que los datos se presentan en frecuencias.

Hay dos variantes de análisis cluster, por un lado el análisis cluster en modo Q, en el cual se agrupan las variables que corresponden con las muestras, y por otro, el análisis cluster en modo R, donde se agrupan las especies. El objetivo de emplear un cluster en modo Q es agrupar muestras que presenten una composición faunística similar, mientras que un cluster en modo R agrupa especies, las cuales podrían indicar requerimientos ecológicos semejantes.

En la literatura la aplicación de esta técnica en estudios micropaleontológicos se remonta a los años 60 y se emplea para establecer relaciones ecológicas significativas.

Así, se pueden determinar biofacies o bien biotopos (Mello y Buzas, 1968; Kafescioglu, 1975; Zellers, 1990). Otra aplicación inmediata del análisis cluster es ayudar a inferir condiciones paleoambientales para las diferentes asociaciones de foraminíferos bentónicos (Gupta, 1999).

En apoyo de los resultados obtenidos en los análisis cluster, se ha usado otra técnica multivariante, el análisis factorial. El análisis factorial es una técnica que intenta crear un conjunto de factores a partir de las interrelaciones de un gran número de variables. El objetivo de este análisis es doble: 1) reducir el número de datos; y 2) identificar la estructura mediante el resumen de esos datos. Existen diferentes métodos para la obtención de los factores. En este trabajo se ha aplicado el método de Componentes Principales, basado en la obtención de los factores por medio de la combinación lineal de las variables originales, por ser el más ampliamente usado. Una vez obtenidas las soluciones factoriales se observa el valor de la varianza en cada uno de los factores. En el caso de que el primer factor tenga el porcentaje más alto de la varianza, como ocurre en la mayoría de los casos, se procede a la rotación de los factores que consiste en girar en el origen los ejes de referencia de los factores hasta alcanzar una posición determinada. De esta forma el porcentaje de la varianza es repartido por el resto de factores por lo que se obtiene una solución más completa y, a su vez más fácil de interpretar. Existen distintos métodos de rotación pero el más usado y por tanto el empleado en este estudio, es el método de rotación ortogonal (los ejes mantienen entre ellos un ángulo de 90°) siguiendo el procedimiento denominado Varimax (simplifica las columnas de la matriz de factores). Al igual que en el análisis cluster, en el análisis factorial existen dos variantes, el análisis factorial en modo R (para variables, en nuestro caso las muestras) y en modo Q (para observaciones, es decir para especies). El objetivo de usar un análisis factorial en modo Q es establecer las

agrupaciones de especies dentro de un factor determinado y que podría responder a aspectos ecológicos.

Esta técnica ha sido aplicada en estudios de foraminíferos para establecer asociaciones de especies o grupos de especies de foraminíferos bentónicos (Zellers, 1990; Van der Swaan, 1990; Hald *et al.* 1992; Gupta, 1999).

Tras la aplicación de ambas técnicas en las secciones estudiadas, se ha llegado a la conclusión de que los resultados en el análisis cluster en modo R y el análisis factorial en modo Q, son similares. Lo que significa, que ambas técnicas se apoyan mutuamente, de ahí que sean interpretadas juntas.

Capítulo 4. Palmo de Salas

Sección Palmo de Salas

La sección Palmo de Salas se localiza en uno de los relieves más orientales del conjunto montañoso que recibe el mismo nombre, en el margen N de la cuenca de Almería-Níjar. Corresponde con uno de los relieves situados al O de la Cueva de los Juanorros (Fig. 4.1).

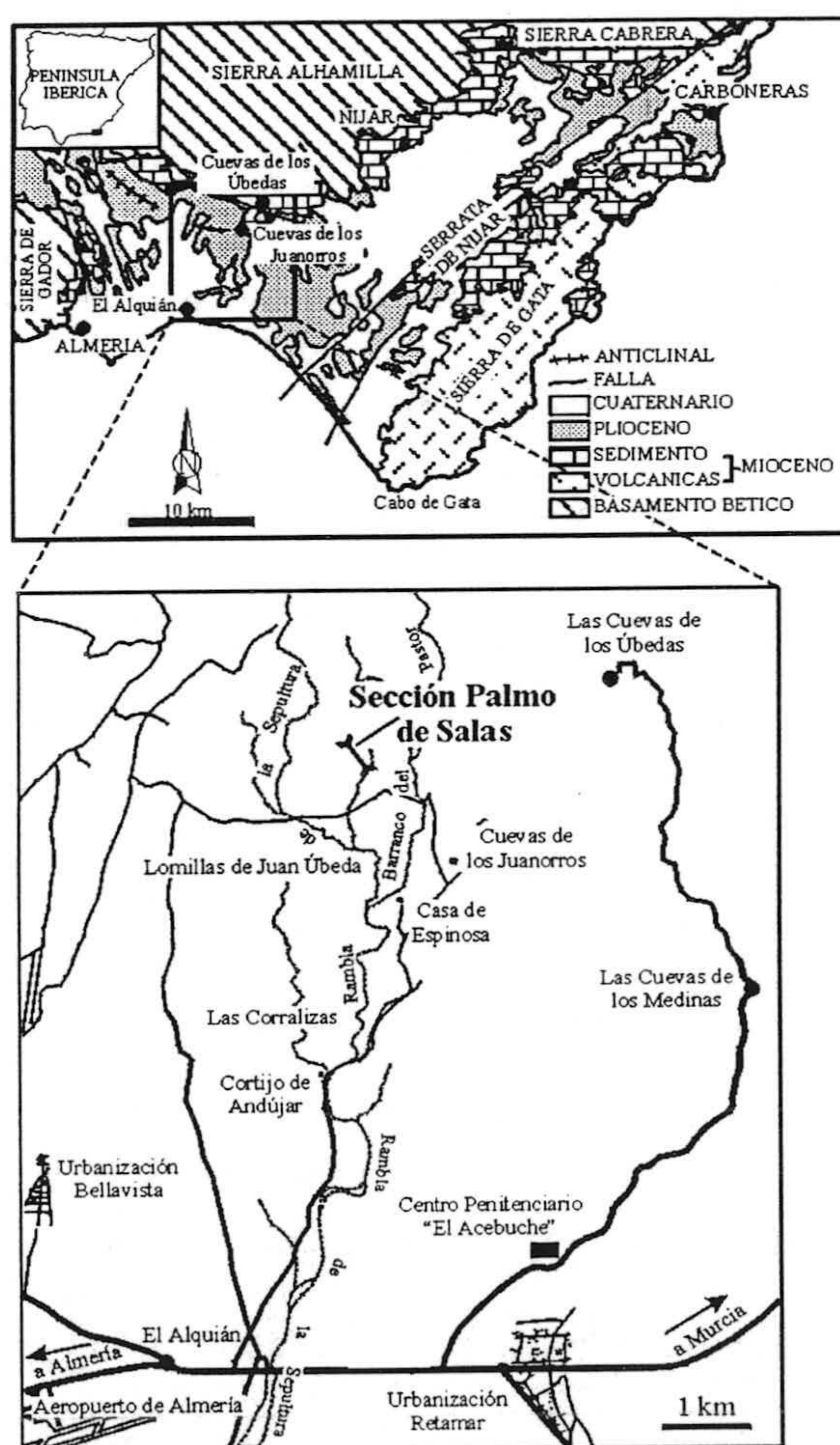


Figura 4.1.- Mapa geológico de las cuencas de Almería-Níjar y Carboneras. También, se indica la localización de la sección Palmo de Salas.

Descripción

La potencia de la sección Palmo de Salas es de 70 m y en ella se pueden diferenciar 3 tramos que se superponen mediante contactos graduales.

El primer tramo está constituido por margas gris-azuladas, localmente muy fosilíferas y con algunos cantos muy dispersos.

El segundo tramo está formado por limos verdoso-amarillentos en la base que pasan hacia arriba a arenas finas de color amarillento, muy micáceas y bioturbadas. En este tramo se intercalan capas de concentraciones de bioclastos de 7 a 10 cm de espesor máximo con bases irregulares. Dichas acumulaciones se interpretan como tempestitas distales. Estas facies corresponden con las facies del prodelta de delta Abrioja.

Por último, y de manera gradual, se pasa al tercer tramo, constituido por arenas medias-gruesas que pasan a conglomerados hacia arriba. Intercalados entre las arenas se encuentran paquetes de calcarenitas y calcirruditas, muy fosilíferas y de color anaranjado. Su potencia es de 1 m y presentan muros erosivos y superficies de amalgamación internas que se interpretan como tempestitas proximales (Aguirre, 1995; Aguirre *et al.*, 1996; Aguirre, 1998). El conjunto de estos materiales corresponden a facies de frente deltaico.

La sección termina con un nivel de acumulación de nódulos de algas coralináceas (rodolitos) incluidos en una matriz bioclástica con algunos cantos de cuarcita.

Resultados

En general, la relación P/P+B disminuye de muro a techo de la sección, aunque esta tendencia se ve interrumpida por la existencia de dos picos, uno en la muestra PS-7 y otro en la PS-14. En detalle, el porcentaje de foraminíferos planctónicos disminuye ligeramente de forma progresiva desde la base de la sección (43%) hasta la muestra PS-5 (25%). Tras un pequeño incremento en la muestra PS-6 (27%), la relación P/P+B sufre un brusco incremento, llegándose a alcanzar un 60% en la siguiente muestra (muestra PS-7). El porcentaje de foraminíferos planctónicos decrece drásticamente a partir de esta muestra hasta la muestra PS-10, pasándose desde un 60% hasta un 0,3%.

En la mitad superior de la sección los valores de la relación P/P+B están por debajo de los alcanzados en la mitad inferior. No obstante, también se detecta un pico (21%) en la proporción de foraminíferos planctónicos en la muestra PS-14.

Las curvas de los obtenidos en los índices de diversidad son semejantes entre sí, como así lo indica el coeficiente de correlación de Spearman (Tabla 4.1).

	HETEROGENEIDAD	EQUITATIVIDAD	Nº SPP
HETEROGENEIDAD		0,917	0,727
EQUITATIVIDAD	0,917		0,521
Nº SPP	0,727	0,521	

Tabla 4.1.- Tabla de correlación de Spearman para los parámetros de Heterogeneidad, Equitatividad y Número de especies. La correlación es significativa al nivel de 0,01.

En cuanto a la diversidad se observa un patrón de máximos y mínimos a lo largo de la sección. Desde la base de la sección se produce un incremento paulatino en el número de especies hasta alcanzar un máximo en la muestra PS-4. A partir de esta

muestra se reconoce a un importante descenso en el número de especies hasta la muestra PS-6, donde se detecta el valor más bajo. Tras un incremento de la diversidad en la muestra PS-7 hasta alcanzar valores similares a los anteriores, se produce un nuevo descenso hasta la muestra PS-10. No obstante, en este caso, la caída experimentada por la diversidad no es tan drástica como la comentada anteriormente. Finalmente, desde la muestra PS-12 hasta la PS-14 se produce un nuevo incremento progresivo de la diversidad, que es seguido de otro descenso hasta el final de la sección.

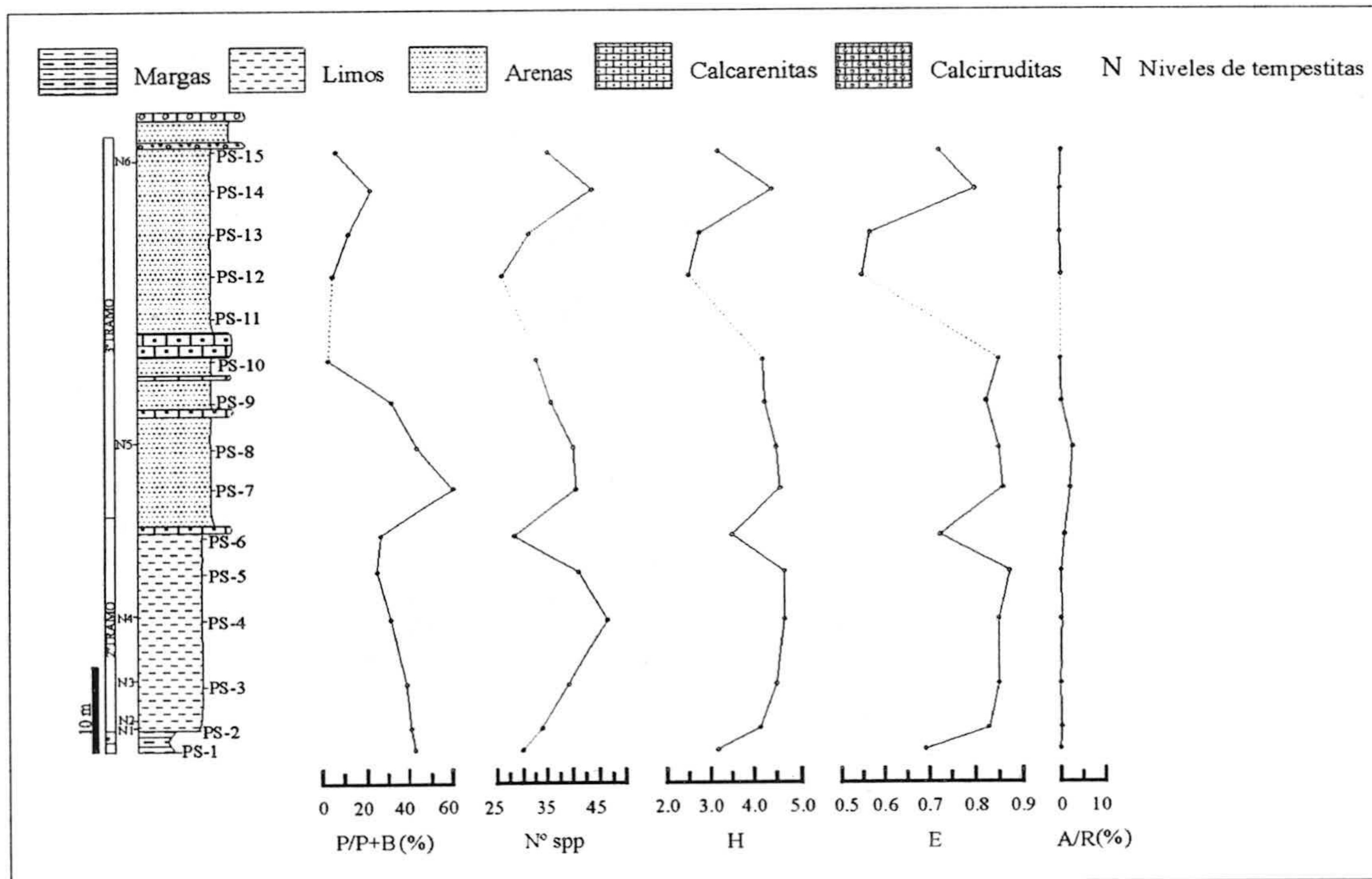


Figura 4.2.- Columna estratigráfica de la sección Palmo de Salas donde se indica la posición de cada una de las muestras estudiadas. En la muestra PS-11 no se ha identificado ningún resto de foraminífero, de ahí que no haya sido incluida en ninguno de los análisis. Además, se representan las curvas correspondientes a la relación planctónicos/bentónicos (P/P+B), el número de especies, el índice de Shannon-Wiener (H), el índice de Equitatividad y, por último, la relación arenaceos/hialinos (A/H).

Al igual que la abundancia de especies, las curvas de heterogeneidad y equitatividad muestran un patrón de máximos y mínimos. Ambas curvas experimentan un aumento importante en la base (de la muestra PS-1 a la PS-2), que es seguido de una

tendencia más o menos estable hasta la muestra PS-5. En la muestra PS-6 se constata un mínimo, sin embargo, los valores más bajos de diversidad según estos parámetros no se alcanzan aquí, sino en la muestra PS-12. Desde esta muestra hasta el techo de la sección la tendencia que se observa en ambas curvas es de ascenso seguido de una disminución.

En lo que a la relación entre foraminíferos arenaceos y rotaliidos se refiere, no se observa ningún patrón significativo. Dicha relación se mantiene con valores muy bajos (próximos a 0%) a lo largo de toda la sección.

Asociaciones de foraminíferos bentónicos

Un total de 39 taxones, representados por $\geq 3\%$, han sido identificados a lo largo de la sección (Fig. 4.3). Del total de especies, tan sólo siete de ellas han sido reconocidas en todas las muestras: *Ammonia inflata*, *Asterigerinata planorbis*, *Cassidulina neocarinata*, *Elphidium complanatum*, *Nonion asterizans*, *Cibicides refulgens* y *C. lobatulus*. El resto de las especies son importantes en algún tramo de la serie.

En la base de la sección (PS-1), constituido por margas, se observa un predominio de *C. neocarinata*, especie que representa casi el 50% de la asociación. Otras especies que aparecen en menor proporción son *Ammonia inflata*, *Nonion asterizans*, *Hanzawaia boueana*, *Heterolepa bellincioni*, *Asterigerinata planorbis* y *Anomalinoidea* sp.

En el tramo limoso (PS-2 a PS-6), se pueden reconocer un gran número de especies, algunas de las cuales aparecen restringidas a este tramo de la sección. Especies como *C. lobatulus*, *C. refulgens*, *H. bellincioni*, *H. boueana*, *N. asterizans* y *A. beccarii* muestran un patrón de abundancia uniforme sin reconocerse grandes variaciones en su

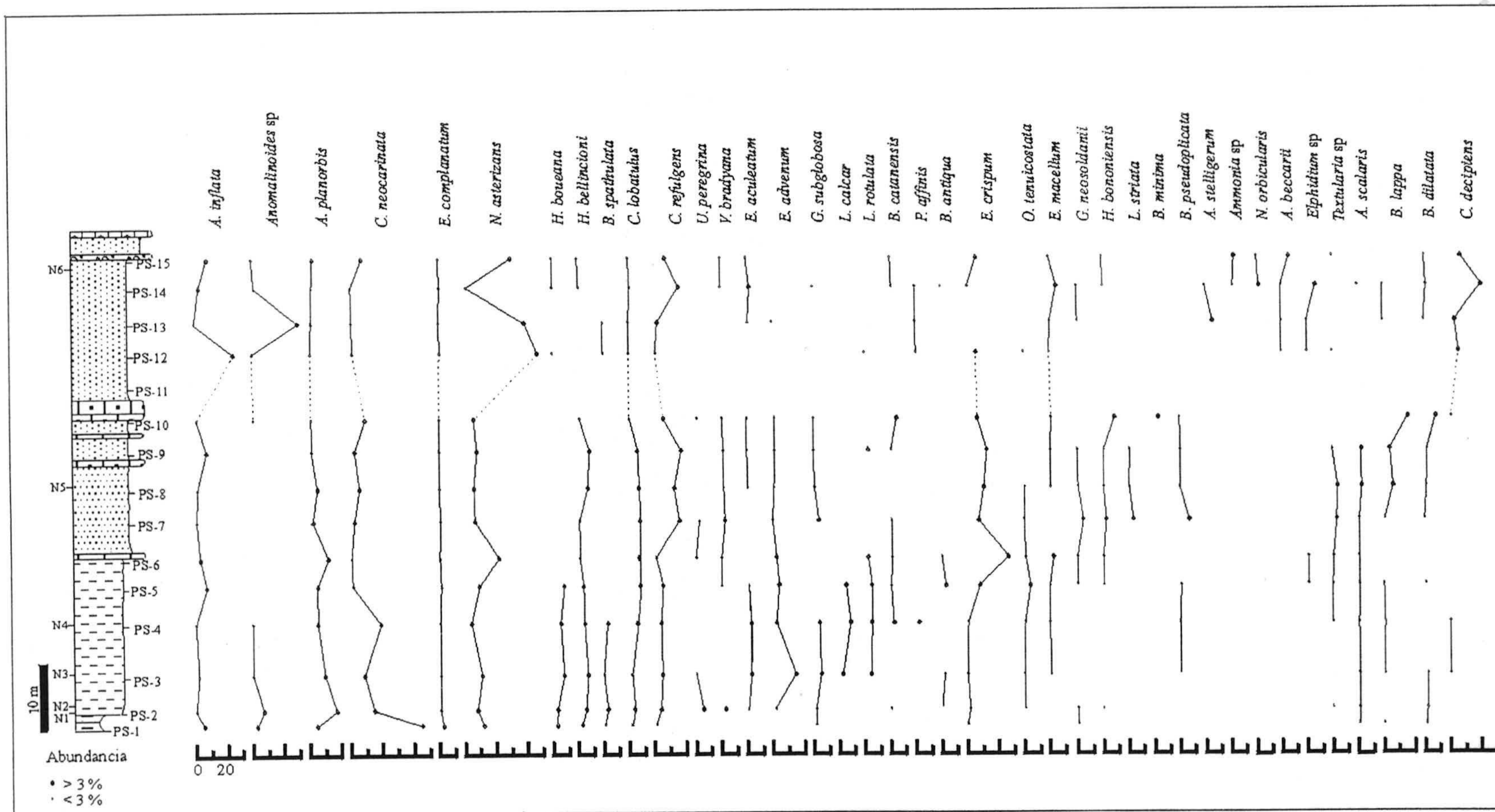


Figura 4.3.- Distribución de abundancia de especies de foraminíferos bentónicos representadas en más del 3% del total de la asociación para cada muestra. También se indica la abundancia de estas especies representadas en menos del 3% en aquellas muestras en las que no son significativas. La escala horizontal es la misma para todos los casos.

porcentaje de unas muestras a otras. En cambio, *C. neocarinata* y *E. advenum* no mantienen dicho patrón, reconociéndose un valor máximo en la muestra PS-4 y PS-3, respectivamente. Las especies que pertenecen al género *Lenticulina* (en este caso son dos: *L. calcar* y *L. rotulata*), se restringen al tramo limoso.

Por encima, en el tramo de arenas finas-medias (PS-7 a PS-9) dos especies son las más abundantes, *Elphidium crispum* y *Cibicides refulgens*. Otras especies que también son reconocidas en este tramo son: *A. inflata*, *A. planorbis* y *H. bellincioni*. El marcado descenso de *C. neocarinata* hacia el techo de la sección se hace muy notable en este tramo.

A continuación, en la muestra PS-10, tomada a la base de las arenas más gruesas, domina un conjunto de especies muy peculiares, que no aparecen o son minoritarias en el resto de la sección. Se trata de una asociación formada por *Bolivina lappa*, *Brizalina dilatata*, *Hopkinsina bononiensis* y *Cassidulina neocarinata*.

Finalmente, en la parte alta de la sección, podemos reconocer un grupo de especies diferentes a las anteriores. Estas son: *A. stramonion stelligerum* y *Ammonia beccarii*. Junto con ellas aparecen *Criboelphidium decipiens*, *Nonion asterizans* (más abundante), *Anomalinoidea* sp, y varias especies pertenecientes a los géneros *Cibicides* y *Elphidium*. Cabe destacar la asociación obtenida en la muestra PS-14, constituida por un aumento en el porcentaje de *E. macellum*, *C. decipiens* y *C. refulgens* y un descenso de *A. inflata*, *N. asterizans* y *E. crispum*.

Análisis estadísticos

Análisis cluster

Un análisis cluster en modo Q permite diferenciar tres agrupaciones (Fig. 4.4):

- Cluster A.- En este cluster se incluyen desde la muestra PS-6 hasta PS-10 y la muestra PS-14. La especie representativa es *Nonion asterizans*, la cual alcanza una abundancia del 22%.
- Cluster B.- Está formado por las muestras que ocupan la base de la sección, desde la muestra PS-1 a PS-5. *Cassidulina neocarinata* es la especie dominante en este cluster.
- Cluster C.- Es el cluster que menos muestras presenta, agrupando tan sólo tres, PS-12, PS-13 y la muestra del techo de la sección PS-15. La especie más frecuente, y por lo tanto representante de este cluster, es *Nonion asterizans*.

También se ha realizado un análisis cluster en modo R, el cual permite diferenciar cinco agrupaciones:

- Cluster I.- Engloba un grupo de seis especies, de las cuales *Anomalinoidea* sp (29,6%) es la dominante.
- Cluster II.- Este cluster está formado por tan sólo dos especies, *A. inflata* y *N. asterizans*, siendo esta última la más abundante.

- Cluster III.- *Cassidulina neocarinata* es la especie representativa de este cluster, con un porcentaje de abundancia que se acerca al 50%. Un total de trece especies entre las que se incluyen los géneros *Globocassidulina*, *Cassidulina*, *Lenticulina*, *Elphidium* y *Praeglobobulimina*, constituyen este tercer cluster.
- Cluster IV.- Este cluster, al igual que los primeros, está constituido por un grupo muy reducido de especies, dentro del cual la especie *B. lappa* es la más abundante.
- Cluster V.- La última agrupación, integrada por doce especies, está dominada por *C. refulgens*, representado por el 16%.

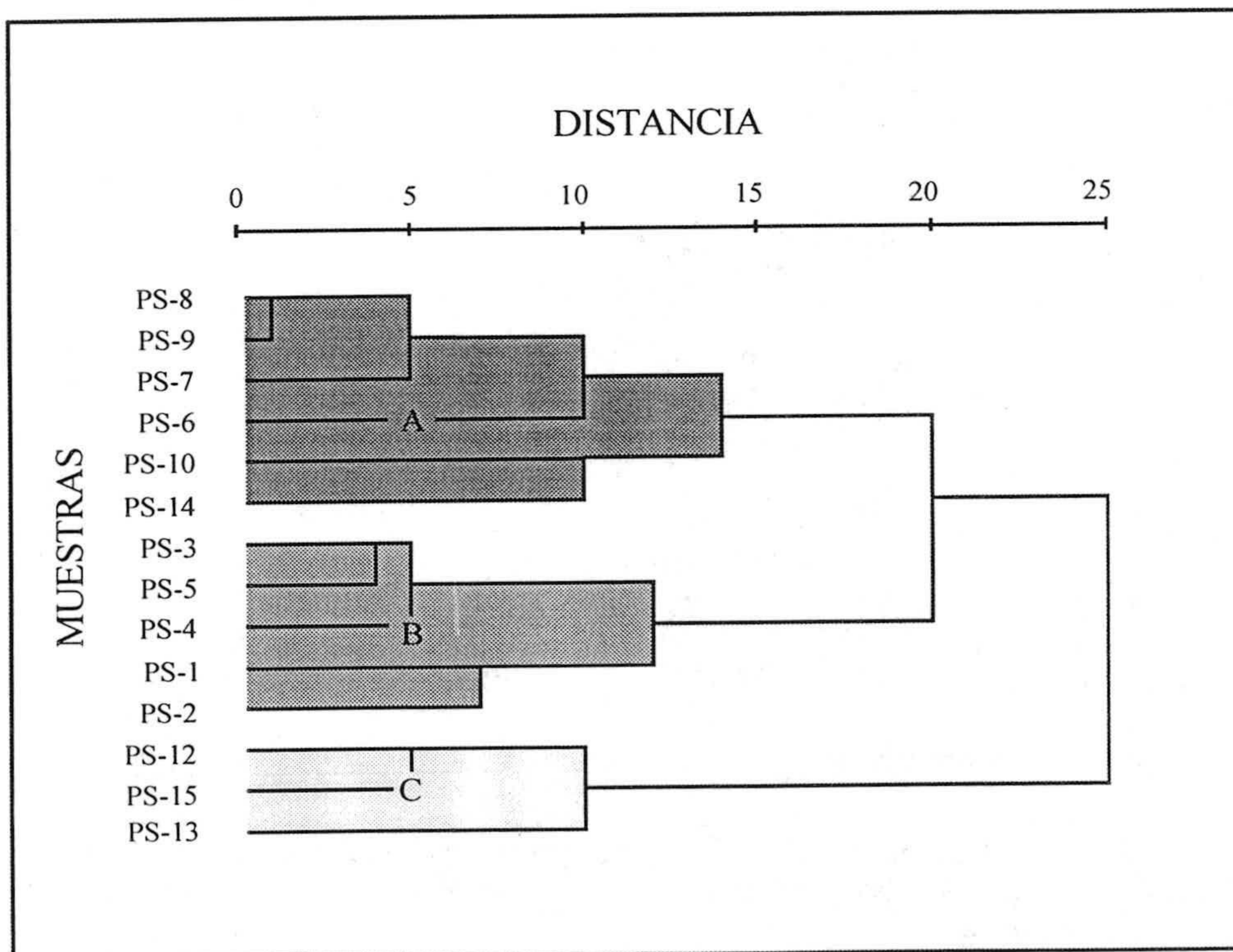


Figura 4.4.- Dendrograma obtenido en un análisis cluster en modo Q (método de Ward y distancia χ^2) para las muestras de la sección Palmo de Salas. De la figura se desprende una relación entre estas agrupaciones y las facies.

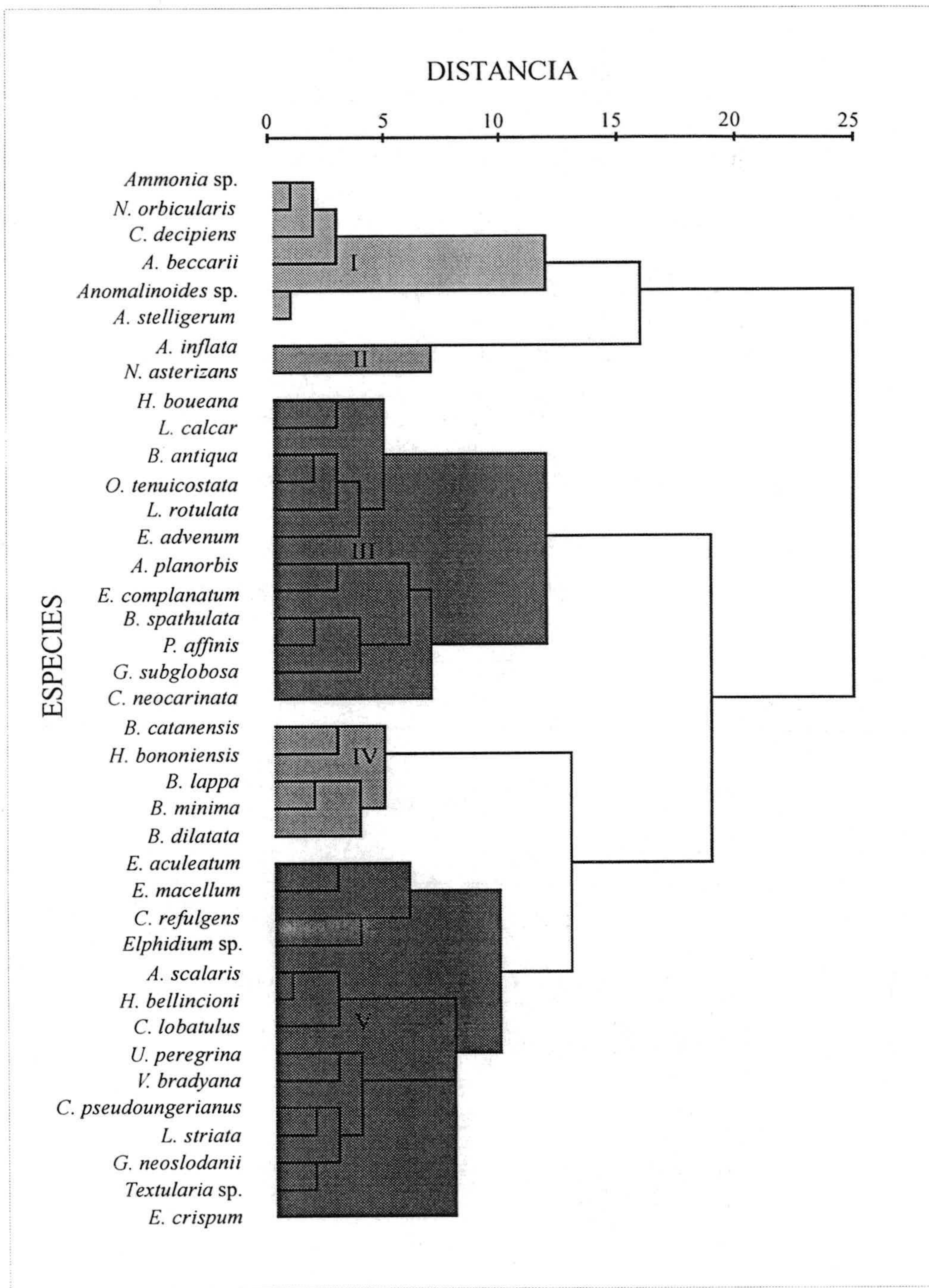


Figura 4.4.- Dendrograma obtenido en un análisis cluster en modo R, construido con la misma distancia y método que en el análisis anterior. Cinco asociaciones quedan claramente diferenciadas.

Discusión

Las variaciones en las asociaciones de especies de foraminíferos bentónicos reconocidas en la sección Palmo de Salas, responden a cambios en la profundidad del medio. Así, en la base de la sección, se reconoce una asociación típica de plataforma externa, representada por la especie *Cassidulina neocarinata* y en el techo otra asociación indicativa de medios de plataforma interna, dominada por los géneros *Ammonia*, *Elphidium* y *Nonion*. Las asociaciones de especies reconocidas a lo largo de esta sección, además de informar acerca de profundidad, también aportan información sobre otros parámetros ecológicos.

El análisis cluster en modo Q permite diferenciar un conjunto de agrupaciones de muestras que están relacionadas con las facies. Según esto, la agrupación B, la cual incluye las muestras de la base de la sección, representan las facies margoso-limosas. En este caso, la especie representante de esta agrupación es *C. neocarinata* (Ver Lámina, Fig. 10), especie que alcanza su máxima abundancia en el borde de la plataforma y, además, está relacionada con ambientes disaeróbicos ($<0,5$ ml/L O_2) (Mullins *et al.*, 1985; Culver, 1988; Brunner y Culver, 1992). En función de la abundancia relativa de especies (Fig. 4.2) las especies que presentan mayor porcentaje dentro de la agrupación B están recogidas en la asociación III del cluster en modo R. Dentro de esta asociación, que también está dominada por *C. neocarinata*, se encuentra una serie de especies con microhábitat infaunico, que se caracterizan por ser tolerantes a bajas concentraciones de oxígeno disuelto en las aguas intersticiales, como son las especies *Bolivina antiqua*, *Brizalina spathulata*, *Praeglobobulimina affinis* y *Globocassidulina subglobosa* (Corliss y Emerson, 1990; Sen Gupta y Machain-Castillo,

1993; Martins y Carapito, 1999). La aparición de *Hanzawaia boueana* en esta asociación puede estar relacionada con la profundidad más que con un déficit en los niveles de oxígeno, ya que en estas condiciones la abundancia de esta especie disminuye considerablemente (Pérez-Cruz y Machain-Castillo, 1990).

El resto de los componentes de la asociación III, varias especies de *Elphidium*, *Lenticulina rotulata* y *Asterigerinata planorbis*, se caracterizan por presentar un microhábitat epifaunico. Un medio con una alta tasa de sedimentación podría explicar esta asociación constituida por taxones infaunicos adaptados a condiciones disaeróbicas y epifaunicos de fondos con niveles de oxígeno normales. En estos medios además, de producirse gran aporte de sedimento, también se incorporan partículas alimenticias en el medio que serán rápidamente enterradas. Una vez que las partículas se encuentren en el interior del sedimento, los niveles de oxígeno pueden sufrir una importante reducción, ya que parte de este consumo va destinado al proceso de oxidación de la materia orgánica. En este contexto, se verían favorecidas las especies infaunicas y adaptadas a medios empobrecidos en oxígeno comentadas anteriormente. No obstante, sobre el fondo los niveles de oxigenación debieron ser normales, como lo atestigua la presencia de especies que no suelen tolerar bajas concentraciones de oxígeno en las aguas del fondo.

La agrupación A, que incluye las muestras de la mitad superior de la sección, representa las facies limoso-arenosas. Señalar la incorporación de la muestra PS-14 a dicha agrupación. *Nonion asterizans* una especie que alcanza su máxima abundancia en ambientes someros (Murray, 1991), es la especie dominante en esta agrupación. Según la abundancia relativa de especies, las asociaciones IV y V representan la agrupación A. En primer lugar la asociación IV, la cual incluye las especies identificadas en la muestra PS-10, se caracteriza por presentar valores bajos de diversidad, de heterogeneidad y de

equitatividad. Además, a esto hay que sumarle el dominio de especies indicativas de medios empobrecidos en oxígeno, como son *Hopkinsina bononiensis*, *Bolivina catanensis*, *B. lappa*, *Brizalina dilatata* y *Bulimina minima* (Sen Gupta y Machain-Castillo, 1993). Estas especies son consideradas por Kaiho (1994, 1999) como indicadores de condiciones disóxicas (0,1-0,3 ml/L O₂).

A diferencia de la asociación IV, la asociación V está compuesta por una gran variedad de especies, entre las que se incluyen varias especies de *Elphidium* (*E. aculeatum*, *E. macellum*, *Elphidium* sp y *E. crispum*) y de *Cibicides* (*C. refulgens* y *C. lobatulus*). Actualmente, estas especies se han reconocido en las praderas de *Posidonia* del Mar Mediterráneo (Langer, 1988); *Elphidium*, como forma epifítica de vida libre que vive suspendido por medio de sus rizópodos, y *Cibicides*, como organismo que se fija a un substrato que puede tratarse de hojas de algas, conchas de bivalvos, etc. Así mismo, la distribución batimétrica de las praderas de *Posidonia* no supera los 50 m de profundidad aproximadamente (Pèrés, 1989; Ros *et al.*, 1989) lo que hace interpretar la asociación V como una asociación de plataforma media-interna.

Finalmente, la agrupación C está formada solamente por tres muestras que corresponden con las arenas de la parte alta de la sección. De nuevo, *N. asterizans* (Ver Lámina, Fig. 5), característica de medios someros representa esta agrupación. En este caso, las asociaciones I y II, caracterizan estas facies. La asociación I, incluye una serie de taxones que están restringidos a la parte alta de la sección. La presencia conjunta de *Anomalinoidea* sp, como especie dominante, y varias especies de *Ammonia*, *N. orbicularis* y *C. decipiens*, indican un medio de plataforma interna somera, estableciendo un rango de profundidad de aproximadamente 20-30 m (Kafescioglu, 1975; Sen Gupta, 1980; Culver, 1988; Murray, 1991; Sen Gupta, 1999; Pérez-Muñoz *et al.*, en prensa). Una interpretación similar se puede hacer para la asociación II, que está

formada por las especies infáunicas oportunistas y tolerantes a fluctuaciones en el medio, *N. asterizans* y *A. inflata* (Ver Lámina, Fig. 5 y Fig. 13, respectivamente) (Yanko *et al.*, 1999). Ambas especies han sido identificadas a lo largo de toda la sección, aunque su máxima abundancia se ha reconocido en la parte superior (Fig. 4.2). Generalmente, son estos medios someros los que se ven sometidos a más variaciones ambientales (por ejemplo, salinidad, temperatura, cantidad de luz, energía, etc.) y, por tanto, sólo determinadas especies como las que constituyen esta asociación, son capaces de resistir estas condiciones. Valores tan bajos en la relación P/P+B, así como en los diversos parámetros de diversidad, son coherentes con el medio propuesto.

En resumen, el estudio de las asociaciones de especies de foraminíferos bentónicos en la sección Palmo de Salas permite inferir un cambio en la profundidad del medio, ya que en la base de la sección se reconoce una asociación indicativa de medios de plataforma externa, dominado por la especie *Cassidulina neocarinata*, mientras que en las muestras del techo, las especies (*Ammonia* spp, *Neocorbina orbicularis*, *Criboelphidium decipiens* y *Nonion asterizans*) reflejan un medio cercano a la línea de costa. Esta somerización, que se interpreta a partir de las asociaciones, también es apoyada por las facies, donde se pasa de unas facies margoso-limosas en la base, a unas arenas-conglomerados hacia la parte alta, así como por las asociaciones de macroinvertebrados y por las propiedades tafonómicas (Aguirre, 1995, 1996, 1998; Aguirre *et al.*, 1996). Durante la somerización observada hacia el techo, el medio pasa de ser una región afectada por el continuo aporte de sedimento, relacionado con la actividad deltáica, a un medio donde esta influencia continental pasa a ser periódica. En este último caso, se generan fondos empobrecidos en oxígeno, como ocurre en la muestra PS-10. Sin embargo, durante el resto del tiempo una escasa influencia deltáica

permite el desarrollo de fondos dominados por algas, y, por tanto, un incremento importante de especies epifíticas.

Capítulo 5. Lomillas de Juan Úbeda

Sección Lomillas de Juan Úbeda

La sección Lomillas de Juan Úbeda, orientada en un transecto N-S, se sitúa en uno de los relieves más orientales de todo un conjunto que recibe el mismo nombre (Fig. 5.1). Está ubicada en el flanco S del pliegue anticlinal definido en la cuenca de Almería-Níjar. Se trata de la sección con mayor potencia de todas las estudiadas. A esta sección se accede por el carril que se dirige hacia la Cueva de los Juanorros.

Descripción

La Unidad I en la sección Lomillas de Juan Úbeda presenta una potencia de 85 m. Se pueden diferenciar tres tramos con contactos graduales entre ellos.

El primer tramo (desde la muestra SAC-1 hasta la muestra SAC-3, Fig. 5.2), está formado por arcillas y limos arcillosos de color azulado-grisáceo, masivos y sin estructuras sedimentarias reconocibles. La macrofauna reconocida incluye, fundamentalmente, restos de bivalvos como *Amusium cristatum* y *Neopycnodonte navicularis*, junto con fragmentos de restos vegetales. Las conchas de *Neopycnodonte navicularis* aparecen dispersas en el sedimento o bien concentradas y, preservando la posición original de crecimiento, que pueden seguirse lateralmente varios kilómetros. Algunos de los foraminíferos bentónicos presentes en las asociaciones (*Lenticulina* y *Nodasaria*) presentan tamaños superiores a 2-3 mm, de forma que pueden reconocerse a simple vista.

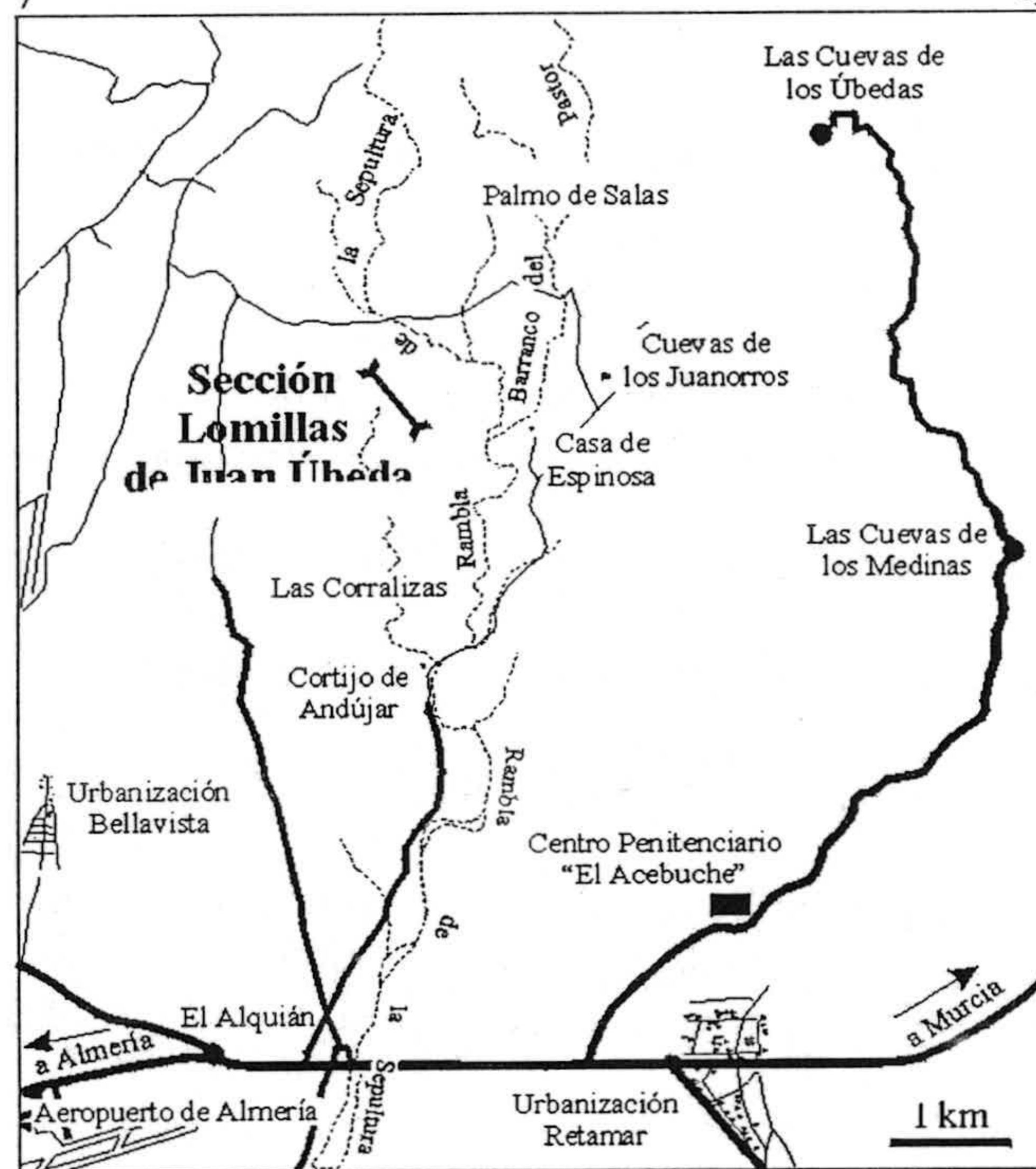
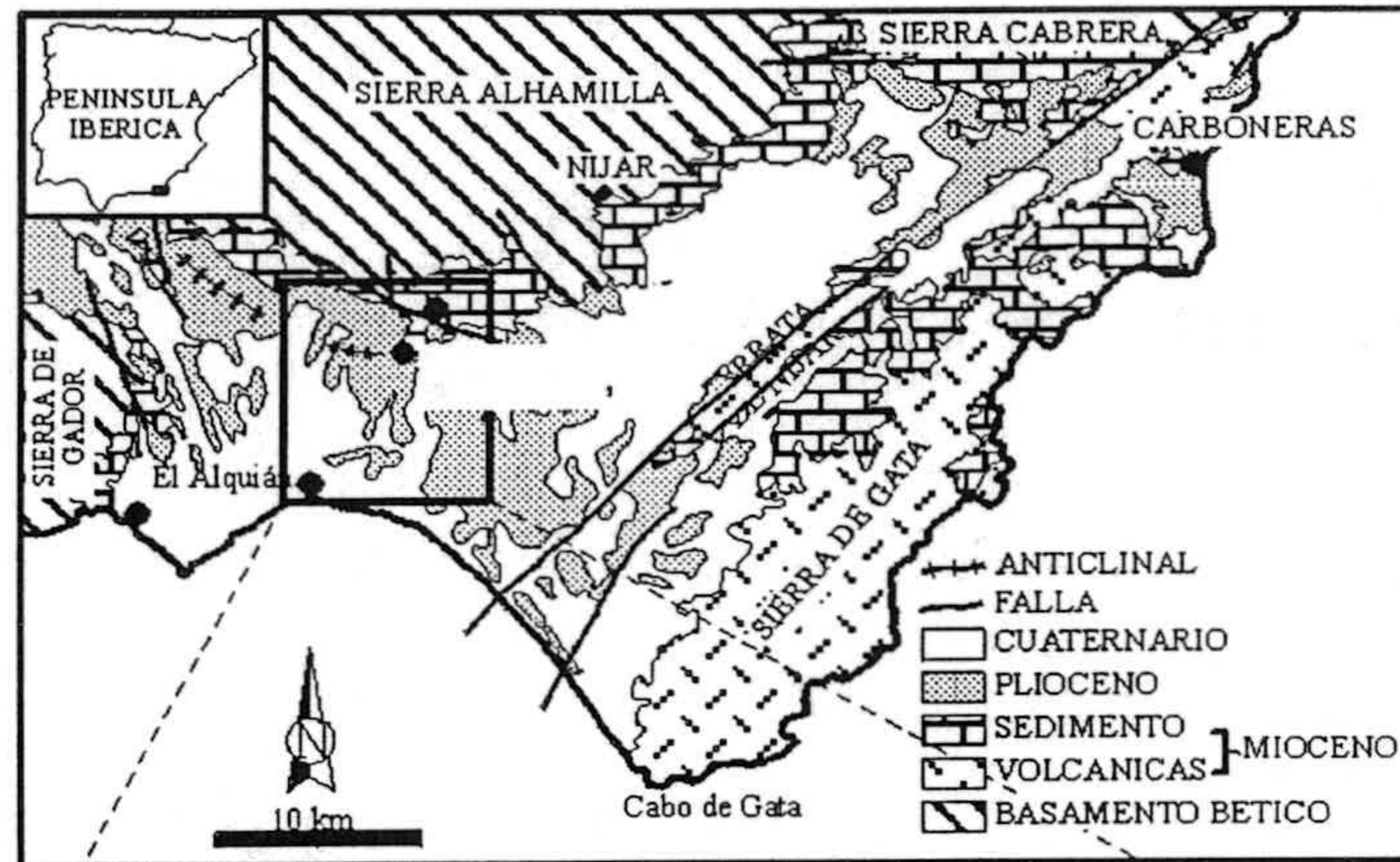


Figura 5.1.-Mapa geológico de las cuencas de Almería-Níjar y Carboneras. También se localiza la sección Lomillas de Juan Úbeda.

El segundo tramo (desde la muestra SAC-4 hasta SAC-21) está formado por limos amarillentos en la base que pasan gradualmente a arenas finas a techo. La macrofauna existente a lo largo de este tramo aparece dispersa en el sedimento y está constituida generalmente por restos de conchas de bivalvos, gasterópodos y fragmentos

de equinodermos. Hay que hacer notar la abundancia de grandes foraminíferos bentónicos comunes a lo largo de la serie como, *Lenticulina*, *Nodosaria* y *Marginulina*. Todo el sedimento presenta un moteado característico debido a la existencia de bioturbación. Se pueden reconocer concentraciones puntuales de foraminíferos bentónicos dentro de la matriz limosa, posiblemente ocasionadas por dicha actividad bioturbadora.

Este segundo tramo incluye 5 paquetes, con potencias que oscilan entre 70 cm en el primer nivel a 15 cm en el último, y ligeramente buzantes hacia el S. Están constituidos por arenas medias muy cementadas, por lo que dan un resalte topográfico, de color anaranjado-rojizo, sin bioclastos y sin estructuras sedimentarias reconocibles. No obstante, se observa un incremento en las trazas de bioturbación hacia los niveles superiores. Tienen muros irregulares y techos generalmente planos y netos, aunque el espesor de cada paquete se mantiene aproximadamente constante. Estos paquetes son interpretados como flujos de granos (“grainflow”) generados por la desestabilización de los sedimentos del frente del delta Abrijoja (Aguirre, 1995, 1998). Entre los dos primeros paquetes se reconoce un nivel constituido por *Ditrupea* que se puede continuar varios metros en la horizontal.

El último tramo de esta primera unidad (desde la muestra SAC-22 hasta SAC-28), se caracteriza por la presencia de arenas finas que pasan a arenas medias hacia la parte alta de la serie. Las arenas finas son de color amarillento-verdoso, muy micáceas y con el moteado debido a la bioturbación menos evidente que en la parte superior del tramo. La macrofauna, dispersa en el sedimento, es similar a la del resto de la sección, aunque en este tramo es mucho más frecuente.

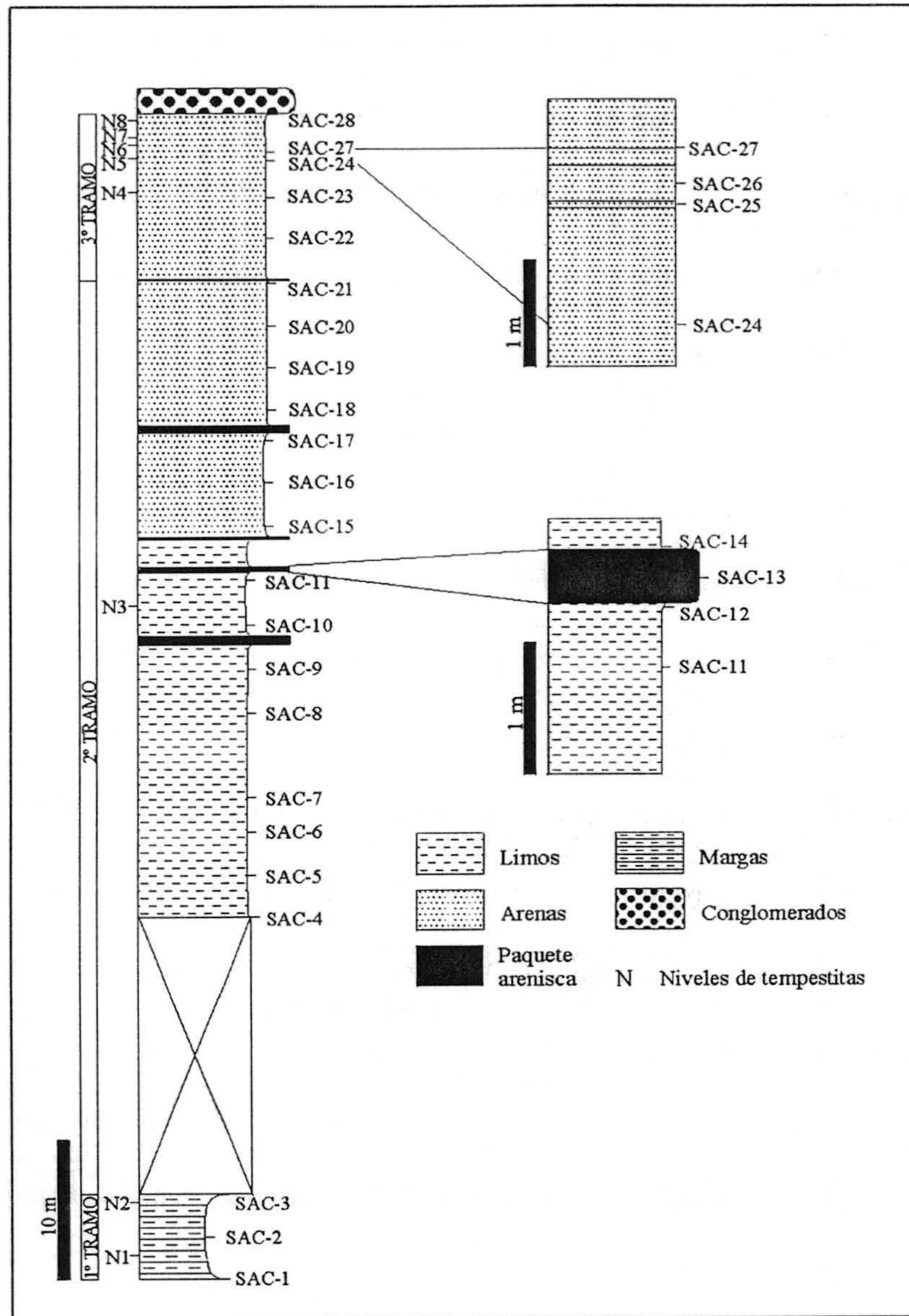


Figura 5.2.- Columna estratigráfica de la sección Lomillas de Juan Úbeda donde se refleja la posición de cada una de las muestras. También se han señalado dos partes de la sección: la primera, corresponde con un muestreo en la base (SAC-12), en el interior (SAC-13) y en el techo (SAC-13) del segundo nivel cementado de arenisca. En estas muestras el número de foraminíferos bentónicos es inferior a 300, por lo que han sido eliminadas de los análisis. Un caso similar le sucede a la muestra SAC-21, también ausente de restos de foraminíferos. La segunda parte muestreada en detalle coincide con los niveles milimétricos muestreados en detalle.

En este tramo se intercalan hasta 5 niveles de acumulación de macrofauna con el muro irregular de espesores muy semejantes (siempre en torno a los 5-7 cm). Estos

niveles pueden continuarse lateralmente por más de un kilómetro y están formados por conchas de bivalvos, sobre todo de *Amusium cristatum*, aunque también se reconocen *Chlamys*, fragmentos de equinodermos y restos de vertebrados marinos (huesos posiblemente de cetáceos y dientes de seláceos). *Ditrupa* es el organismo mayoritario en uno de estos niveles.

Entre los niveles 5 y 6 (N-5 y N-6 de la Fig. 5.1 de la sección) de este tramo se reconocen 3 niveles horizontales. En dichos niveles se han tomado las muestras SAC-25 a SAC-27 con objeto de analizar posibles cambios en las asociaciones de foraminíferos bentónicos. Son niveles de espesores milimétricos, endurecidos y de color rojo oscuro, donde se reconocen estructuras en plato ("dish") y en pilares ("pillars"). Entre estos niveles el sedimento está intensamente bioturbado que pueden continuarse varias decenas de metros en la horizontal.

Resultados

Los valores obtenidos en la relación planctónicos/bentónicos se mantienen altos a lo largo de la sección salvo en el techo, donde descienden bruscamente. En siete muestras, correspondientes a la parte baja y media de la sección, el porcentaje de foraminíferos planctónicos supera al de bentónicos.

En el primer tramo, únicamente la muestra SAC-2 la proporción de foraminíferos planctónicos supera a la de bentónicos (55%).

La mitad inferior del segundo tramo se caracteriza por presentar una disminución en la proporción de foraminíferos planctónicos, pasando del 62% al 11%.

Por encima de SAC-9 la relación P/P+B se caracteriza por presentar un patrón en zig-zag, con alternancia de valores altos y bajos.

Por último, en el tercer tramo, se alcanzan los valores más bajos en la relación P/P+B de toda la sección, con un mínimo en SAC-28 (1%).

Las curvas obtenidas de los diferentes índices de diversidad son semejantes, como así lo indica el coeficiente de correlación de Spearman (Tabla 5.1), y a penas se presentan cambios.

	HETEROGENEIDAD	EQUITATIVIDAD	Nº SPP
HETEROGENEIDAD		0.645398	0.878542
EQUITATIVIDAD	0.645398		0.395860
Nº SPP	0.878542	0.395860	

Tabla 5.1.-Tabla de correlación de Spearman para los parámetros de Heterogeneidad, Equitatividad y Número de especies. La correlación es significativa al nivel de 0,1.

En la mayoría de las muestras la diversidad siempre es superior a 50 especies por asociación, la heterogeneidad oscila entre 4,5 y 5,5, y, por último, la equitatividad supera el valor de 0,8. Son las muestras del techo de la sección, las que experimentan un descenso muy acusado en todos estos parámetros.

Por último, la proporción arenáceos/hialinos muestra un patrón diferente a los expuestos anteriormente. La presencia de foraminíferos bentónicos de pared arenácea a lo largo de la sección no es muy importante salvo en dos muestras, donde dicha proporción excede del 10%. El máximo es alcanzado en la muestra SAC-16 (12,3%), mientras que el mínimo se reconoce en la última muestra, con la ausencia total de foraminíferos de pared arenácea.

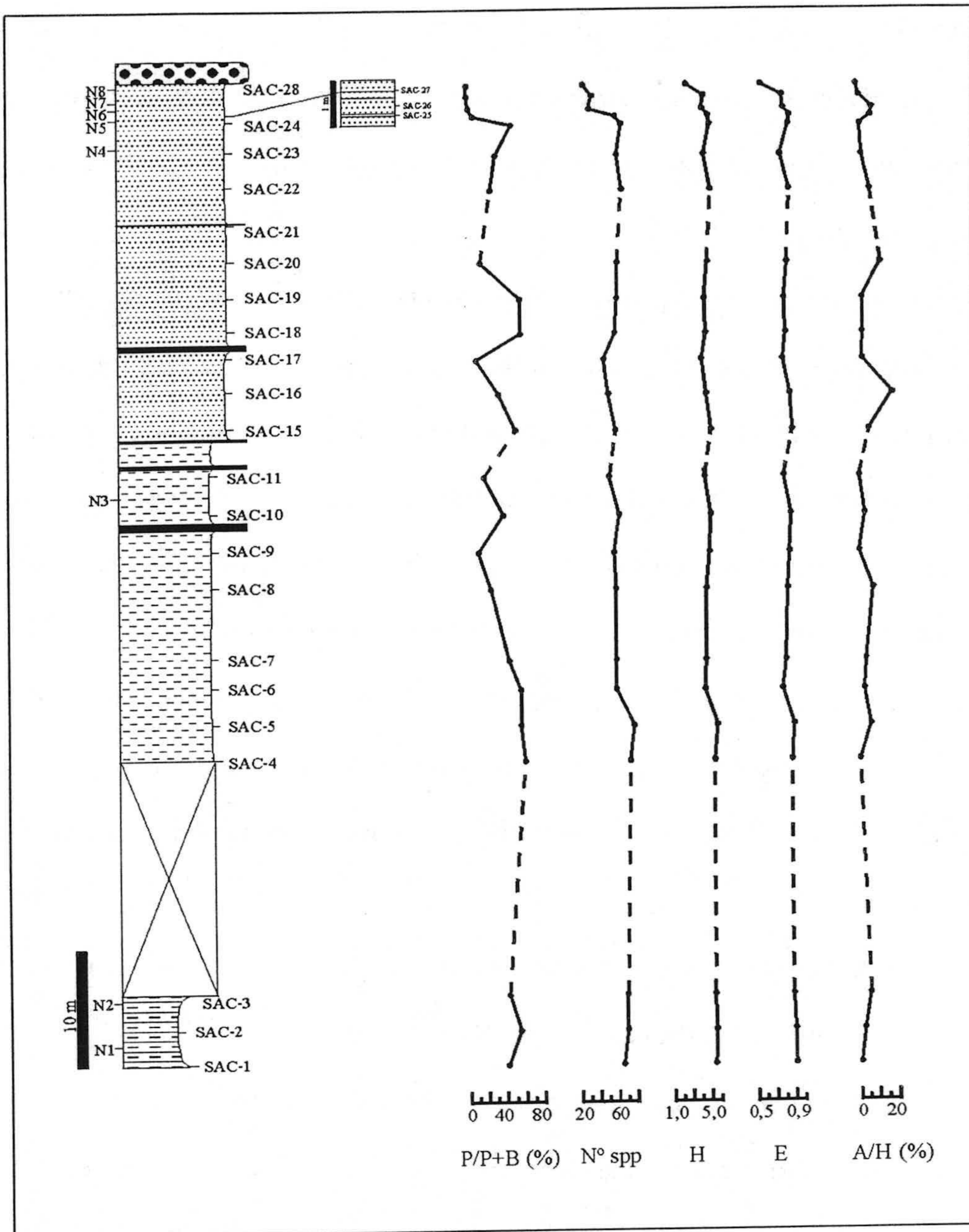


Figura 5.3.- Curvas que representan la relación planctónicos/bentónicos (P/P+B), el número de especies, el índice de Shannon-Wiener (H), el índice de Equitatividad, y por último, la relación arenaceos/hialinos (A/H)

Asociaciones de foraminíferos bentónicos

Un total de 59 especies de foraminíferos bentónicos, que presentan un porcentaje

≥3%, han sido reconocidas a lo largo de la sección Lomillas de Juan Úbeda (Fig.5.4). La mayoría de estas especies pertenecen al orden Rotaliida, aunque como se ha comentado anteriormente, también aparecen de manera significativa formas de pared aglutinada en determinadas muestras.

Observando la tabla de distribución de abundancia de las diferentes especies de foraminíferos bentónicos, se pueden reconocer grupos de especies que presentan distribuciones restringidas a los diferentes tramos establecidos anteriormente. Las únicas excepciones a esta distribución son *Nonion asterizans* y *Ammonia beccarii*, especies que muestran una distribución más o menos continua a lo largo de la sección. Concretamente, *Ammonia beccarii* aparece de forma continua en la parte superior del segundo y tercer tramo, siendo en éste último donde su abundancia se incrementa bruscamente dando lugar a un valor máximo (48%). Por el contrario, *Nonion asterizans* muestra una distribución discontinua en el segundo tramo y una tendencia en zig-zag en el último tramo.

En el primer tramo se encuentran especies que no vuelven a aparecer como son *Siphonina planoconvexa*, *Cibicidoides praecinctus*, *Melonis soldanii*, *Lenticulina* cf. *L. vitrea* y *Uvigerina longistriata*. Las restantes especies que aparecen en este primer tramo presentan apariciones puntuales en los siguientes tramos. Es el caso de *Pullenia bulloides*, *Uvigerina peregrina*, *Orthomorphina tenuicostata*, *Gyroidinoides umbonatus* y *Cibicides lobatulus*. Señalar que *Cibicidoides ungerianus* muestra una distribución continua en todo el tramo y aparece de la misma manera, en las tres muestras correspondientes a los niveles milimétricos del tramo superior (SAC-25 a SAC-27).

En el segundo tramo es donde más especies se reconocen. Se pueden identificar especies con una distribución discontinua como, por ejemplo, *Criboelphidium decipiens*, *Asterigerinata planorbis*, *Valvulineria bradyana*, *Lenticulina stellata*,

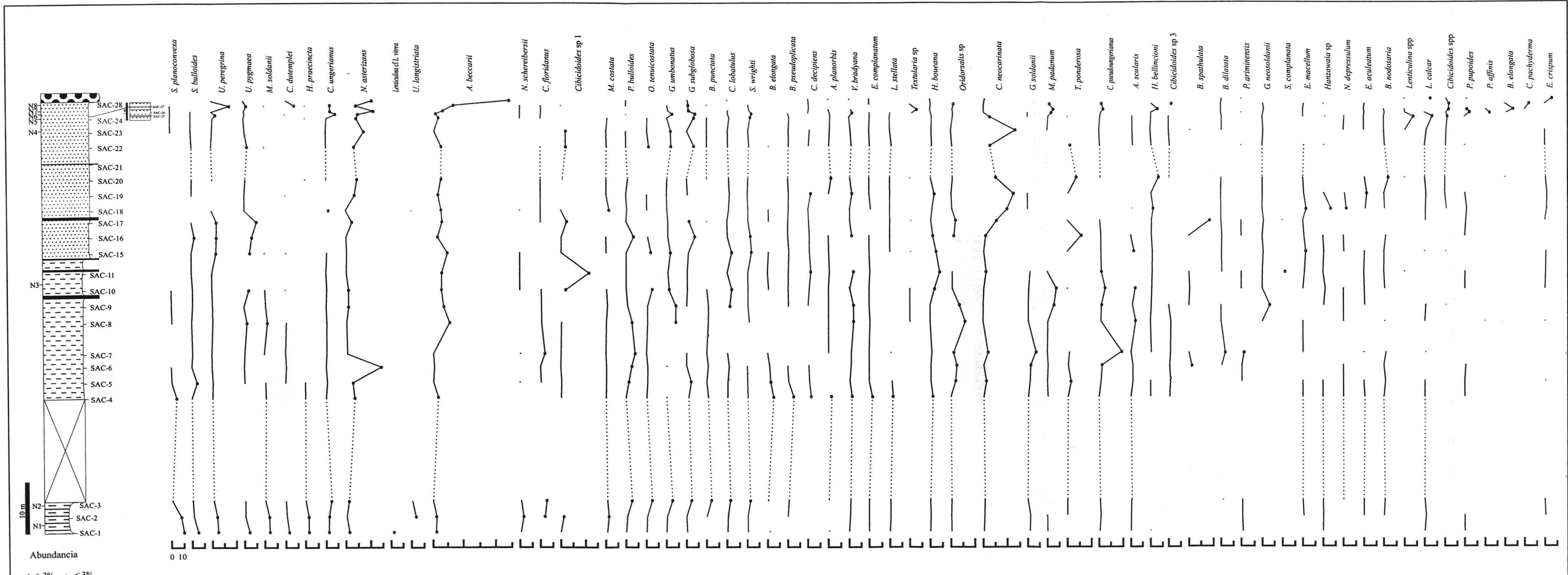


Figura 5.4.- Distribución de abundancia de especies de foraminíferos bentónicos representadas en más del 3% del total de la asociación para cada muestra. También se indica la abundancia de estas especies representadas en menos del 3% en aquellas muestras en las que no son significativas. La escala horizontal es la misma para todos los casos.

Amphycorian scalaris, *Heterolepa bellincioni* y *Textularia* sp. Cuatro de las especies reconocidas en este tramo muestran una distribución continua, como son *Hanzawaia boueana*, *Cassidulina neocarinata*, *Cibicidoides pseudoungerianus* y *Oridorsalis* sp. Concretamente, *Cassidulina neocarinata* incrementa su abundancia con el paso gradual de limos a arena finas-medias, alcanzando un valor máximo dentro de las arenas del tramo superior. Ya en la parte superior de este tramo desaparece. Especies tales como *Stainfortia complanata*, *Hanzawaia* sp, varias especies pertenecientes al género *Brizalina*, *Planulina ariminensis*, *Gyroidinoides neosoldanii*, *Nonion depressulum* y varias especies de *Elphidium* aparecen por primera vez en este segundo tramo, presentando una distribución puntual.

Por último, el tercer tramo está constituido por un conjunto de especies que aparecen, fundamentalmente, en los niveles milimétricos, dando lugar a una distribución de abundancias en forma de zig-zag. Son *Praeglobobulimina affinis*, *P. pupoides*, *Bulimina elongata*, *Lenticulina* spp y *Elphidium crispum*, entre otras.

Análisis estadísticos

Las técnicas multivariantes aplicadas en esta sección han sido un análisis cluster y un análisis factorial.

Análisis cluster

Un análisis cluster en modo Q permite diferenciar 3 agrupaciones (Fig. 5.5):

- Cluster A.- Incluye las muestras de la parte baja y media de la sección (SAC-1 a SAC-9). La especie representativa en este cluster es *Nonion asterizans* (29% en la muestra SAC-6).
- Cluster B.- Es el cluster que menos muestras incluye. Corresponde a aquellas que ocupan la parte superior de la serie (SAC-25 a SAC-28). *Ammonia beccarii* aparece como la especie más abundante en todas estas muestras, con un máximo del 48%.
- Cluster C.- Este cluster engloba las muestras de la parte media-alta de la serie (SAC-10 a SAC-24). *Cassidulina neocarinata* es la especie que presenta la mayor proporción en casi todas las muestras de este cluster. El porcentaje más elevado se encuentra en la muestra SAC-23 (27,3%).

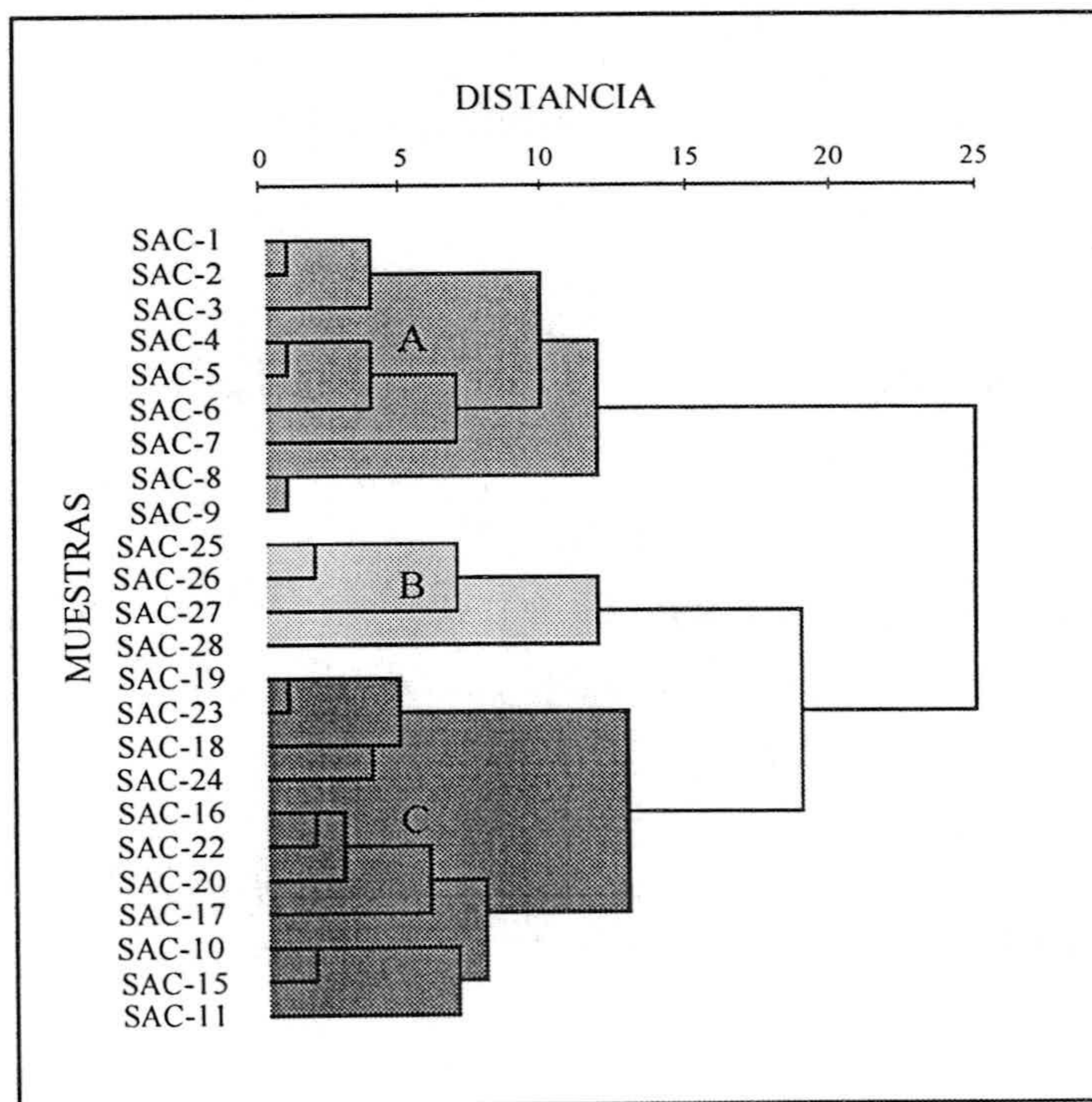


Figura 5.5.- Dendrograma de un análisis cluster en modo Q para las muestras de la sección Lomillas de Juan Úbeda, usando la distancia χ^2 y el método de Ward. Tres agrupaciones han sido reconocidas. Observar la relación que se establece entre estas agrupaciones y las facies.

Un análisis cluster en modo R permite diferenciar las siguientes agrupaciones

(Fig. 5.6):

- Cluster I.- Este cluster está dominado por la especie *Ammonia beccarii*, la cual alcanza el 48% en la última muestra de la sección. Junto a esta especie aparecen otras trece, aunque en menor proporción. Dentro de este grupo se incluyen todas las especies pertenecientes a los géneros *Ammonia* y *Elphidium* reconocidos en la sección.
- Cluster II.- Un conjunto de 14 especies constituye este cluster, aunque la especie más abundante es *Gyroidinoides umbonatus*, representada por el 8,6%. Géneros tales como *Melonis*, *Globocassidulina*, *Oridorsalis* y *Valvulineria* están presentes de forma significativa en esta agrupación.
- Cluster III.- *Nonion asterizans* es la especie representativa (29%) de este tercer cluster, junto con otras 19 especies, dos de las cuales son de pared aglutinada. Algunas de estas especies pertenecen a los géneros *Sphaeroidina*, *Gyroidina* y *Pullenia*. Dentro de este cluster se incluyen la mayoría de las especies de *Lenticulina* identificadas a lo largo de la sección.
- Cluster IV.- Este cluster incluye especies que aparecen exclusivamente en la base de la sección, tales como *Siphonina planoconvexa*, *Melonis soldanii*, *Neoeponides schreibersiana*, *Uvigerina longistriata* y *Lenticulina* cf . *L. vitrea*. S.

planoconvexa es la especie característica de este cluster, con una abundancia del 10%. En esta asociación también se incluyen la mayoría de las especies de *Cibicidoides*.

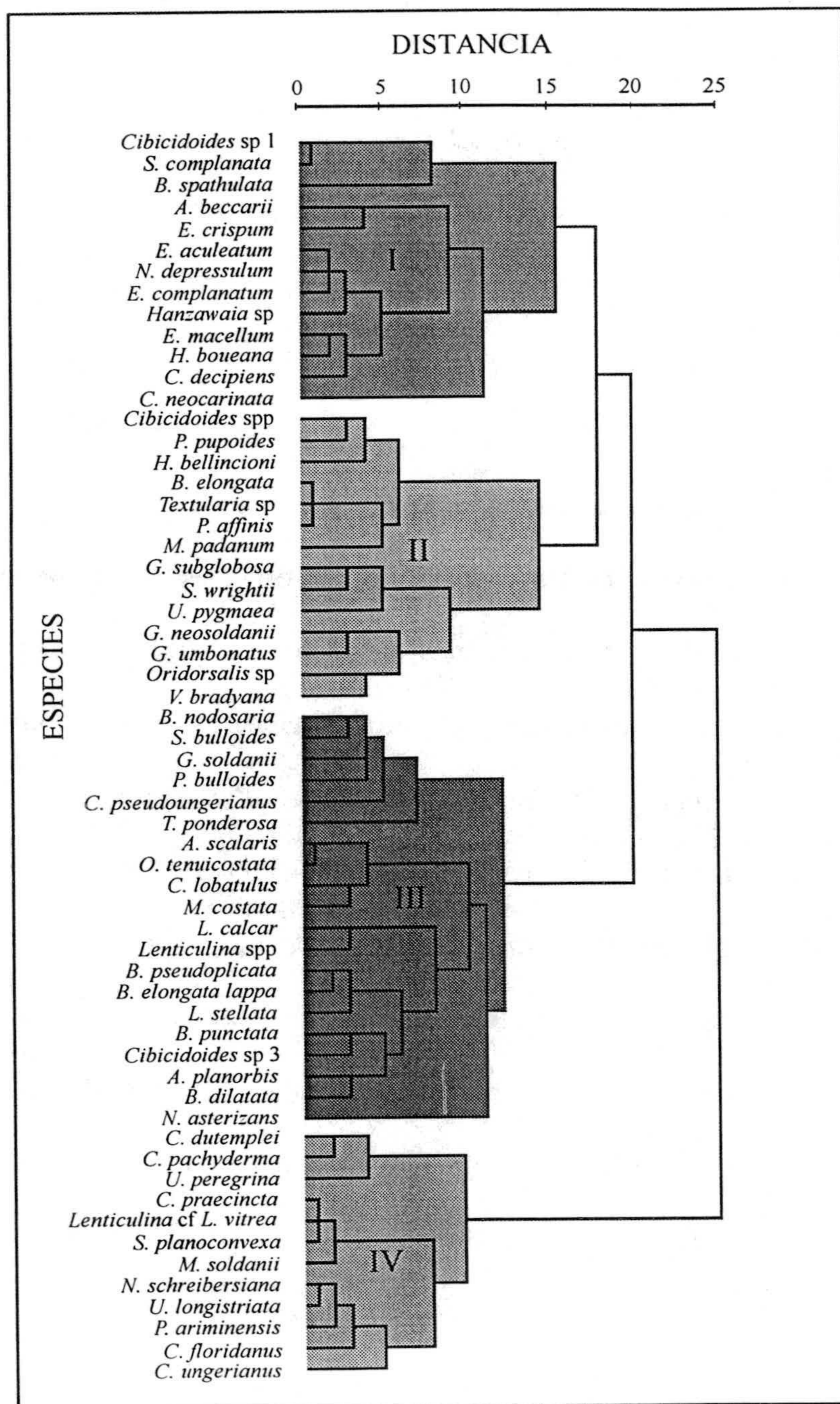


Figura 5.6.- Dendrograma obtenido en un análisis cluster en modo R, (distancia χ^2 y método de Ward). Esta técnica ha permitido reconocer cuatro asociaciones de especies de foraminíferos bentónicos, representadas con números romanos.

Análisis factorial

Se han obtenido siete factores en un análisis factorial en modo Q que explican el 74,1% de la varianza total, aunque sólo se considerarán los cuatro primeros factores por presentar cargas factoriales significativas (Tabla 5.2). Cada factor está representado por especies con carga factorial positiva y negativa (menos importante).

Factor 1

Este factor explica el 28,6% de la varianza total. La especie más significativa de este factor es *Cassidulina neocarinata*, seguida de *Nonion asterizans* y *Ammonia beccarii*, con valores más bajos.

Factor 2

El segundo factor explica el 12,7% del total de la varianza. La especie con mayor valor es *Ammonia beccarii*. Otras especies representativas de este factor son *Nonion asterizans* y *Gyroidinoides umbonatus*.

Factor 3

Este factor está definido por dos especies, *Nonion asterizans* y *Ammonia beccarii*. El porcentaje de varianza que este factor explica es el 8,5%.

Factor 4

El cuarto factor explica el 7,3% de la varianza. La especie *Siphonina planoconvexa* es la que muestra el valor más alto en este factor. Señalar que esta especie

no aparece como significativa en ningún otro factor y muestra signo negativo en los dos primeros factores.

Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
<i>A. becarii</i>	11,626	21,680	10,078	4,473
<i>C. neocarinata</i>	27,163	2,388	5,241	0,366
<i>G. umbonatus</i>	1,554	8,061	0,819	0,184
<i>N. asterizans</i>	12,283	9,377	21,345	2,890
<i>S. planoconvexa</i>	-3,136	-0,717	0,096	8,510

Tabla 5.2.- Tabla que representa las cargas factoriales más altas (superiores a 8,0) de las especies para cada una de los factores.

Discusión

Las tres agrupaciones definidas mediante el análisis cluster en modo Q están relacionadas con las facies. La agrupación A incluye las muestras pertenecientes a las facies margoso-limosas de la base de la sección. Esta agrupación está dominada por *Nonion asterizans* (Ver Lámina, Fig. 5) que alcanza un máximo de abundancia (29%) en la muestra SAC-6. No obstante, en el resto de las muestra de esta agrupación esta especie se encuentra con valores próximos al 3%. El resto de las especies que dominan en la agrupación A se corresponden con la asociación IV del cluster en modo R. Esta asociación está formada por un conjunto de especies que, mayoritariamente, quedan restringidas a esta parte de la sección. Entre ellas destacar los taxones de microhábitat infaunico *Uvigerina peregrina* (Ver Lámina, Fig. 4), *U. longistriata*, *Melonis soldanii* (Ver Lámina, Fig. 3) y *Siphonina planoconvexa* (Ver Lámina, Fig. 2) (especie más abundante y representante del factor 4), considerados como especies tolerantes a flujos de materia orgánica y, por tanto, a condiciones de bajas concentraciones de oxígeno disuelto en las aguas intersticiales (Streeter y Shackleton, 1979; Miller y Lohmannm,

1982; Caralp, 1989). No obstante, dentro de la asociación IV existe una mayor cantidad de taxones que viven sobre el fondo, como, por ejemplo, cinco especies de *Cibicidoides*, *Lenticulina* cf. *L. vitrea* y *Planulina ariminensis*, todas ellas indicativas de fondos bien oxigenados (Kaiho, 1994, 1999; den Dulk, 2000). Al igual que se ha explicado en la sección Palmo de Salas, este tipo de asociaciones, compuestas por unas especies indicativas de diferentes niveles de oxígeno en el medio, puede encontrarse en medios con una elevada tasa de sedimentación. Estas condiciones son congruentes con un medio deltáico como el que se infiere en la zona de estudio (delta Abrioja). El continuo aporte de sedimento, junto con partículas alimenticias y nutrientes favorece el enterramiento rápido de la materia orgánica, produciéndose el proceso de oxidación de la misma dentro de la columna de sedimento (Douglas *et al.*, 1980). Como consecuencia, se produce una disminución importante de los niveles de oxígeno en el sedimento. En estas condiciones sólo determinadas especies tolerantes disóxicas son capaces de sobrevivir, como las que se han reconocido en la asociación IV. Mientras tanto, la fauna que coloniza la superficie se beneficia de la presencia de partículas alimenticias, así como de la buena oxigenación del medio. Este contexto de alta tasa de sedimentación también permite explicar la existencia de niveles formados por colonias de ostras preservadas en posición de vida en la base de la sección (Aguirre, 1995).

Por otro lado, la presencia de *Planulina ariminensis* (Ver Lámina, Fig. 1), especie que se encuentra en ambientes con una profundidad superior a 150 m, es decir, nerítico externo (Kafescioglu, 1975; Robertson, 1998), indica que las muestras incluidas en la agrupación A se corresponden con un ambiente de plataforma externa. De igual forma, la presencia de algunas especies de *Cibicidoides* (por ejemplo, *C. dutemplei* (Ver Lámina, Fig. 8) indica ambientes distales de la plataforma (Robertson, 1998; Van Morkhoven *et al.*, 1986).

La agrupación C incluye las muestras comprendidas entre SAC-10 y SAC-24, ambas inclusive. Estas muestras representan las facies limoso-arenosas de la sección, donde se reconocen las intercalaciones de los niveles duros (“grainflows”) y el inicio de los niveles de acumulación de bioclastos. El hecho de que en las muestras de esta agrupación se encuentre el mayor número de especies, indica que se trata de un medio de plataforma media, ya que en estos ambientes es donde normalmente se alcanzan los valores de máxima abundancia de especies e individuos (Murray, 1991). Entre ellas, se reconocen formas de pared arenácea (ver la gráfica de la relación A/H en Fig 5.3) las cuales, presentan una abundancia relativa más alta en estas muestras que en el resto de las muestras de la sección. Sin embargo, el porcentaje que presentan estos taxones, siempre se aproxima al rango de valores estimados en ambientes de plataforma (Jorissen y Wittling, 1999). La especie dominante de esta agrupación, así como en el factor 2 del análisis factorial, es *Cassidulina neocarinata* (Ver Lámina, Fig. 10), cuya aparición y dominancia en estas muestras está relacionada con el tipo de substrato (limos) y con la presencia de aguas turbias (Lagoe *et al.*, 1997; Gupta, 1999).

Por último, la agrupación B, representada por las cuatro muestras de la parte superior de la sección (desde SAC-25 hasta, SAC-28) comprende las facies de arenas finas-medias con intercalaciones de tempestitas distales. En estas muestras, sobre todo en la muestra SAC-28, domina *Ammonia beccarii* (Ver Lámina, Fig. 13) especie típica de ambientes someros y tolerantes a variaciones ambientales (Kafescioglu, 1975; Murray, 1991; Brunner y Culver 1992; Alve y Murray, 1999; Sen Gupta, 1999). Este hecho, junto con la existencia de tempestitas distales permite interpretar esta agrupación de muestras como depósitos de plataforma somera.

En el resto de las muestras (SAC-25, 26 y 27), correspondientes a los niveles con laminación milimétrica (Fig. 5.2), se ha reconocido una asociación de especies de

foraminíferos bentónicos con un carácter oportunista, que aportan información acerca de la presencia de niveles ricos en materia orgánica. Muchas de estas especies han sido englobadas en la asociación IV, ya que las condiciones ecológicas que dieron lugar a la aparición de las especies de la base de la sección son muy similares a las que pudieron establecerse en esta parte de la sección, aunque en un rango batimétrico distinto. Esto explica las diferencias tan notables que existen entre los valores de la relación P/P+B de la base de la sección con respecto del techo. No obstante, el mínimo en la proporción de foraminíferos planctónicos de la parte alta de la sección no se acerca a los valores estimados para un medio de plataforma media (Gibson, 1989; Murray, 1991). Existen dos posibles procesos que pueden dar lugar a esta disminución tan acusada en la proporción de foraminíferos planctónicos. En primer lugar, puede estar relacionada con la influencia de aguas continentales. La entrada de aguas dulces genera un cambio en la salinidad de las aguas superficiales en las regiones cercanas a la desembocadura de ríos, como consecuencia de la mezcla de aguas marinas y dulces, inhibiendo el desarrollo de las comunidades planctónicas. La influencia de estas masas de aguas dulces dentro de la plataforma es variable, pero puede llegar hasta una profundidad aproximada de 100 m (Murray, 1991; Martínez *et al.*, 1999). En segundo lugar, puede deberse a procesos de destrucción tafonómica diferencial, ya que las características estructurales de las conchas de los foraminíferos planctónicos los hace muy susceptibles de ser destruidos (Martin, 1999). Es decir, son conchas de pared hialina muy delgada, muy porosa, y, normalmente son de tamaño pequeño. En cualquier caso, no existen evidencias que lleven a decantarse por uno o por otro proceso, ya que ambos procesos no son excluyentes entre sí, pero sí complementarios.

En relación con el resto de las agrupaciones obtenidas en el análisis cluster R, la asociación III, es la que más especies de foraminíferos bentónicos incluye. De nuevo, y

como sucedía en la asociación IV, existe una clara diferenciación de especies en cuanto a su microhábitat. Por un lado, se puede reconocer un gran número de taxones que viven dentro del sedimento, como por ejemplo *Bigenerina nodosara*, *Gyroidina soldanii*, *Pullenia bulloides*, *Textularia ponderosa*, *Marginulina costata*, *Bolivina pseudoplicata*, *B. punctata*, *Brizalina dilatata* y *Bulimina elongata*. Todas estas especies tienen en común: a) la capacidad de tolerar bajas concentraciones de oxígeno dentro del sedimento; y, b) poseer una morfología biseriada o triseriada, salvo *Gyroidina* y *Pullenia*, así como una estructura de la concha que les favorece para sobrevivir en ambientes disaeróbicos. Por otro lado, también se diferencia un conjunto de especies que colonizan la superficie del sedimento. Dentro de estas caben señalar aquellos taxones de vida libre, como es el caso de las especies de *Cibicidoides* y de *Lenticulina* (Murray, 1991), frente a *C. lobatulus*, que vive permanentemente fijo sobre un substrato (Zellers, 1990; Freiwald, 1995; Lagoe *et al.*, 1997). La presencia de formas infaunicas, así como la aparición de especies indicativas de fondos bien oxigenados y con una cierta hidrodinámica, lleva a interpretar un medio influido por corrientes costeras que pueden estar relacionadas con la actividad deltáica. En estas condiciones tiene lugar, por un lado, un aumento de la tasa de sedimentación, y, por otro, un mayor aporte de partículas alimenticias, como ocurría en la asociación IV.

Importantes diferencias separan la asociación III, anteriormente comentada, con la II. Esta asociación se caracteriza por el predominio de especies con microhábitat infaunico, tales como *Praeglobobulimina pupoides*, *P. affinis*, *Bulimina elongata*, *Textularia* sp, *Melonis padanum*, *Globocassidulina subglobosa*, *Spiroplectammina wrightii*, *Uvigerina pygmaea*, *Gyroidinoides neosoldanii*, *G. umbonatus* y *Valvulineria bardyana* (Mullineaux y Lohmann, 1981; Quintero y Gardner, 1987; Sen Gupta y Machain-Castillo, 1993). Todas las especies citadas tienen en común su tolerancia a una

disminución del contenido en oxígeno disuelto en las aguas intersticiales, aunque muchas de ellas, además, están relacionadas con flujos de materia orgánica (Gooday, 1988, 1993). Un continuo flujo de partículas alimenticias al fondo generaría un ambiente disódico. Dos posibles procesos pueden dar lugar a este tipo de ambientes; un aporte de origen continental o bien, de origen marino. En el primer caso, como ya se ha explicado anteriormente, la entrada de sedimento de manera continua enterraría rápidamente las partículas orgánicas y, por tanto, provocaría un déficit de oxígeno dentro de la columna de sedimento. De esta manera se explicaría el dominio de las formas infaunales, como ocurre en esta asociación. Sin embargo, la presencia tan insignificante (tan sólo tres especies; *Oridorsalis* sp, *Heterolepa bellincioni* y *Cibicidoides* spp) de formas epifaunales en esta asociación indicaría que las condiciones establecidas sobre el fondo no eran muy favorables para ellas, a pesar de ser un medio con disponibilidad de partículas alimenticias y, aparentemente, bien oxigenado.

En el caso de aportes de partículas alimenticias de origen marino, el desarrollo de una productividad primaria en la superficie de la columna de agua es la causante de la caída masiva de partículas al fondo. Durante su caída, así como a lo largo del proceso de oxidación de la misma, se produce una reducción del oxígeno. En estas condiciones, asociaciones constituidas principalmente por taxones infaunales son las que caracterizan este tipo de medios. El contexto sedimentario y la existencia de un medio de plataforma media, sugieren un origen continental para las partículas orgánicas.

Por último, la asociación I difiere del resto de las asociaciones por las especies que en ella se reconocen. Destaca el dominio de *Ammonia* junto con la presencia de determinados géneros que anteriormente no lo habían hecho, como es el caso de *Elphidium* y *Hanzawaia*. Todas las especies que pertenecen a estos géneros se encuentran en esta asociación. La aparición conjunta de todas ellas indica la presencia

de un medio somero (Pérez-Cruz y Machain-Castillo 1990; Murray, 1991; Sen Gupta, 1999). La presencia de *C. neocarinata*, especie abundante en zonas de la plataforma externa, no parece estar relacionada con la profundidad, sino con el tipo de substrato y la influencia de aguas turbias (Lagoe *et al.*, 1997). Las especies que forman parte de esta asociación muestran una gran resistencia a variaciones en las condiciones ambientales, tales como la salinidad, turbulencia, turbidez, tipo de substrato, etc. (Gupta, 1999). Esta tolerancia a cualquier cambio en los parámetros ambientales, nos permite considerarlas como especies oportunistas que ocupan los nichos más someros, aspecto que explicaría las cargas elevadas del factor 2.

En resumen, la sección Lomillas de Juan Úbeda está formada por un conjunto de materiales que indican una somerización a techo, pasando de un medio de plataforma externa por debajo del nivel de base del oleaje de tormentas, a una plataforma media afectada por las tormentas. Se han reconocido dos asociaciones de especies que informan de este cambio en la profundidad del medio, como es la asociación IV, correspondiente a la base, y la asociación I, reconocida en el techo de la sección. La presencia de especies como *Planulina ariminensis* o *Siphonina planoconvexa* (Van Morkhoven *et al.*, 1986) en la muestra SAC-1 y *Ammonia beccarii*, *Elphidium* spp y *Nonion asterizans* en la parte superior de la sección, han permitido hacer esta interpretación sobre el cambio batimétrico del medio. No obstante, el resto de las especies informan de la presencia de flujos de materia orgánica y empobrecimiento en oxígeno disuelto en las aguas intersticiales. Por lo general, el medio se caracteriza por un cierto empobrecimiento en oxígeno, siempre como consecuencia de la caída y oxidación de la materia orgánica. Solamente en el caso de la asociación II, estas condiciones han llegado a su extremo, permitiendo la supervivencia sólo de las formas infaunicas. Estas condiciones se dan en ambientes con una alta tasa de sedimentación,

por lo que se podría concluir diciendo que durante el deposito de la Unidad I en esta zona se produjo una clara influencia de los sedimentos aportados por el delta Abrioja.

Capítulo 6. Corralizas-Norte

Sección Corralizas-Norte

La sección Corralizas-N está ubicada al S de la sección anterior (Fig. 6.1). A ella se accede por la Rambla de La Sepultura hasta el Cortijo Andújar, donde se continúa por la Cañada de Valzaga. Corresponde con un pequeño relieve situado unos metros más al norte de los relieves conocidos como Las Corralizas.

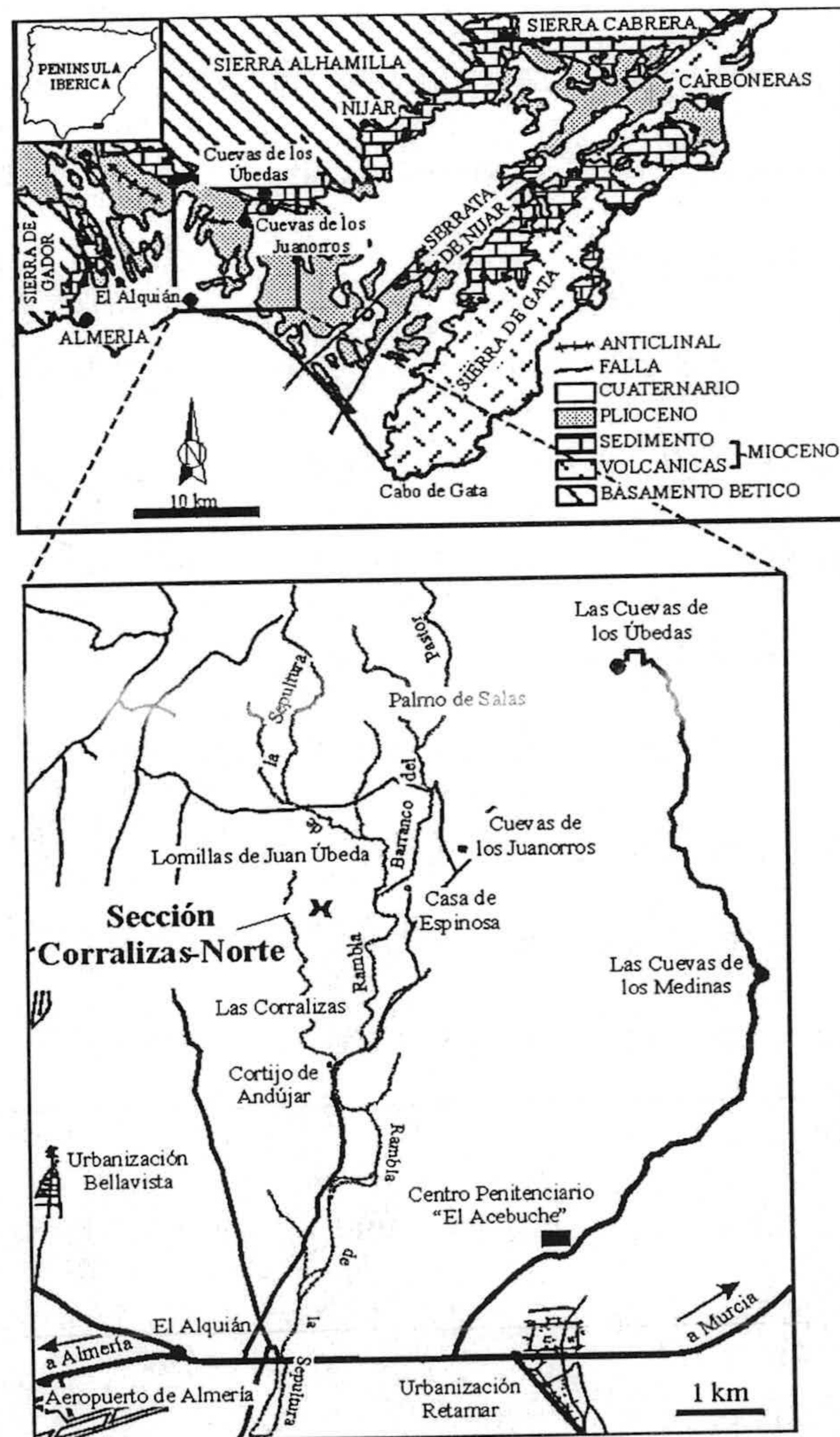


Figura 6.1.- Mapa geológico de las cuencas de Almería-Níjar y Carboneras. También, se indica la localización de la sección Corralizas-Norte.

Descripción

Es una sección parcial situada entre las secciones Lomillas de Juan Úbeda y Las Corralizas que permite correlacionarlas. En la base de la sección afloran tres niveles de areniscas cementadas, de color anaranjado (niveles de “grainflows”) que se corresponden con los tres niveles de “grainflows” superiores de la sección de Lomillas de Juan Úbeda. Por encima, y con una potencia de 17 m, afloran limos-arenas finas masiva. No obstante, este tramo de la sección está cubierto por vegetación y no aflora adecuadamente, por lo que sólo ha sido posible muestrear la parte superior.

La parte muestreada tiene una potencia de 18 m y está representada por limos verdoso-amarillentos, masivos, muy micáceos y muy bioturbados. La macrofauna, fundamentalmente conchas de bivalvos (*Amusium cristatum* y *Chlamys*), gasterópodos y fragmentos de equinodermos, aparece dispersa en el sedimento. De igual modo se encuentran cantos siliciclásticos y restos vegetales.

En esta sección se intercalan dos niveles de acumulación de bivalvos, interpretados como tempestitas distales (Aguirre, 1995, 1998). El primero, con un espesor aproximado de 10 cm, contiene *Amusium cristatum*, conchas de *Chlamys* de pequeño tamaño y ostras, además de cantos siliciclásticos de tamaño centimétrico. El segundo nivel, con una potencia de 8 cm, tiene el mismo contenido faunístico que el nivel anterior, aunque incluye fragmentos y espinas de equinodermos. En ambos niveles se encuentran foraminíferos bentónicos, *Lenticulina* y *Nodosaria*, con un tamaño superior a 0,5 cm y, por tanto, pueden reconocerse a simple vista.

A techo de la unidad aflora la capa de glauconita, de 30 cm de espesor, formada por granos sueltos de glauconita englobados en una matriz limosa. El muro de la capa es

neto mientras que el techo es gradual. Este nivel permite correlacionar esta sección con la base de la sección Corralizas (ver descripción de la siguiente sección).

Resultados

Dada la escasa potencia de la sección, sólo se han tomado 6 muestras, de las cuales dos de ellas han sido eliminadas. Una es N-COR 5, la cual tiene un número de individuos inferior a 300, y la segunda, N-COR 6, que coincide con la capa de glauconita y, por tanto, será tratada en el capítulo dedicado a este nivel. La relación planctónicos/bentónicos, los índices de diversidad, así como la relación arenáceos/hialinos han sido calculados para el resto de muestras de la sección (Fig. 6.2).

A lo largo de toda la sección la proporción de foraminíferos bentónicos supera a la de los planctónicos. Esta relación, muestra una tendencia general decreciente hacia la parte alta de la serie, pasando del 28% en la base al 5% en la muestra N-COR 4. Esta tendencia es interrumpida en la muestra N-COR 2, con un valor máximo de 38%.

En segundo lugar, los diferentes parámetros de diversidad experimentan un descenso paulatino hacia el techo de la sección. Los valores máximos se observan en la muestra de la base. La similitud existente entre estos parámetros se ha expresado mediante el coeficiente de correlación de Spearman al nivel de significación del 1% (Tabla 6.1).

	HETEROGENEIDAD	EQUITATIVIDAD	Nº SPP
HETEROGENEIDAD		1.000	1.000
EQUITATIVIDAD	1.000		1.000
Nº SPP	1.000	1.000	

Tabla 6.1.- Tabla de correlación de Spearman para los parámetros de Heterogeneidad, Equitatividad y Número de especies. La correlación es significativa al nivel de 0,01.

Por último, la gráfica que representa la relación arenáceos/hialinos muestra un incremento de esta relación hasta la muestra N-COR 2, donde toma un valor máximo de 8,1%, seguido de un descenso continuo hasta la última muestra estudiada.

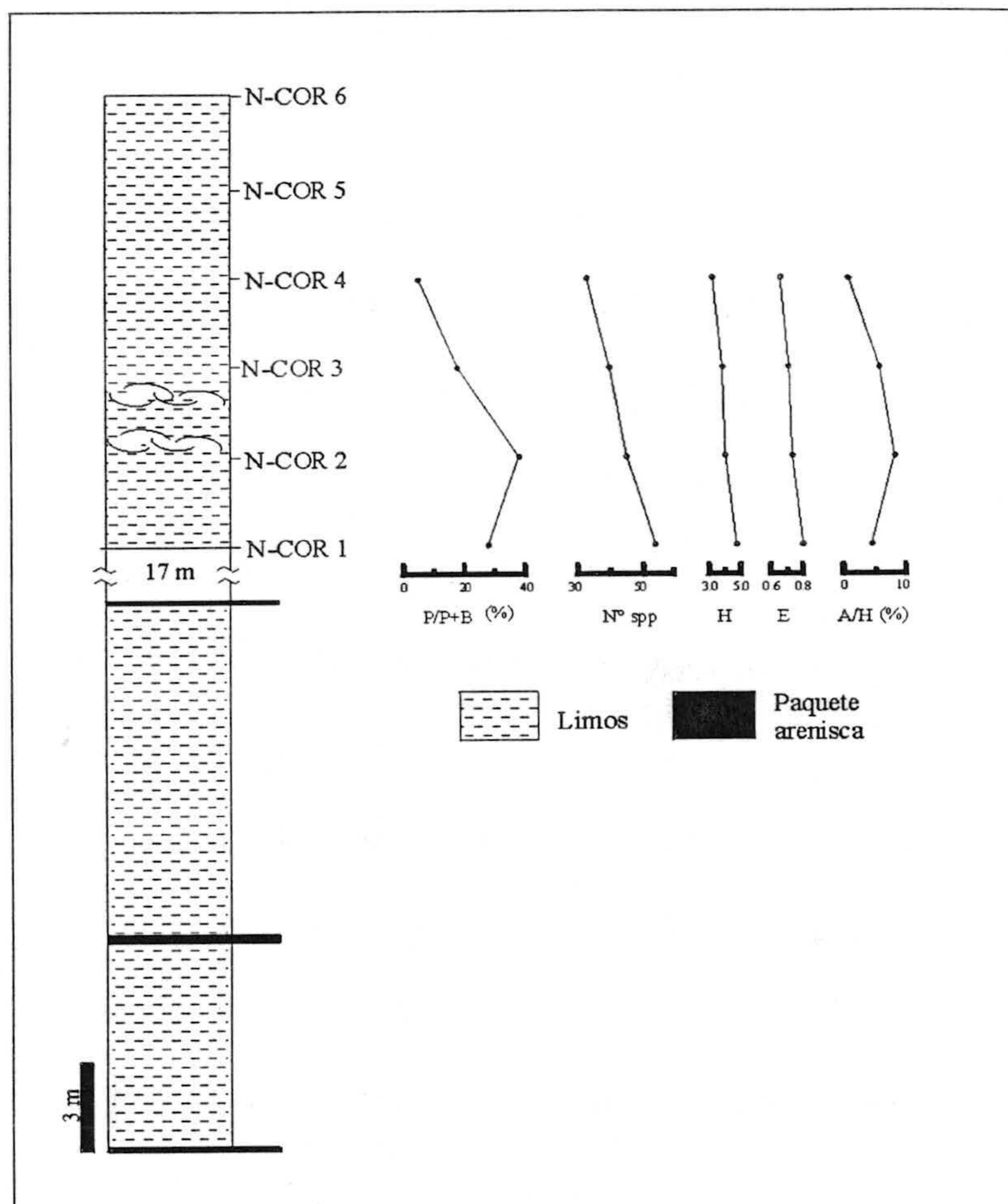


Figura 6.2.- Columna estratigráfica de la sección Corralizas-Norte, donde se señala la posición de cada una de las muestras estudiadas. La muestra N-COR 5 ha sido excluida de los análisis ya que en ella no ha sido posible identificar resto de foraminífero alguno. También se representan las curvas correspondientes a la relación planctónicos/bentónicos (P/P+B), el número de especies, el índice de Shannon-Wiener, el índice de Equitatividad (E), y la relación arenaceos/hyalinos (A/H).

Asociaciones de foraminíferos bentónicos

Han sido seleccionados 17 taxones representados por $\geq 3\%$ (Fig. 6.3). Como se puede observar en la tabla de abundancias, tan sólo tres especies, *Cassidulina*

neocarinata, *Ammonia beccarii* y *Nonion asterizans*, están representadas en todas las muestras, aunque con patrones de abundancia diferentes. Por un lado, *Ammonia beccarii* muestra una tendencia estable a lo largo de la sección, con una ligera tendencia a aumentar hacia el techo de la sección. *Cassidulina neocarinata*, por el contrario, experimenta un descenso importante en la muestra N-COR 2 que es seguido por un progresivo aumento hasta alcanzar un máximo en la muestra N-COR 4. Finalmente, *Nonion asterizans* muestra un patrón inverso al de *Cassidulina neocarinata*.

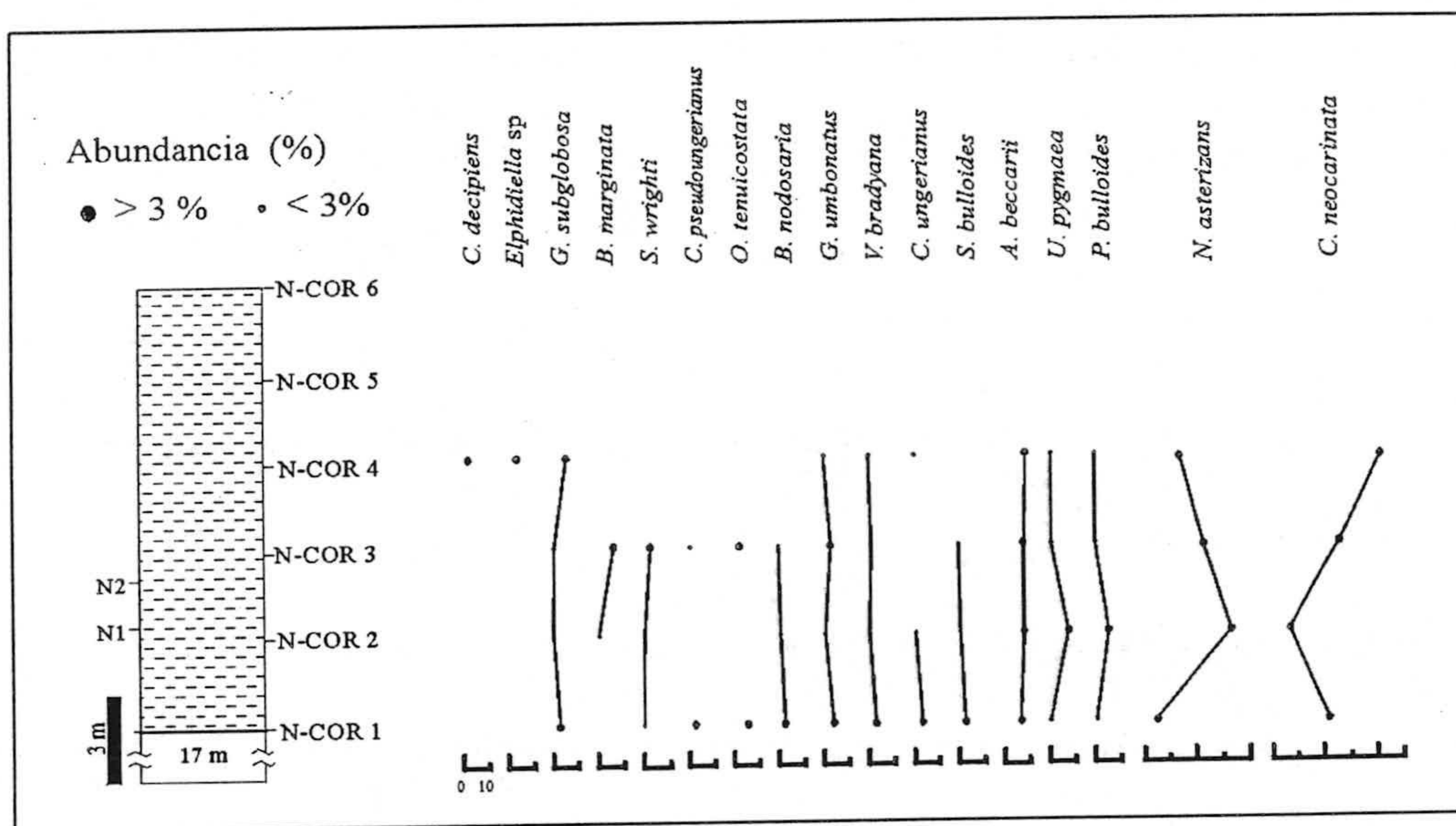


Figura 6.3.- Distribución de abundancia de especies de foraminíferos bentónicos en más del 3% de total de la asociación para cada muestra. También se indica la abundancia de estas especies representadas en menos del 3% en aquellas muestras en las que no son significativas. La escala horizontal es la misma para todos los casos.

El resto de las especies aparecen puntualmente y siempre representadas por porcentajes bajos. Se reconocen especies que sólo aparecen en la muestra de la base de la sección, tales como *Sphaeroidina bulloides*, *Cibicoides ungerianus*, *Valvulineria bradyana*, *Cibicoides pseudoungerianus* y el arenáceo *Bigenerina nodosaria*. Del mismo modo, se encuentran especies que aparecen al menos en dos muestras como,

Globocassidulina subglobosa (N-COR 1 y N-COR 4), *Orthomorphina tenuicostata* y *Gyroidinoides umbonatus* (N-COR 1 y N-COR 3). Dos especies pertenecientes a la familia Elphidiidae aparecen en la muestra N-COR 4.

Análisis estadísticos

Análisis Cluster

Un análisis cluster en modo Q ha permitido diferenciar tres agrupaciones de muestras, dos de las cuales incluyen tan sólo una muestra (Fig.6 4):

- Cluster A.- Incluye las muestras N-COR 2 y N-COR 3. La especie representativa de este cluster es *Nonion asterizans*, con una abundancia del 33,6%.
- Cluster B.- Contiene sólo la muestra N-COR 4, dominada por *Cassidulina neocarinata*, con el 41%. Además, esta muestra es la única que contiene especies de Elphidiidae.
- Cluster C.- Esta formado tan sólo por la muestra de la base de la sección, N-COR 1, dominada también por *Cassidulina neocarinata* (21%) y con el mayor índice de diversidad de toda la sección.

Del mismo modo, y manteniendo las mismas propiedades estadísticas, se ha realizado una análisis cluster en modo R. Mediante este análisis se han podido diferenciar 5 agrupaciones de especies (Fig. 6.5):

- Cluster I.- Compuesto por las especies *Criboelphidium decipiens*, *Elphidiella* sp, *Cassidulina neocarinata* y *Globocassidulina subglobosa*.
- Cluster II.- Representado por *Bulimina marginata* y *Spiroplectammina wrightii*.
- Cluster III.- Este es el que contiene mayor número de especies. Está dominado por *Cibicidoides pseudoungerianus*, *Orthomorphina tenuicostata*, *Bigenerina nodosaria*, *Gyroidinoides umbonatus*, *Valvulineria bradyana*, *Cibicidoides ungerianus* y *Sphaeroidina bulloides*.
- Cluster IV.- Representado únicamente por *Ammonia beccarii*.
- Cluster V.- Esta agrupación incluye las especies *Nonion asterizans*, *Uvigerina pygmaea* y *Pullenia bulloides*.

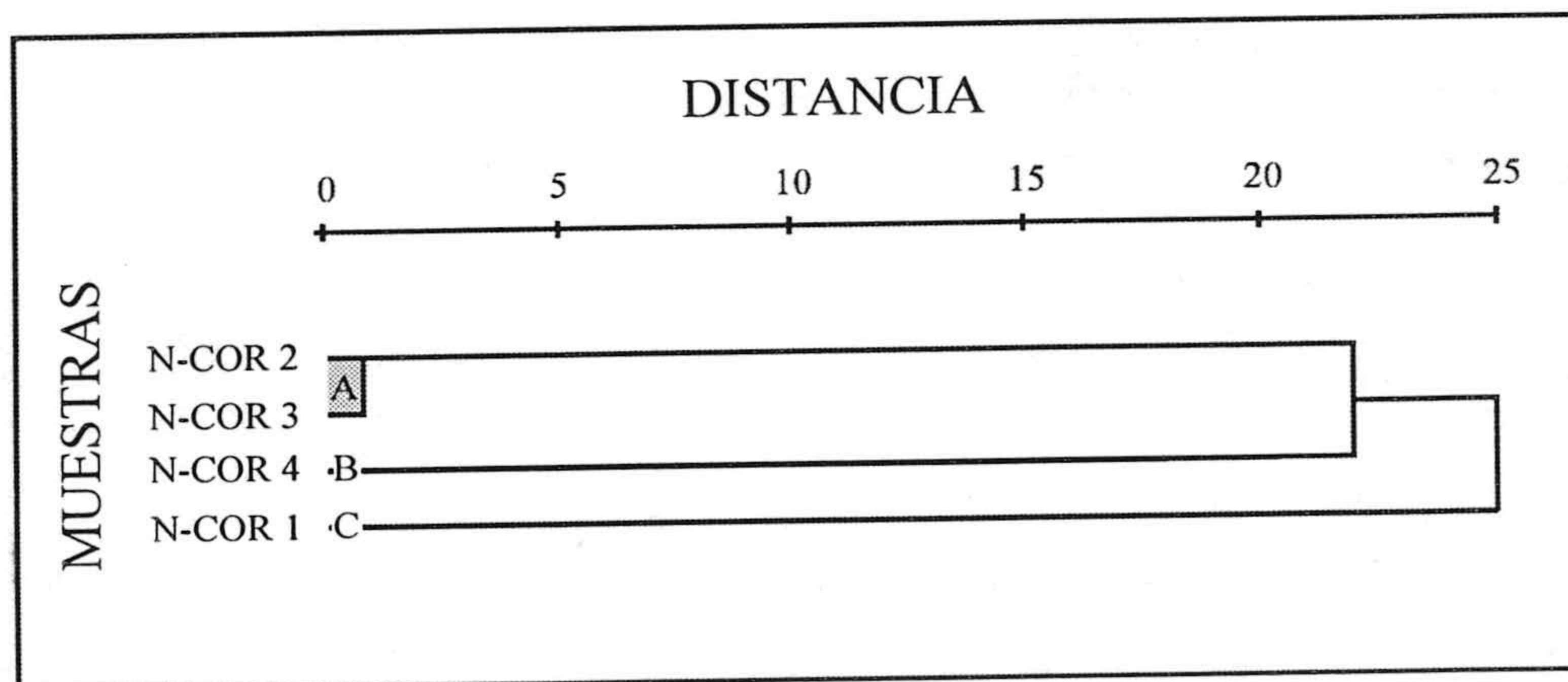


Figura 6.4.- Dendrograma de un análisis cluster en modo Q para las muestras de la sección Corralizas-Norte, utilizando el método de Ward y la distancia χ^2 . Tres agrupaciones han sido reconocidas, A, B y C.

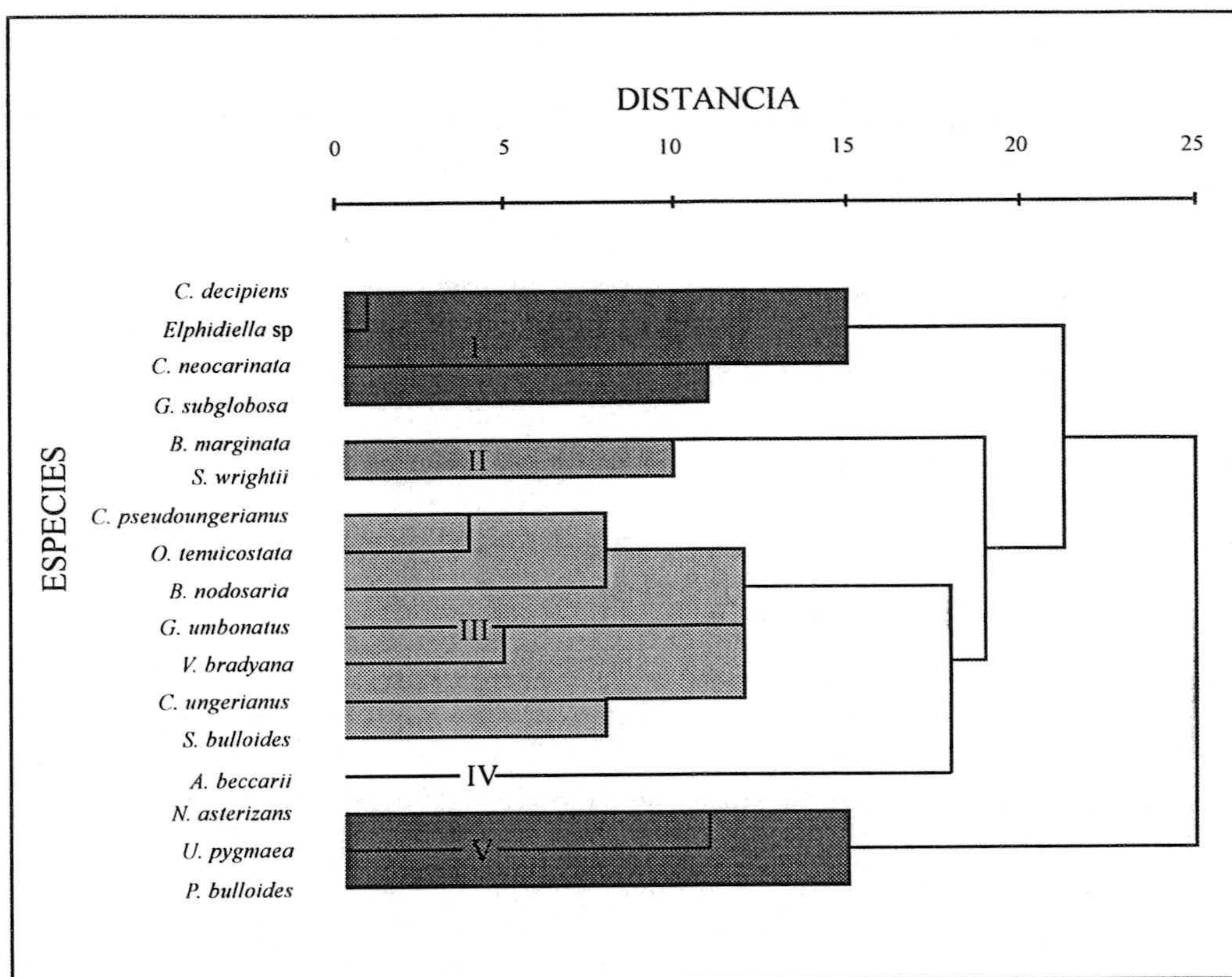


Figura 6.5.-Dendrograma obtenido en un análisis cluster en modo R que ha permitido reconocer cinco asociaciones de especies de foraminíferos bentónicos.

Discusión

Las variaciones en las asociaciones de especies de foraminíferos bentónicos reconocidos a lo largo de la sección Corralizas-Norte ponen de manifiesto un cambio en la profundidad del medio, ya que han sido identificadas especies que frecuentan ambientes neríticos internos en la muestra N-COR 4 (*Cibicoides decipiens* y *Elphidiella* sp), mientras que en la muestra N-COR 1 de la base de la sección las especies reconocidas indican un medio más distal (*Cibicoides* spp y *G. umbonatus*) (Katz y Thunel, 1984; Culver, 1988; Murray, 1991; Lagoe *et al.*, 1997; De Rijk *et al.*,

1999; Sen Gupta, 1999). Esta diferenciación ha sido reconocida también, en las agrupaciones de muestras obtenidas mediante un análisis cluster en modo Q. Así, la agrupación B representa la muestra N-COR 4, mientras que la agrupación C caracteriza la muestras N-COR 1.

En relación con ambas agrupaciones se han reconocido dos asociaciones de especies, asociaciones I y III. En la asociación I, que caracteriza la agrupación B, la especie dominante es *Cassidulina neocarinata* (Ver Lámina, Fig. 10). Esta especie es frecuente en ambientes profundos (de 100 a 500 metros), aunque su abundancia también está controlada por otra serie de factores ecológicos, tales como cantidad de oxígeno, flujos de materia orgánica, energía, tipo de substrato, etc. (Schmiedl *et al.*, 1997; Martins y Carapito, 1999; Gupta, 1999). En esta asociación *C. neocarinata* va acompañada por dos especies pertenecientes a la familia Elphidiidae (*Criboelphidium decipiens* y *Elphidiella* sp), y de *Globocassidulina subglobosa*. En primer lugar, la presencia de *C. decipiens* y *Elphidiella* sp indica un medio de plataforma media-interna (Culver, 1988; Zellers, 1990; Murray, 1991; Lagoe *et al.*, 1997; Sen Gupta, 1999; Lloyd, 2000), coherente con los valores de la relación plantónicos/bentónicos (P/P+B) bajos (5%), colonizado por algas (Todd, 1958; Van der Zwaan, 1983; Jorissen, 1987; Seidenkrantz *et al.*, 2000). En segundo lugar, la presencia de *Globocassidulina subglobosa*, especie infaunica profunda tolerante a cambios en los niveles de oxigenación en las aguas intersticiales, está relacionado con el tipo de substrato, el cual suele ser limoso o margoso, y suele abundar en medios desfavorables para el resto de la especies. Esto, junto a la presencia de *C. neocarinata* y los valores tan bajos en el número de especies en la muestra N-COR 4, ponen de manifiesto que el medio no fue muy favorable para el desarrollo de las poblaciones bentónicas. Estas condiciones a las que se hace referencia pueden estar relacionadas con el avance del delta Abrijoja y

posibles influencias de aguas continentales, las cuales incrementan, por un lado, la tasa de sedimentación y, por otro, la entrada de partículas orgánicas. En ambos casos, se crean fondos disaeróbicos que explicarían la existencia de estas especies tolerantes al déficit de oxígeno en la columna de sedimento. Sin embargo, este medio no permitiría el desarrollo de especies epifíticas, lo que cabría pensar que la aparición de estas especies tendría lugar durante periodos de inactividad deltaica.

A diferencia de la asociación anterior, la asociación III que caracteriza la agrupación C, está constituida por un gran número de especies. Entre ellas, cabe destacar el predominio de taxones con una morfología trocoespiralada (planoconvexa y biconvexa) y algunos biseriados, y con un microhábitat epifaunico. Algunos de los géneros que se reconocen en esta asociación generalmente aparecen en los ambientes más distales de la plataforma, como por ejemplo *Cibicidoides* y *Gyroidinoides*, ambos considerados como especies batiales (Katz y Thunell, 1984; De Rijk *et al.*, 1999). Sin embargo, su aparición en ambientes de plataforma puede estar relacionada con la presencia de partículas alimenticias o la oxigenación del medio (Jorissen, 1999; De Rijk *et al.*, 1999). La proporción relativamente baja de foraminíferos planctónicos en relación con esta asociación, unida a una diversidad relativa baja, indica que se trata de una región de la plataforma no demasiado profunda. A su vez, la presencia de tempestitas distales reconocidas en la sección situada por encima de la muestra N-COR 1 apoya la idea de que se trata de una plataforma externa por debajo del nivel de base del oleaje de tormentas. La existencia de especies poco tolerantes a bajas concentraciones de oxígeno disuelto en las aguas, como *Cibicidoides ungerianus* y *C. pseudoungerianus* (Van der Zwaan, 1982; Kaiho, 1994, 1999; Den Dulk *et al.*, 1998; Seidenkrantz *et al.*, 2000), junto con el dominio del microhábitat epifaunico y la ausencia total de especies oportunistas, pone de manifiesto que ese medio debía de estar

bien oxigenado. Además, la mayoría de las especies de esta agrupación son especies típicas de fondos oligotróficos y cálidos (Van der Zwaan, 1982; Katz y Thuell, 1984; Van Morkhoven *et al.*, 1986; Murray, 1991).

La agrupación A está dominada por *Nonion asterizans* (Ver Lámina, Fig-5), especie infaunica profunda que muestra un cierto carácter oportunista (Yanko *et al.*, 1999 en Sen Gupta, 1999). *N. asterizans* ha sido reconocido en sedimentos con muy bajo contenido en oxígeno, e incluso se ha observado que es capaz de resistir eventos de anoxia (Moodley *et al.*, 1998), ya que presenta una serie de adaptaciones que le permiten sobrevivir en estas condiciones (Sen Gupta y Machain-Castillo, 1993). Es, por tanto, un organismo capaz de tolerar importantes fluctuaciones ambientales, incluso medios altamente contaminados como ocurre en la actualidad en el Océano Indico (Murray, 1991; Yanko *et al.*, 1999). A pesar de que su distribución no está regida directamente por el rango batimétrico, el cual es bastante extenso (de 0 hasta 900 m), su mayor abundancia se localiza en ambientes de plataforma interna (Murray, 1991; Sen Gupta, 1999). Dos asociaciones de foraminíferos bentónicos, asociaciones II y V, constituyen esta agrupación. Ambas están formadas por especies oportunistas capaces de tolerar bajo contenido en oxígeno, como son *Brizalina dilatata* y *Nonion asterizans*, (Murray, 1991; Van der Zwaan y Jorissen, 1992; Sen Gupta y Machain-Castillo, 1993; De Rijk *et al.*, 1999) con microhábitat infaunico (Corliss, 1985; Corliss y Chen, 1988). Estas asociaciones de la agrupación A están representando un medio con frecuentes flujos de materia orgánica al fondo que provocan el descenso de los niveles de oxígeno. Este flujo de materia orgánica puede proceder bien del continente a través de los aportes del delta, o también de corrientes superficiales procedentes de los centros de “upwellings” localizados en áreas más distales. Los valores obtenidos en la relación P/P+B para las muestras de la agrupación A (<40% en N-COR 2 y 18% en N-COR 3),

representan porcentajes normales para un ambiente de plataforma (por ejemplo, Gibson, 1989). Por el contrario la existencia de medios con alta productividad primaria provoca un incremento en las comunidades planctónicas, aspecto no reconocido en dichas muestras. Por tanto, la entrada de partículas orgánicas de origen continental parece ser el proceso más plausible para explicar esta asociación compuesta de especies oportunistas.

Finalmente, se puede reconocer la asociación IV, representada únicamente por *Ammonia beccarii* (Ver Lámina, Fig. 13). En este caso la aparición de esta especie no corresponde con ninguna de las agrupaciones diferenciadas, ya que, como se puede observar en la gráfica de abundancia, su distribución es continua a lo largo de toda la sección y siempre con un porcentaje muy similar, inferior al 10%. *A. beccarii* se caracteriza por ser una especie frecuente en áreas someras, además de por ser eurihalina (Kafescioglu, 1975; Murray, 1991; Brunner y Culver, 1992; Culver y Snedd, 1996; Holcová, 1996; Debenay *et al.*, 1998; Sen Gupta, 1999; Alve y Murray, 1999) y poseer un carácter oportunista (Yanko *et al.*, 1999). Es por ello que aparece en todas las muestras estudiadas, aunque nunca de manera dominante, lo que indica que en este caso el rango batimétrico no es el factor limitante que determina su distribución.

En resumen, las asociaciones de especies de foraminíferos bentónicos identificadas en la sección Corralizas-N han permitido reconocer una somerización desde la base de la sección hasta el techo de la misma, pasando de una asociación típica de medios de plataforma externa, con *Gyroidinoides* spp y *Cibicidoides* spp, por debajo del nivel de base del oleaje de tormentas, a una plataforma media-interna, representada por especies de la familia Elphidiidae. Además de la somerización, hacia techo también se infiere un continuo aporte de partículas orgánicas procedentes del continente que favoreció la formación de fondos ligeramente empobrecidos en oxígeno. Ya en el techo

de la sección, la presencia de especies con estrategias epifíticas apunta a un substrato constituido por algas que se formarían durante periodos de parada deltáica.

Capítulo 7. Las Corralizas

Sección Las Corralizas

Esta sección se encuentra situada al S de la sección Corralizas-N (Fig. 7.1). A ella se accede siguiendo la rambla Cañada de Valzaga, desde el carril de acceso a las Cuevas de los Juanorros.

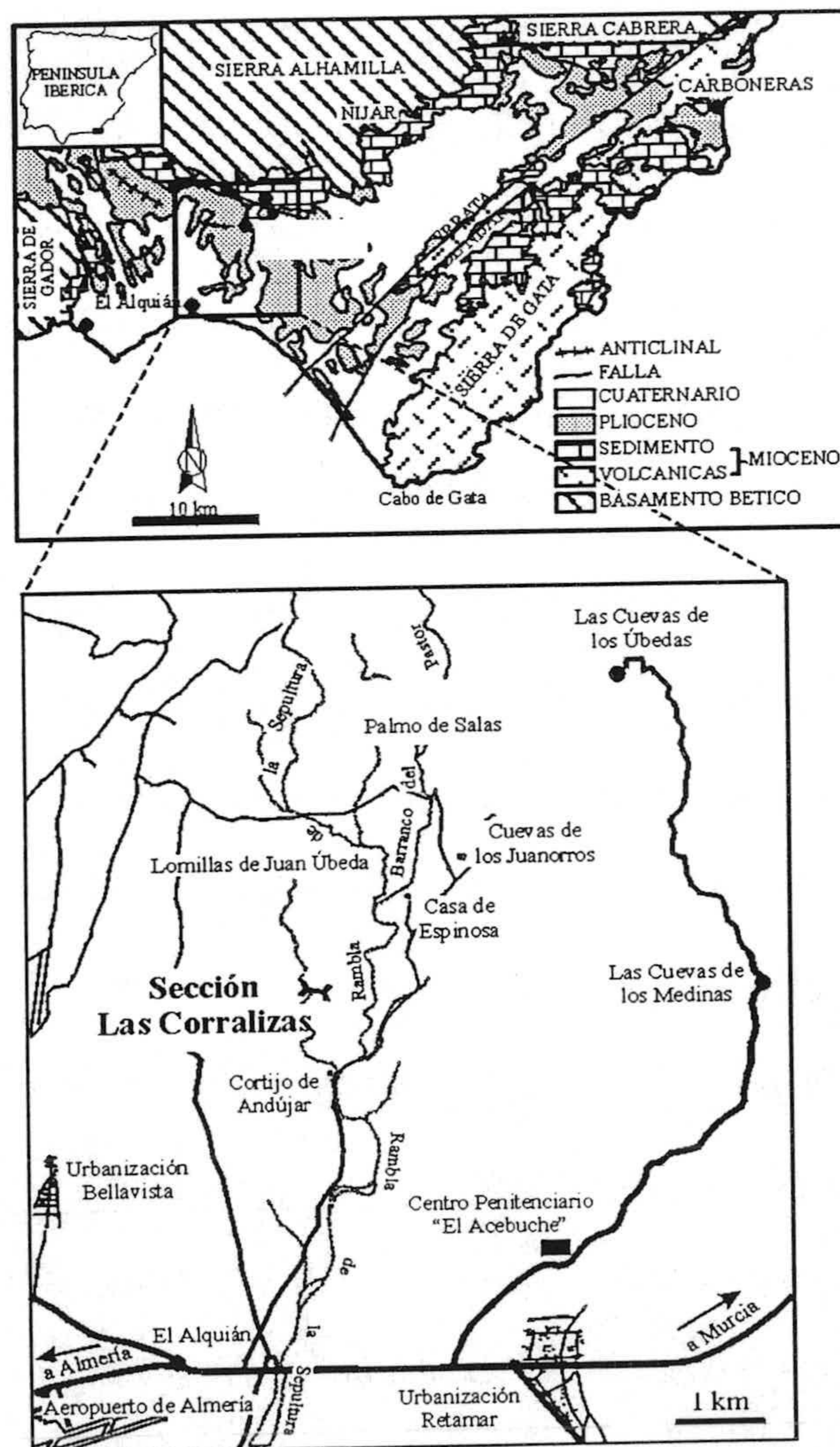


Figura 7.1.- Mapa geológico de las cuencas de Almería-Níjar y Carboneras. También, se indica la localización de la sección Las Corralizas.

Descripción

La Unidad I en la sección Corralizas presentan un potencia de 35 m y se caracteriza por una transición gradual de limos verdosos en la base a arenas medias de color amarillento en el techo. El carácter micáceo de los sedimentos, al igual que la intensidad de bioturbación, aumenta hacia el techo.

En la base de la serie se puede observar una capa de concentración de glauconita con un espesor de 1,25 m constituida, principalmente, por granos de glauconita incluidos en una matriz limosa de color verdoso-amarillento. El contacto basal de esta capa es neto mientras que el techo es gradual, caracterizado por la disminución progresiva de granos de glauconita. Dentro de esta capa se intercalan tres niveles de acumulación de fósiles.

Intercalados en esta unidad se reconocen hasta 17 niveles de acumulación de fósiles (N-1 a N-17 de la Fig. Sección), que son interpretados como tempestitas distales (Aguirre, 1995, 1998). Los niveles presentan los siguientes componentes comunes: conchas de bivalvos (*Amusium cristatum* mayoritariamente, ostreidos, *Chlamys* y *Pecten*), moldes de bivalvos, fragmentos de equinodermos, gasterópodos, y *Ditrupa*. En uno de ellos (Nivel N-1), se reconocen, además, restos de huesos de vertebrados, posiblemente de cetáceos. Otro componente muy frecuente tanto en los niveles fosilíferos como a lo largo de toda la sección son foraminíferos bentónicos de gran tamaño pertenecientes a los géneros *Lenticulina* y *Nodosaria*. Cantos de cuarcita, dolomía y esquisto de tamaño centimétrico también están presentes en los niveles fosilíferos. Tan sólo dos niveles de acumulación de la parte alta de la serie se

diferencian de los demás por el contenido faunístico; están constituidos casi exclusivamente por *Chlamys seniensis* y *Ditrupa*.

Los horizontes fosilíferos son de espesor variable, entre 10 y 40 cm, algunos de ellos presentan muros irregulares, como son los niveles de la base de la serie, aunque en otros este contacto es gradual, como los observados en la parte media. Estos niveles pueden continuarse lateralmente centenares de metros en el área de estudio.

Además de los niveles fosilíferos también se intercala un paquete de arenisca de color anaranjado, con características similares a los niveles reconocidos en el segundo tramo de la sección Lomillas de Juan Úbeda. Su potencia es de 40 cm, tiene muro y techo irregular y litológicamente está constituido por arenas medias muy cementadas de color anaranjado. No contiene restos fósiles reconocibles.

Resultados

Como en el resto de las secciones, se ha calculado la relación de foraminíferos planctónicos con respecto al total de la asociación (P/P+B) y los distintos índices de diversidad comentados en el capítulo de Metodología. Las muestras COR-9 y COR-15 han sido excluidas de los análisis estadísticos por presentar una cantidad de foraminíferos bentónicos y planctónicos inferior a 300 individuos. Al igual que se comentó en la sección Corralizas-N, también han sido eliminadas de los análisis las muestras de la capa de glauconita, que serán tratadas en el capítulo correspondiente.

La relación planctónicos/bentónicos presenta un predominio de los bentónicos sobre los planctónicos a lo largo de toda la sección. La curva obtenida muestra un descenso progresivo hacia la parte alta de la sección. El valor máximo es alcanzado en la muestra COR-6, con un 43%. Por el contrario el valor mínimo (2%) se reconoce en la

muestra COR-13. Esta tendencia se ve interrumpida por el descenso significativo en la muestra COR-7.

El coeficiente de correlación de Spearman al nivel de significación del 10% pone de manifiesto que no hay una correlación entre los distintos parámetros de diversidad (Tabla 7.1).

	HETEROGENEIDAD	EQUITATIVIDAD	Nº SPP
HETEROGENEIDAD		0.335410	-0.564513
EQUITATIVIDAD	0.335410		-0.054882
Nº SPP	-0.564513	-0.054882	

Tabla 7.1.- Tabla de correlación de Spearman para los parámetros de Heterogeneidad, Equitatividad y Número de especies. La correlación es significativa al nivel de 0,01.

Los valores de S no experimentan grandes cambios a lo largo de la sección y siempre alcanzan valores elevados, por encima de 40 especies por muestra. Es la muestra COR-12, la que presenta el valor más bajo, con 35 especies.

Las curvas de la heterogeneidad y equitatividad son prácticamente constantes a lo largo de la sección, siempre alcanzando valores altos. No obstante, una pequeña diferencia se puede observar en la muestra COR-12, donde la heterogeneidad varía ligeramente hacia valores más bajos y la equitatividad hacia valores más altos.

Por último la relación arenáceos/hialinos no presenta cambios significativos. Los valores en esta relación son muy bajos, siempre por debajo del 4,3%.

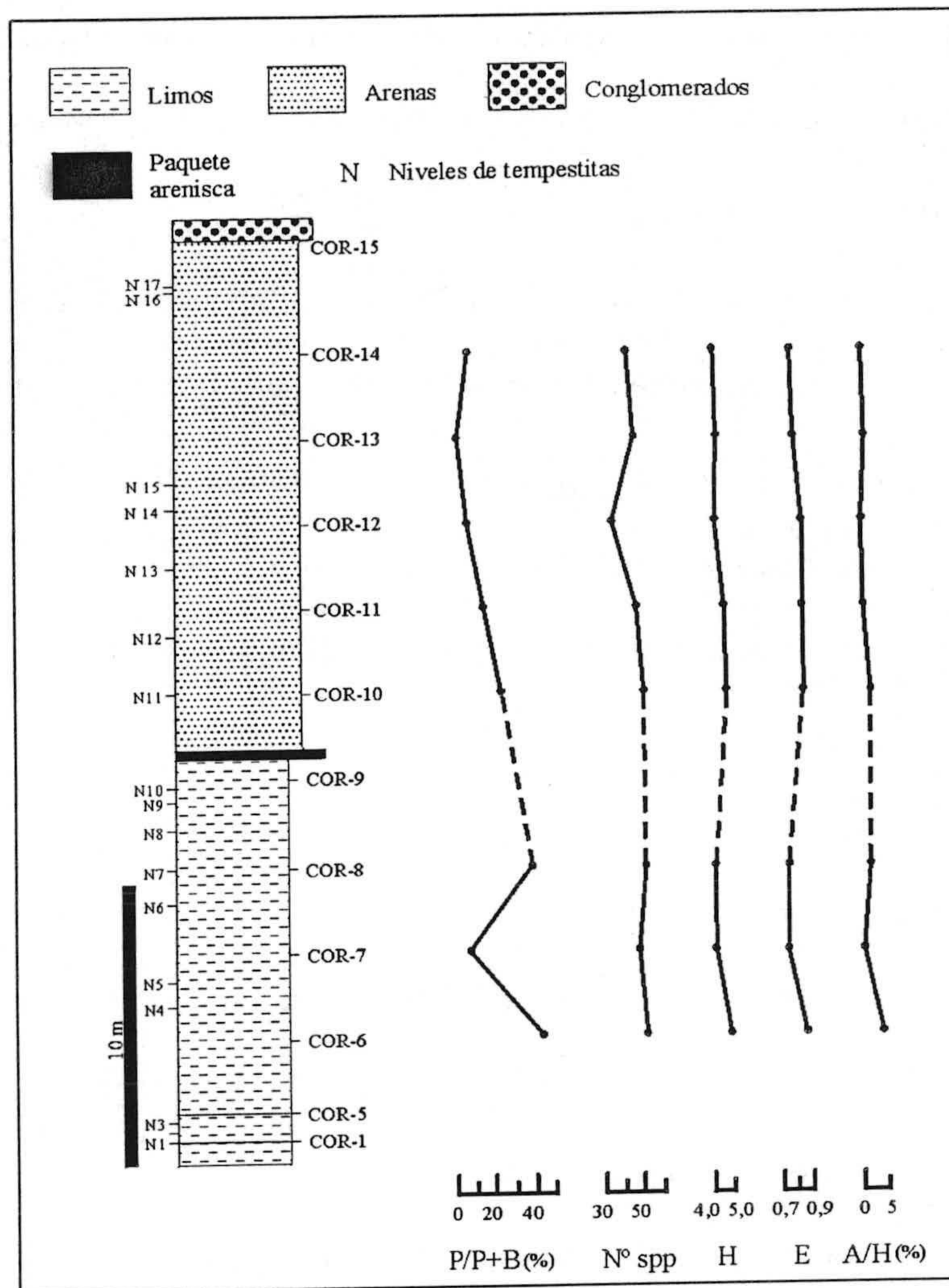


Figura 7.3.- Columna estratigráfica de la sección Corralizas donde se señala el punto de recogida de cada una de las muestras estudiadas. Las muestras COR-9 y COR-15 han sido excluidos de los análisis por sus escasez en cuanto a restos de foraminíferos se refiere. También se representan diversas curvas correspondientes; a la relación planctónicos/bentónicos (P/P+B), el número de especies, el índice de Shannon-Wiener (H), el índice de Ecuatividad (E) y la relación arenaos/hialinos (A/H).

Asociaciones de foraminíferos bentónicos

Se han identificado un total de 29 especies de foraminíferos bentónicos en las 10

muestras recogidas en la sección Corralizas. Las asociaciones obtenidas muestran un predominio de especies pertenecientes al orden Rotaliida, tan sólo una especie corresponde al orden Textulariida.

Observando la tabla de distribución de especies representadas por aquellas que tienen $\geq 3\%$, (Fig. 7.2) se pueden diferenciar tres patrones. El primero es una distribución continua a lo largo de toda la sección, como es el caso de las especies *Nonion asterizans*, *Cassidulina neocarinata* y *Hanzawaia boueana*. La distribución de *Nonion asterizans* muestra una tendencia de valores máximos y mínimos en la mitad inferior de la sección, que hacia techo pasa a ser homogénea, con un incremento en la muestra COR-14. Por el contrario, la distribución de *Cassidulina neocarinata* y *Hanzawaia boueana* presentan una tendencia homogénea en la mitad inferior de la sección y en zig-zag en la mitad superior. La tendencia seguida por estas dos especies es opuesta.

Un segundo patrón es el que presentan aquellas especies que restringen su distribución a un tramo de la sección concreto. Es el caso de *Hopkinsina bononiensis*, que presenta su mayor porcentaje de abundancia entre las muestras COR-8 y COR-11. *Bulimina* sp muestra una distribución más continua en el tramo arenoso de la sección. Por último, *Valvulineria bradyana* muestra una distribución uniforme hacia la parte media de la sección.

Finalmente, el tercer patrón se refiere a especies que presentan apariciones puntuales a lo largo de la sección, como es el caso de *Bolivina pseudoplicata*, *Globocassidulina subglobosa*, *Lenticulina calcar*, *Cibicidoides molacus*, *Bulimina basispinosa*, *Gyroidinoides umbonatus*, entre otras. Este patrón ha permitido observar un reemplazamiento de especies a lo largo de la sección de Corralizas.

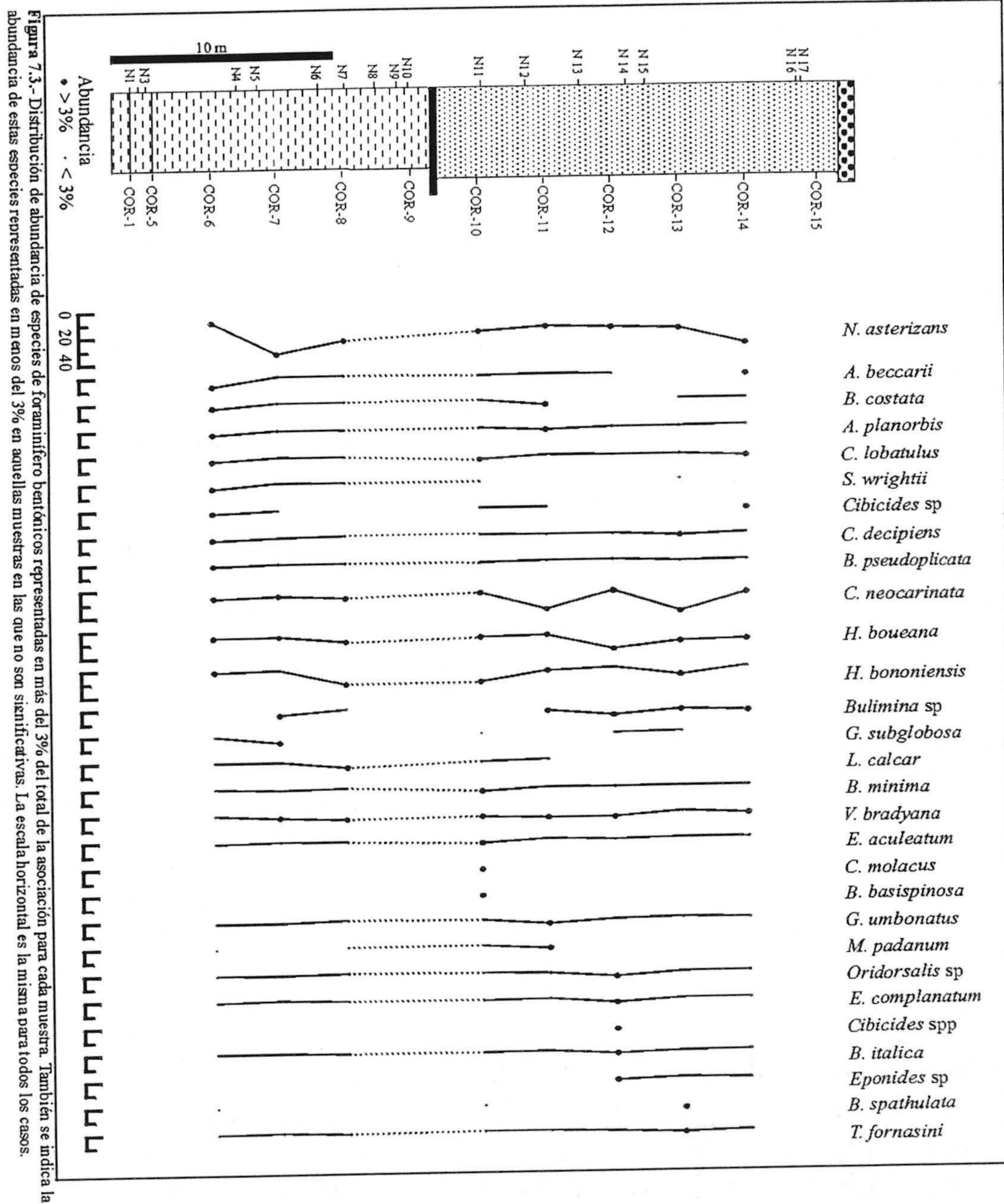


Figura 7.3.- Distribución de abundancia de especies de foraminífero bentónicos representadas en más del 3% del total de la asociación para cada muestra. También se indica la abundancia de estas especies representadas en menos del 3% en aquellas muestras en las que no son significativas. La escala horizontal es la misma para todos los casos.

Análisis estadísticos

Análisis cluster

Un análisis cluster en modo Q ha permitido diferenciar 4 agrupaciones diferentes:

- Cluster A.- Este cluster engloba dos muestras situadas en la parte central de la sección, COR-8 y COR-10. La especie dominante es *Nonion asterizans*, con una abundancia del 24,3%.
- Cluster B.- Incluye las muestras COR-11 y COR-13, las cuales están compuestas por un gran número de especies, de las cuales *Cassidulina neocarinata* es la característica de este cluster, con el 20% de abundancia.
- Cluster C.- Este cluster está formado por una única muestra, COR-6, representado por *Nonion asterizans* (9,6%). Esta muestra es la que más especies incluye y los porcentajes que representan cada una de ellas son muy parecidos y con valores bajos.
- Cluster D.- Este cluster es el que más muestras incluye. La especie más abundante es *Nonion asterizans* (34,3%). *Cassidulina neocarinata* y *Hanzawaia boueana* son especies que comparten las muestras que incluyen este cluster.

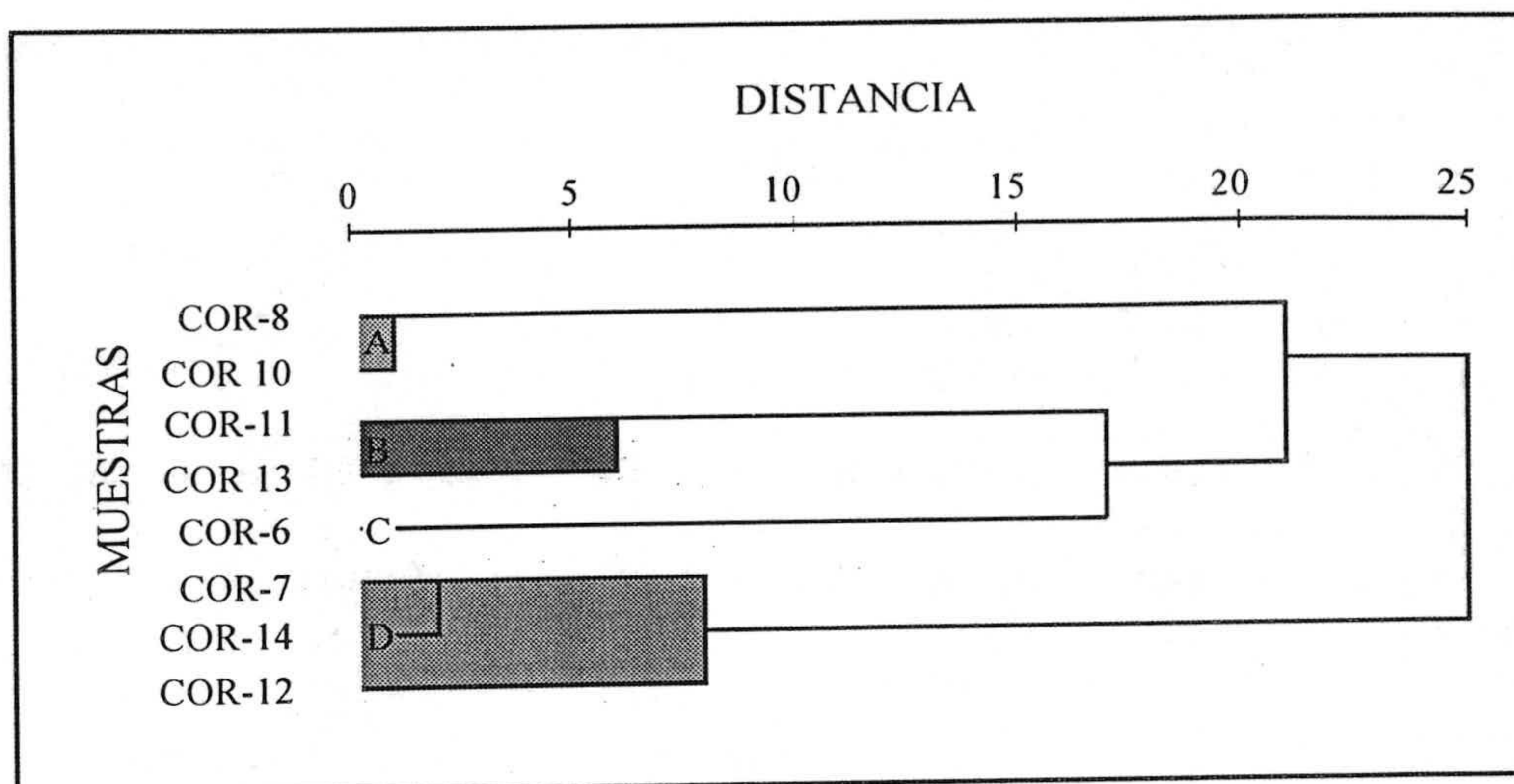


Figura 7.4.- Dendrograma obtenido en un análisis cluster usando el método de Ward y la distancia χ^2 , teniendo como resultando cuatro agrupaciones de muestras.

Un análisis cluster en modo R diferencia cinco agrupaciones:

- Cluster I.- La asociación de foraminíferos bentónicos que forma este cluster está constituido por cinco especies, aunque la dominante es *Hopkinsina bononiensis*, con un 11,6% de abundancia en la muestra COR-10.
- Cluster II.- Como se puede observar en la figura, es el cluster que más especies incluye. Dentro de este, *A. beccarii* es la especie dominante, con el 8,6% de abundancia. Otras especies secundarias son *C. lobatulus*, *E. aculeatum*, *B. pseudoplicata*, *C. decipiens* y *G. subglobosa*.
- Cluster III.- Representado por la especie *C. neocarinata* que alcanza el 29% en la muestra COR-13. Géneros como *Melonis*, *Brizalina*, y *Gyroidinoides* también forman parte de la asociación.

- Cluster IV.- Está dominado por *Bulimina* sp junto con *Elphidium* sp y *Cibicides* spp.
- Cluster V.- *Nonion asterizans* es el taxón que mayor abundancia presenta en relación al resto de la asociación. Este cluster incluye géneros que no habían aparecido en ninguna de las otras agrupaciones *Valvulineria*, *Oridorsalis*, *Hanzawaia* y *Trifarina*.

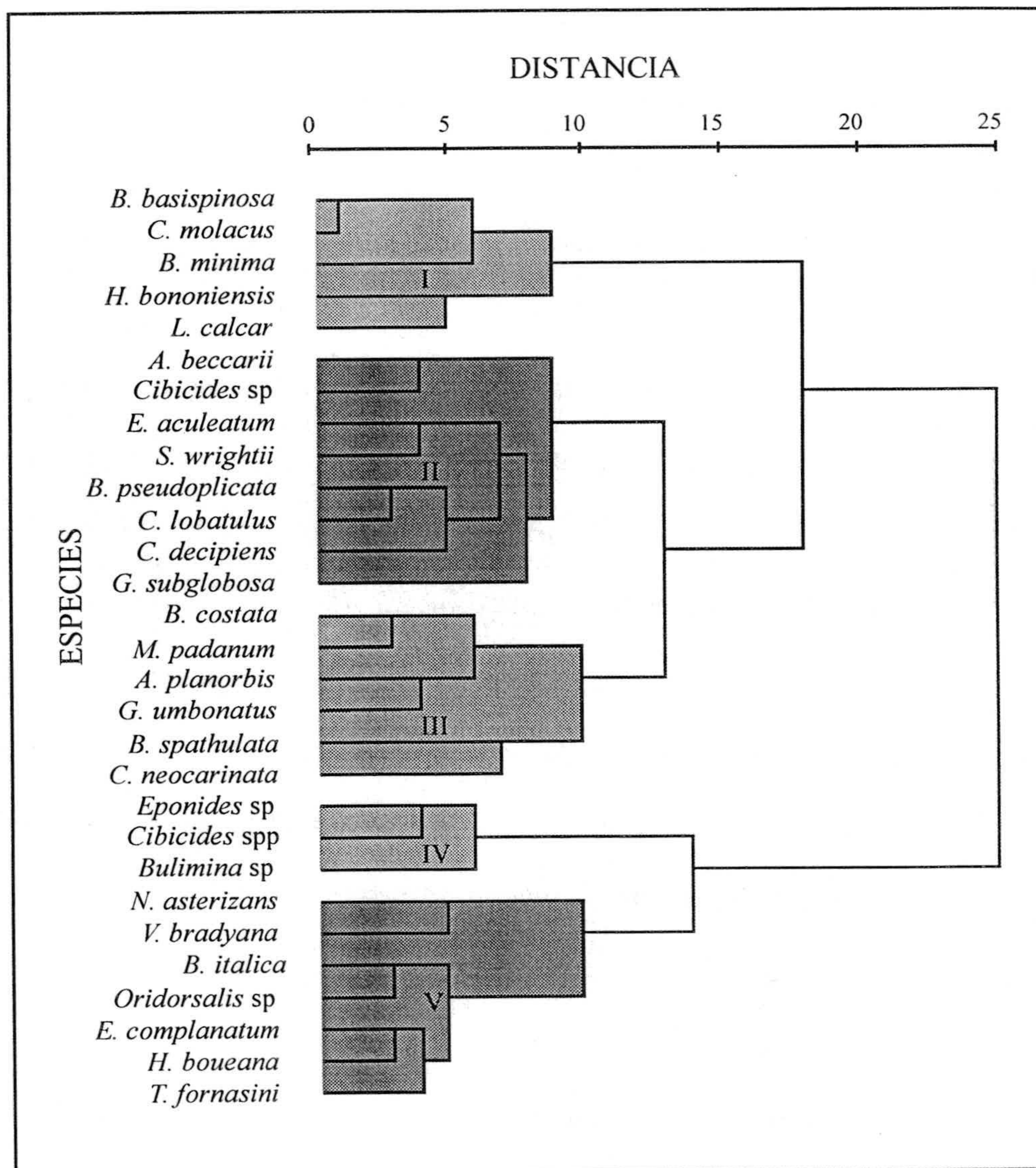


Figura 7.5.- Dendrograma resultante en un análisis cluster en modo R, donde se han diferenciado cinco asociaciones de especies de foraminíferos bentónicos.

Discusión

La gran mayoría de los taxones a lo largo de la sección Corralizas son característicos de ambientes de plataforma media-interna (*Nonion asterizans*, *Ammonia beccarii*, *Elphidium* spp, *Cibicides lobatulus*) de ahí que no sea posible reconocer ningún patrón de cambio en la paleobatimetría. De este modo, la presencia de otras especies que son más frecuentes en medios más distales (*Gyroidinoides umbonatus*, *Melonis padamun*, *Eponides* sp) parece estar ligada con otros condicionantes.

Tres de las agrupaciones diferenciadas por el análisis cluster en modo Q, clusters A, C y D, están dominadas por *N. asterizans* (Ver Lámina. Fig. 5), mientras que la restante, cluster B, está dominada por *C. neocarinata* (Ver Lámina, Fig. 10). El predominio de *N. asterizans* en la mayoría de las muestras, indica el carácter somero de casi la totalidad de la sección, ya que la mayor abundancia de esta especie se da en las zonas más someras (Murray, 1991). Sin embargo, la presencia de *C. neocarinata* no parece estar relacionada con su rango batimétrico, el cual se extiende hasta las partes más distales de la plataforma (Mullins *et al.*, 1985). El predominio de esta especie podría estar relacionado con la existencia de materia orgánica en el sedimento y unas condiciones disaeróbicas ($\geq 0,5$ ml/L O₂) (Mullins *et al.*, 1985; Sen Gupta y Machain-Castillo, 1993; Martins y Carapito, 1999)

Asimismo, un análisis cluster en modo R, ha permitido diferenciar varias asociaciones de especies que aportan más información acerca de los factores ecológicos reinantes en el medio.

Las asociaciones I, III y V se caracterizan por estar constituidas por taxones epifaunicos e infaunicos. Según Jorissen (1999a) este tipo de asociación es frecuente en medios con un contenido de oxígeno normal y flujos de materia orgánica moderados (es un medio conocido como mesotrófico). Unas condiciones muy similares se pueden reconocer en medios sometidos a una alta tasa de sedimentación, que condicionaría una estratificación dentro de la columna de sedimento y, por tanto, una diferenciación en el microhábitat de los foraminíferos bentónicos. Por un lado, se reconocen los taxones infaunicos, representados por especies tolerantes a una disminución en el contenido de oxígeno disuelto, como *Hopkinsina bononiensis*, *Bulimina basispinosa* y *B. mímina*, en el caso de la asociación I, o *Trifarina formasini*, *Nonion asterizans* y *Valvulineria bradyana*, en la V (Van der Zwaan y Jorissen, 1991; Murray, 1991; Sen Gupta y Machain-Castillo, 1993; Kuhnt *et al.*, 1999). Sin embargo, las especies que constituyen la asociación III, son taxones tolerantes a un déficit de oxígeno en medios con un alto flujo de partículas orgánicas, como, por ejemplo, *Cassidulina neocarinata*, *Gyroidinoides umbonatus* (Ver Lámina, Fig.7) y *Melonis padanum* (Caralp, 1989; Smart *et al.*, 1994; De Rijk *et al.*, 1999). Esto pone de manifiesto, que junto al aporte de sedimento que se produce debido a la activación del delta, también se incorporan partículas orgánicas, que serán rápidamente enterradas y, por tanto, aprovechadas por los organismos infaunicos.

A diferencia del resto, la interfase agua-sedimento se caracteriza por estar bien oxigenada. En este caso, especies como *Cibicidoides molacus* y *Lenticulina calcar* (ver Lámina, Fig. 14), en la asociación I, u *Oridorsalis* sp (Ver Lámina, Fig. 11) y *Elphidium complanatum*, en la asociación V, constituyen los taxones de microhábitat epifaunico. En el caso de la asociación III, la presencia de una especie epifítica, como es

Asterigerinata planorbis, sugiere que el medio además de estar bien oxigenado debía estar cubierto por algas (Murray, 1991; Langer, 1993).

La asociación II, a diferencia del resto de las asociaciones, está dominada por especies con un hábitat epifaunico, además de ser especies que caracterizan los medios más cercanos a costa. Este es el caso de las distintas especies de la familia Elphidiidae y del género *Cibicides*, los cuales pueden indicar una profundidad de menos de 20-30 m (Lagoe *et al.*, 1997). Además, estas especies son consideradas como taxones epifíticos (Murray, 1963, 1991; Langer, 1993; Alve y Murray, 1999; Sen Gupta, 1999). En relación con los taxones de hábitat infaunico, cabe señalar el dominio de *Ammonia beccarii*, especie oportunista indicativa de medios someros (Kafescioglu, 1975; Murray, 1991; Brunner y Culver, 1992; Culver y Snedd, 1996; Debenay *et al.*, 1998; Sen Gupta, 1999), y de *Globocassidulina subglobosa*, especie infaunica profunda considerada cosmopolita (Denne y Sen Gupta, 1991). El conjunto de toda la asociación indica un medio somero influenciado por la reactivación periódica del delta. En periodos de no actividad se establecerían fondos oxigenados ricos en algas y asociados a ello la proliferación de formas epifíticas. Durante la actividad y, consecuencia de un incremento en la tasa de sedimentación (como se ha comentado anteriormente) en aportes de partículas alimenticias, se favorecería el incremento de los infaunicos.

Por último, la interpretación de la asociación IV es muy ambigua, ya que está constituida por tres taxones que no han podido ser identificados a nivel de especie.

En resumen, la sección Corralizas representa un medio de plataforma media-interna, aspecto que se ponen de manifiesto por la abundancia de especies típicas en estos ambientes, como *A. beccarii* (Ver Lámina, Fig.13), varias especies de *Elphidium* y *Cibicides*, etc. Este medio tan cercano a la costa se ve influenciado por los continuos aportes del delta, lo cual implica la entrada de sedimento, de partículas orgánicas y de

nutrientes a la cuenca. Este hecho explica la aparición de asociaciones compuestas por especies con microhábitat infaunico y epifaunico. Asimismo, los rasgos sedimentológicos (la presencia de niveles de acumulación de bioclastos desde la base hasta el techo de la sección) apoyan esta interpretación y apuntan hacia una somerización hacia la parte superior de la sección Corralizas (Aguirre, 1995, 1998).

Capítulo 8. El Acebuche

Sección El Acebuche

La sección El Acebuche se localiza en la parte más meridional del área de estudio, en la zona denominada Lomas del Estanque (Fig. 8.1). A ella se accede por la carretera local Al-V-1007 que se dirige hacia la Cueva de los Medina, tras pasar el Centro Penitenciario El Acebuche.

La ordenación de muestras es de techo a muro debido a la dificultad que suponía el muestreo desde la base por la homogeneidad del material y la presencia de derrubios.

Descripción

La potencia de la Unidad I en la sección El Acebuche es de 35 m. Esta unidad está representada por el cambio gradual de limos verdoso-amarillentos en la base a arena finas-medias de color anaranjado en el techo. A lo largo de toda la sección los sedimentos son muy micáceos y están muy bioturbados. En el tramo más limoso, la macrofauna está representada, fundamentalmente, por bivalvos, tales como *Amusium cristatum*, *Chlamys*, *Pecten*, *Flabellipecten* y *Neopycnodonte navicularis*, gasterópodos (*Epitonium*), braquiópodos (*Terebratula*), fragmentos de equinodermos, *Ditrupa* y foraminíferos bentónicos de gran tamaño pertenecientes a los géneros *Lenticulina* y *Nodosaria*. Todos estos restos se mantienen dispersos en el sedimento.

En el techo de la sección se intercala un nivel de acumulación de bioclastos, que tiene un espesor de 7 cm, interpretado como una tempestita distal (Aguirre, 1995, 1998). Contiene, fundamentalmente, *Amusium cristatum* y *Neopycnodonte navicularis*, junto

con fragmentos de equinodermos. Sobre este nivel de acumulación aflora el nivel de glauconita, de 30 cm de espesor, formado por granos de glauconita incluidos en una matriz arenosa y en el que se reconoce la misma fauna descrita anteriormente. Esta capa ha sido muestreada (muestra A-I) y será analizada en el capítulo dedicado al nivel de glauconita.

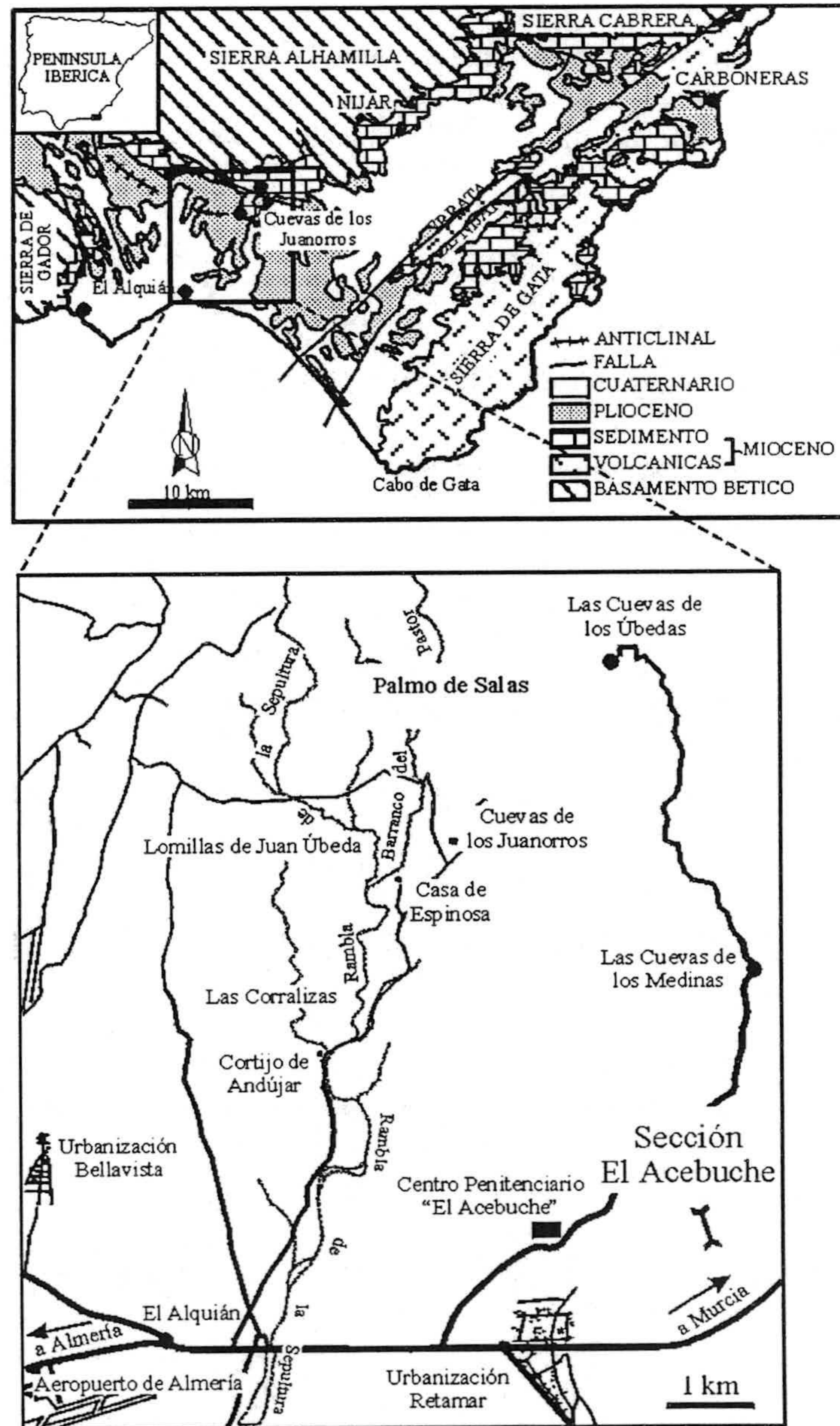


Figura 8.1.- Mapa geológico de las cuencas de Almería-Níjar y Carboneras. También, se indica la localización de la sección El Acebuche.

Resultados

El porcentaje en la relación planctónicos/bentónicos (P/P+B) muestra valores oscilantes y en sólo cinco muestras (ACEB-2, ACEB-9, ACEB-10, ACEB-13 y ACEB-16) la proporción de planctónicos es mayor a la de bentónicos. Según esta relación se pueden diferenciar dos tramos a lo largo de la sección. En el tramo inferior, comprendido desde ACEB-9 a ACEB-17, los valores P/P+B presentan importantes fluctuaciones. Los máximos se sitúan en las muestras ACEB-16 (62%), ACEB-13 (53%) y ACEB-9 (71%). El tramo superior, desde ACEB-9 a ACEB-2, muestra un descenso (hasta un mínimo en ACEB-6 de 6%) y ascenso gradual (hasta otro máximo en ACEB-2 de 50%), sin fluctuaciones como en el tramo inferior.

Las curvas que representan los diferentes índices de diversidad usados en este trabajo muestran tendencias similares a lo largo de la sección. Esta semejanza queda reflejada mediante el coeficiente de correlación de Spearman al nivel de significación del 1% (Tabla 8.1). Dentro de esta tendencia homogénea se pueden reconocer un mínimo (ACEB-17) y un máximo (ACEB-4).

	HETEROGENEIDAD	EQUITATIVIDAD	Nº SPP
HETEROGENEIDAD		0,960	0,855
EQUITATIVIDAD	0,960		0,699
Nº SPP	0,855	0,699	

Tabla 8.1.- Tabla de correlación de Spearman para los parámetros de Heterogeneidad, Equitatividad y el Nº de especies. La correlación es significativa al nivel de 0,01.

La relación arenáceos/hialinos presenta, en general, valores muy bajos, aunque estos pasan de ser constantes en la mitad inferior de la sección a oscilantes en la

superior. El máximo se reconoce en la muestra ACEB-9, donde se alcanza un 35% de formas de pared aglutinada.

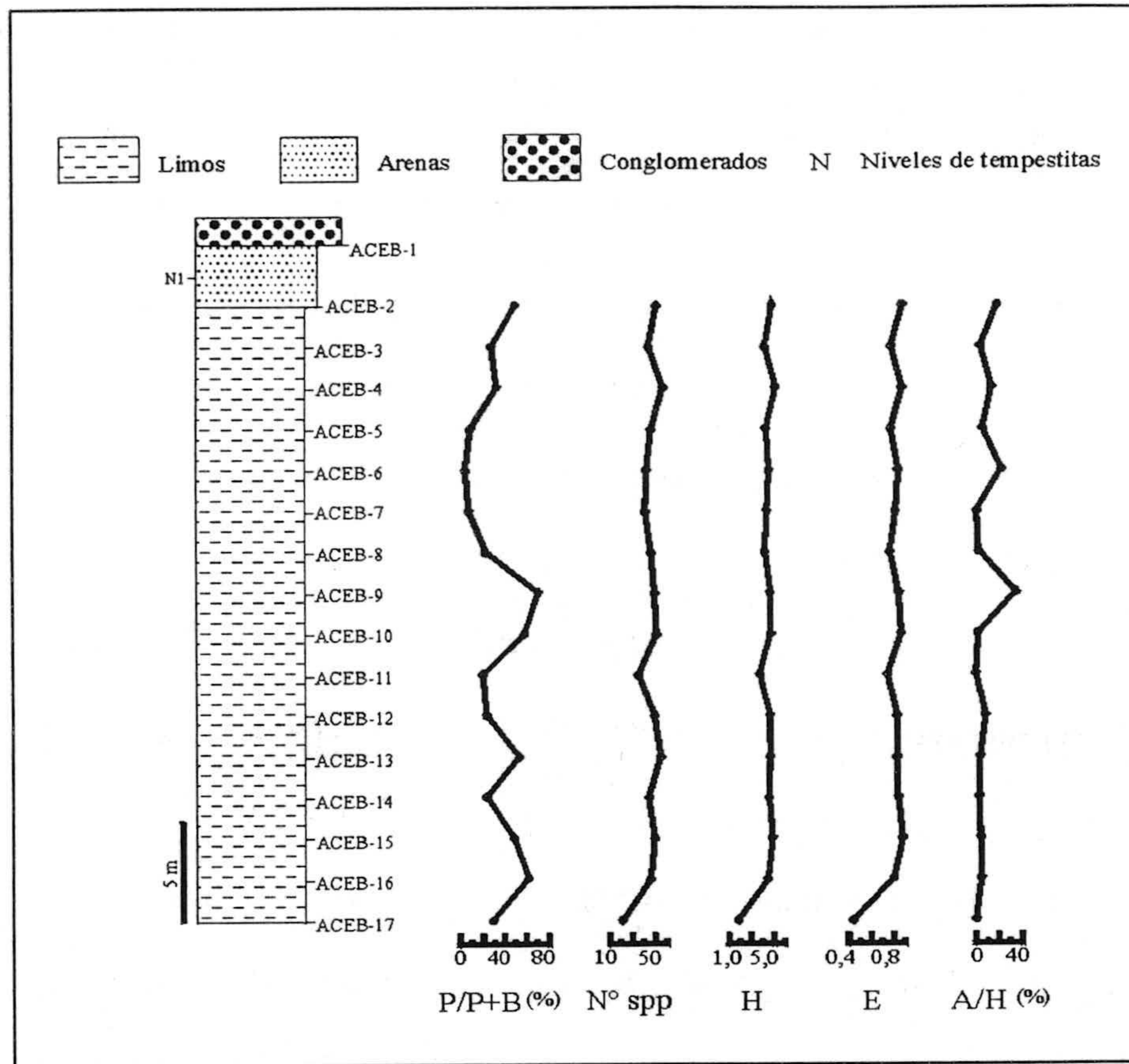


Figura 8.2.- Columna estratigráfica de la sección El Acebuche. En ella se señala la posición de cada una de las muestras recogidas, así como las curvas correspondientes a la relación planctónicos/bentónicos (P/P+B), el número de especies, el índice de Shannon-Wiener (H), el índice de Equitatividad (E) y, por último, la relación arenaeos/hialinos (A/H).

Asociación de foraminíferos bentónicos

Un total de 32 taxones constituyen el conjunto de especies representada por $\geq 3\%$ (Fig. 8.3). La distribución de especies a lo largo de la sección es variable, observándose que hay especies que aparecen homogéneamente distribuidas y otras que presentan apariciones puntuales. El primer caso se refiere a especies tales como *Nonion asterizans*, *Cibicidoides dutemplei*, *Marginulina costata*, *Ammonia beccarii* y *Uvigerina*

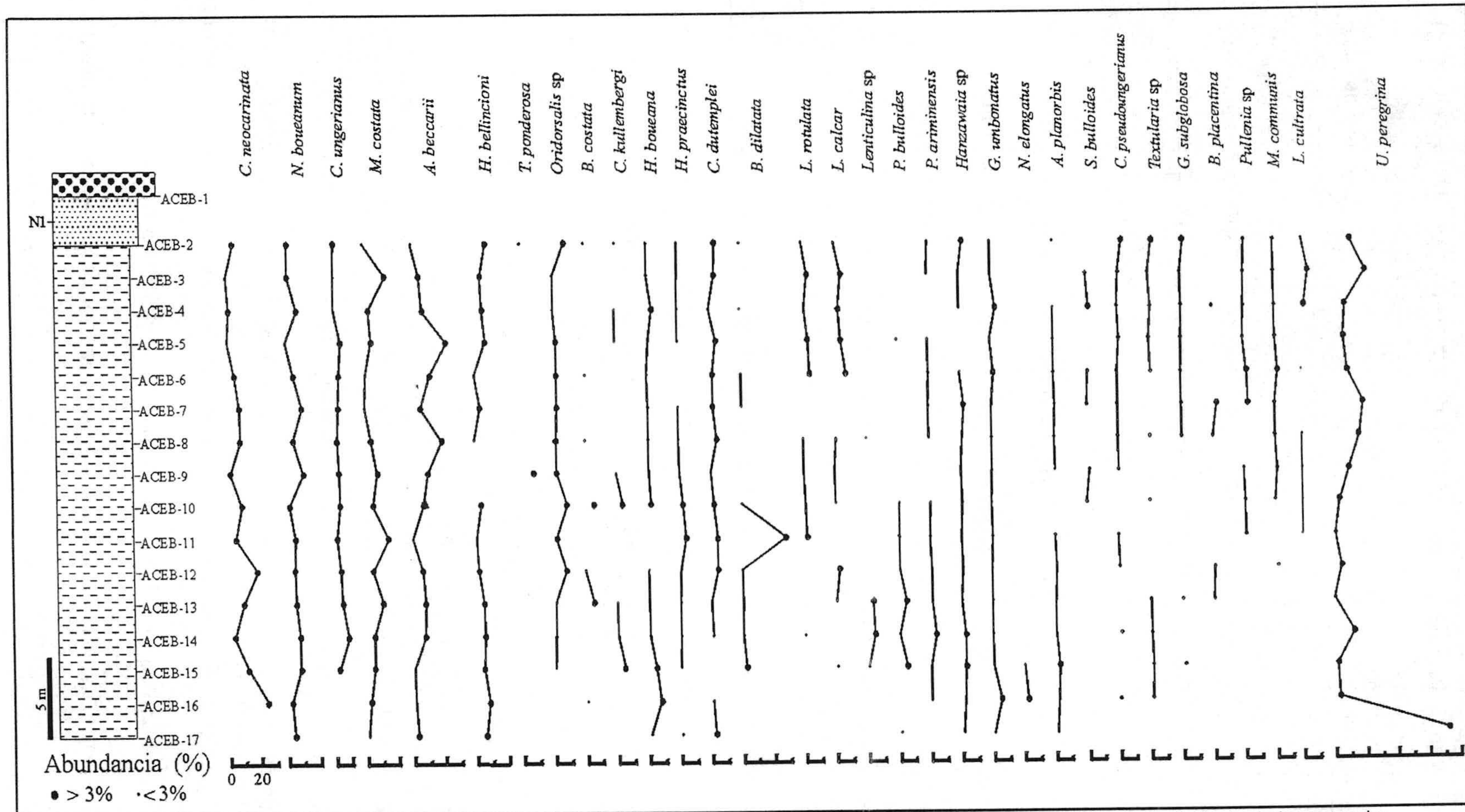


Figura 8.3.- Distribución de abundancia de especies de foraminífero bentónicos representadas en más del 3% del total de la asociación para cada muestra. También se indica la abundancia de estas especies representadas en menos del 3% en aquellas muestras en las que no son significativas. La escala horizontal es la misma para todos los casos.

peregrina. Por su parte, *Cassidulina neocarinata* muestra un patrón de distribución continuo desde la base de la sección, que hacia techo pasa a ser puntual. Generalmente, la distribución de abundancias de estas especies es oscilante. Cabe destacar la especie *Uvigerina peregrina*, la cual es más o menos frecuente en toda la sección y que presenta un máximo de abundancia en la base (72,3%). *Cibicidoides dutemplei* es el único caso que se mantiene constante en todas las muestras.

Con respecto a las especies que aparecen puntualmente se reconoce *Asterigerinata planorbis*, *Heterolepa bellincioni*, *Cibicidoides ungerianus*, *Oridorsalis* sp, *Nonion elongatus*, *Hanzawaia* sp, *Planulina ariminensis*, *Pullenia bulloides* y varias especies de *Lenticulina*. Estas especies aparecen hacia la parte baja de la sección y son reemplazadas hacia la mitad por *Hanzawaia boueana*, *Heterolepa praecincta*, *Cibicidoides kullebergi* y *Bulimina costata*. *Cibicidoides ungerianus* y *Oridorsalis* sp son especies limitadas a la parte central de la sección. En el tránsito de los limos a las arenas se reconocen algunas especies que habían aparecido anteriormente, junto con otras nuevas, como son *Lenticulina cultrata*, *Lenticulina rotulata*, *Cibicidoides dutemplei* y *Heterolepa bellincioni*.

Por último, señalar la existencia de tres especies que sólo se reconocen en el tramo arenoso: *Cibicidoides pseudoungerianus*, *Textularia* sp y *Globocassidulina subglobosa*.

Análisis estadísticos

Análisis Cluster

En primer lugar, un análisis cluster en modo Q ha permitido diferenciar cuatro agrupaciones de muestras basadas en el contenido faunístico de las mismas, cada una de

las cuales está dominada por una especie concreta. Dos de los cluster obtenidos están formados por una única muestra (Fig. 8.4):

- Cluster A.- Agrupa las muestras que ocupan la mitad inferior de la sección, la muestra ACEB-10 y desde ACEB-12 a ACEB-16. La especie representante de este cluster es *Cassidulina neocarinata*, especie frecuente en estas muestras, aunque su máxima abundancia se reconoce en la muestra ACEB-16.
- Cluster B.- Representado por la muestra ACEB-11, dominada por *Brizalina dilatata* (28,3%).
- Cluster C.- Este cluster es el que más muestras incluye. Está constituido por las muestras de la mitad superior de la sección (desde la muestra ACEB-2 a la muestra ACEB-9). Las especies dominantes son *Uvigerina peregrina* y *Ammonia beccarii*.
- Cluster D.- Constituido únicamente por la muestra ACEB-17, representada por la especie *Uvigerina peregrina*.

Los cluster A, B y D agrupan todas las muestras de la mitad inferior de la sección, mientras que el C, incluye a las muestras de la mitad superior.

Un análisis en modo R también a permitido reconocer cuatro agrupaciones de especies (Fig. 8.5):

- Cluster I.- Este cluster está formado por 11 especies, de las cuales *Cassidulina neocarinata* (24,7%) es la más representativa. Especies

como *Nonion asterizans* y *Heterolepa bellincioni* forman parte importante en este cluster.

- Cluster II.- La especie dominante de este cluster es *Brizalina dilatata*, la cual alcanza el 28,3% de abundancia. Otras especies abundantes son *Cibicoides ungerianus*, *Cibicoides kullebergi* y *Planulina ariminensis*.
- Cluster III.- *Ammonia beccarii* (23,7%) es la especie dominante dentro de este cluster. Las formas de pared arenácea están incluidas en esta agrupación.
- Cluster IV.- está constituido únicamente por *Uvigerina peregrina*.

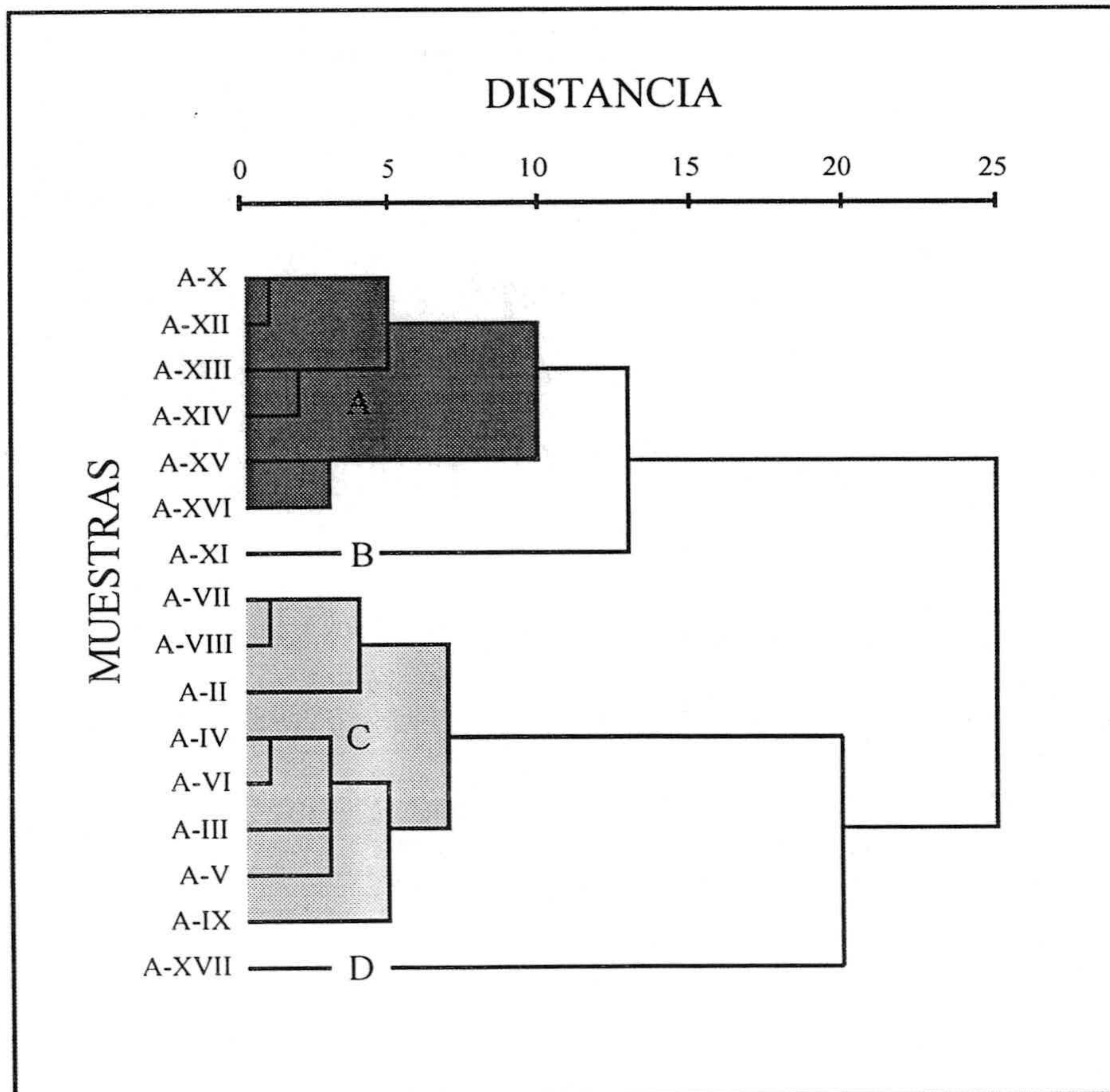


Figura 8.4.- Dendrograma obtenido en un análisis cluster en modo Q usando el método de Ward y la distancia χ^2 , para las muestras de la sección Acebuche. Un total de cuatro agrupaciones de han podido diferenciar mediante esta técnica.

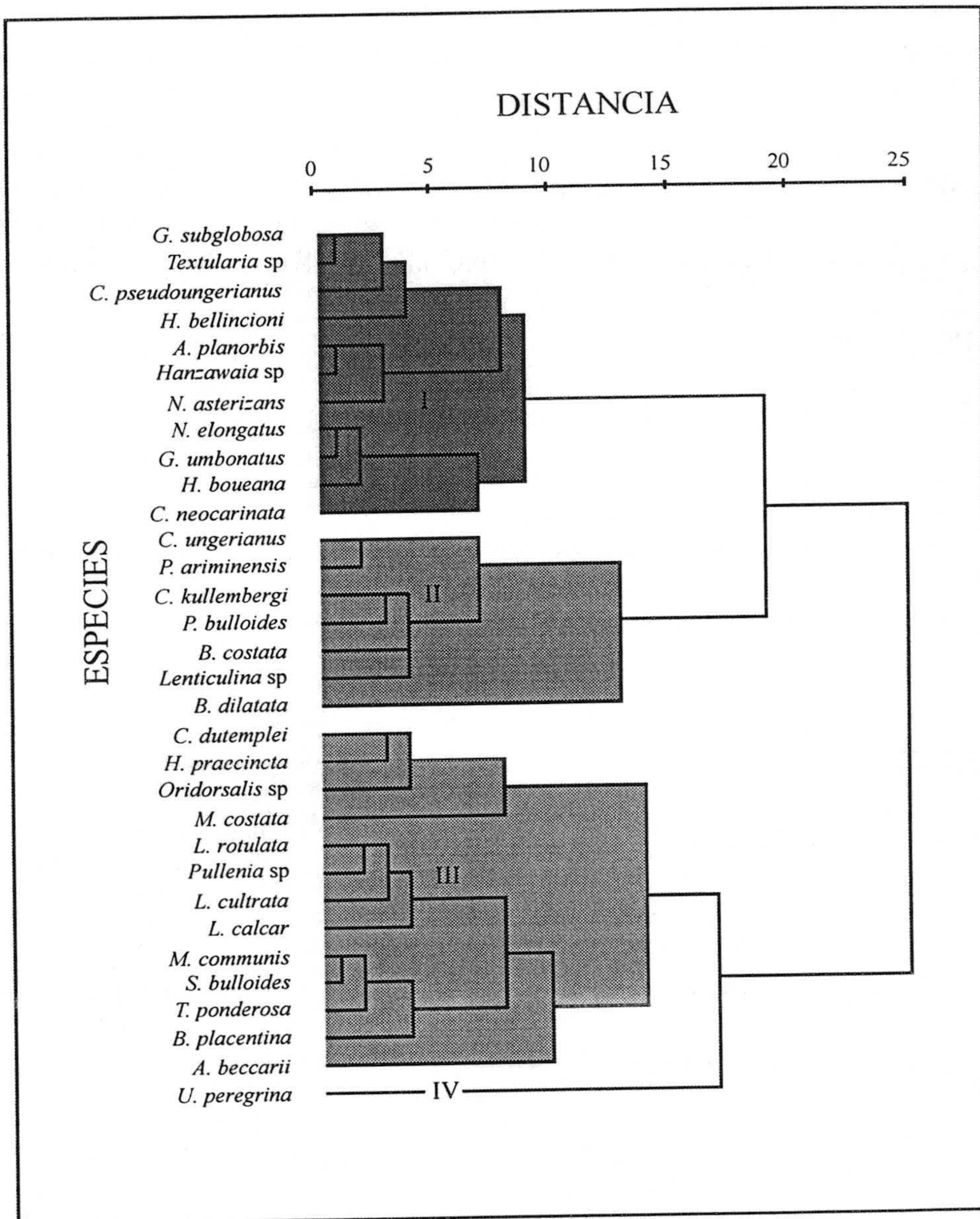


Figura 8.5.- Dendrograma resultante en un análisis cluster en modo R, con el que las especies de foraminíferos bentónicos se han agrupado dando lugar a cuatro asociaciones.

Análisis factorial

Un análisis factorial en modo R ha permitido diferenciar cuatro factores que explican el 80,9% de la varianza (Tabla 8.2). En todos los factores aparecen

puntuaciones positivas y negativas, siendo estas últimas no significativas. Tan sólo se tendrán en cuenta tres factores, ya que el último factor no contiene puntuaciones representativas.

Factor 1

Dicho factor explica el 48,8% de la varianza total y está representado por la especie *Uvigerina peregrina*.

Factor 2

Explica el 15,8% de la varianza. En este caso es *Cassidulina neocarinata* la especie característica de este factor.

Factor 3

El último factor considerado explica el 9,0% de la varianza y está representado por *Ammonia beccarii*.

Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3
<i>A. beccarii</i>	8,72533	6,09358	14,3334
<i>C. neocarinata</i>	5,77727	15,9944	6,19364
<i>N. asterizans</i>	7,84039	6,13941	4,92528
<i>U. peregrina</i>	23,3165	6,55339	11,8129

Tabla 8.2.- Tabla que representa las cargas factoriales más altas (superiores a 8,0) de las especies para cada uno de los factores.

Discusión

Las asociaciones de especies que dominan a lo largo de toda esta sección son características de ambientes de plataforma externa, de ahí que no sea posible identificar cambios batimétricos en la vertical. Esto indica que los cambios reconocidos en las asociaciones de foraminíferos bentónicos deben estar relacionados con variaciones en otros parámetros ambientales. No obstante, el aumento en la proporción de foraminíferos planctónicos (desde ACEB-6 a ACEB-2), la litología y los rasgos sedimentológicos reconocidos en la parte alta de la sección apuntan hacia una posible somerización hacía el techo.

En el primer tramo identificado en la sección Acebuche se reconocen tres agrupaciones de muestras obtenidas a partir del análisis cluster en modo Q, cluster D, A y B. *Uvigerina peregrina*, *Brizalina dilatata* y *Cassidulina neocarinata* son las especies representativas de cada una de estas agrupaciones, respectivamente. Estas especies de microhábitat infaunico son consideradas como especies tolerantes a bajos niveles de oxígeno disuelto en las aguas intersticiales en medios eutróficos (Gooday, 1994; Schmiedl *et al.*, 1997; Martins y Carapito, 1999). Una región con una alta productividad primaria, debido a corrientes profundas que ascienden hasta las capas más superficiales de la columna de agua (“upwellings”), favorece el flujo continuo de partículas orgánicas desde la superficie del mar al fondo. Como consecuencia de esta caída, y debido al consumo de oxígeno en los procesos de oxidación de la materia orgánica, se generan ambientes disóxicos (0,1-1,0 ml/L O₂). En estos ambientes se reconocen asociaciones de foraminíferos bentónicos con un gran número de especímenes y bajos valores de

diversidad (Phleger y Soutar, 1973; Douglas *et al.*, 1980; Loubere, 1997). Esta idea podría explicar lo que ocurre en la agrupación D, así como en la asociación IV. En ambos casos se puede observar un fuerte predominio de *Uvigerina peregrina* (Ver Lámina, Fig.4) especie que prolifera en este tipo de ambientes (Lutze, 1980; Douglas y Woodruff, 1981; Miller y Lohmann, 1982; Lutze y Coulborn, 1984; Mackensen y Douglas, 1989; Sjoerdsma y Van der Zwaan, 1992). Según numerosos estudios, la morfología y la estructura de la concha de *Uvigerina peregrina*, junto con su microhábitat, le favorece a la hora de sobrevivir en este tipo de ambientes (Corliss, 1985; Corliss y Chen, 1988; Sen Gupta y Machain-Castillo, 1993; Kuhnt *et al.*, 1999). Esta interpretación explicaría también el fuerte predominio de *U. peregrina* en el factor 1.

La asociación II, dominada claramente por *Brizalina dilatata*, también es congruente con el medio propuesto. En la plataforma del Mar Adriático (De Stigter *et al.*, 1999) y en el margen continental del SW de África (Schmiedl *et al.*, 1997) se ha observado que existe una relación entre el predominio de esta especie y los flujos de materia orgánica y el empobrecimiento en oxígeno. Además, en estudios de medios actuales se ha comprobado que esta especie es capaz de desplazarse dentro de la columna de sedimento dependiendo de ambos factores ecológicos (Barmawidjaja *et al.*, 1992; Jorissen *et al.*, 1992). *Bulimina costata*, otro componente de la asociación, comparte los mismos requerimientos ecológicos que la especie dominante (Schmiedl, *et al.*, 1997). El resto de las especies de la asociación II son especies con un microhábitat epifaunico, *C. ungerianus*, *P. ariminensis* y *C. kullebergi*, a excepción de *P. bulloides* (Ver Lámina, Fig.9), que es un infaunico somero (Corliss, 1991). Todas ellas están asociadas a fondos bien oxigenados y suelen ser intolerantes a bajas concentraciones de oxígeno (Den Dulk *et al.*, 1998, 2000). Esto puede parecer contradictorio con el

dominio de *B. dilatata*. No obstante, la presencia de estas especies puede ser explicada: a) por la existencia de corrientes profundas que actúan esporádicamente re-oxigenando el fondo y facilitando la supervivencia de los organismos que viven sobre el sedimento (Den Dulk *et al.*, 1998, 2000); o, b) por la existencia de un medio con una elevada tasa de sedimentación de forma que se produce un ascenso del límite rédox dentro de la columna del sedimento. Como consecuencia, las especies de microhábitat infaunico ascienden hacia la superficie, compartiendo microhábitats con el resto de especies epifaunicas e infaunicas someras. Esto indicaría que se trataría de un medio próximo a eutrófico.

La existencia de corrientes profundas que oxigenan el fondo o bien la estratificación de la columna de sedimento que tiene lugar en medios con una elevada tasa de sedimentación, como se ha comentado anteriormente, también serían dos posibles explicaciones para la interpretación de la asociación I, así como el factor 2, los cuales, están caracterizadas por la especie *Cassidulina neocarinata*, junto a *Globocassidulina subglobosa*. Ambas especies ocupan un microhábitat infaunico, mientras que el resto de los componentes de la asociación, *H. bellincioni* (Ver Lámina, Fig. 12), *C. pseudoungerianus* y *A. planorbis*, tienen microhábitats epifaunicos (Corliss, 1985; Corliss y Chen, 1988).

En el segundo tramo de la sección se puede reconocer un cambio en las condiciones ambientales, como pone de manifiesto la agrupación C, junto con la asociación III y el factor 3. Este cambio en el medio viene dado por varios aspectos: a) la abundancia de *Ammonia beccarii* (Ver Lámina, Fig.13), especie que no había aparecido antes, junto con *Uvigerina peregrina*, ambos representantes de la agrupación de muestras C; b) el predominio de especies con un microhábitat epifaunico, tales como *C. praecinctus* y *Oridorsalis* sp (Ver lámina, Fig.11), hacia esta parte de la sección, el

cual puede indicar una oxigenación del fondo durante mayores periodos de tiempo (Rai y Srinivasan, 2000); y, c) la uniformidad en la proporción de foraminíferos planctónicos en este tramo. El dominio de *A. beccarii*, especie típica de medios cercanos a costa (por ejemplo, Brunner y Culver, 1992) en el tramo superior de la sección parece contradictorio con lo expuesto al principio de esta discusión, donde se comentaba la ausencia de especies que indicaran cambios batimétricos importantes. Sin embargo, las características tafonómicas (desgaste de la concha, fragmentación y recristalización) reconocidas en esta especie, así como en los individuos de *Lenticulina* spp y *Marginulina costata*, otros representantes típicamente someros, hace pensar que son especies retrabajadas desde las zonas más someras de la plataforma (Holcová, 1996). Incluso han llegado a reconocerse especímenes del género *Lenticulina* que presentaban diferentes patrones preservacionales como los descritos por Pérez-Muñoz *et al.* (2000), lo que indica, una mezcla de individuos transportados desde zonas más someras con individuos que viven en estos medios más distales.

Por otro lado, el predominio de *Uvigerina peregrina* (Ver Lámina, Fig. 4) puede estar relacionado con la existencia de importantes aportes de partículas orgánicas. Una elevada tasa de sedimentación provocaría el enterramiento de la materia orgánica antes de ser oxidada, disminuyendo el contenido de oxígeno disuelto en el agua intersticial. Estas condiciones permiten interpretar la existencia de esta especie típica de estos medios y capaz de resistir ambientes empobrecidos en oxígeno (Streeter y Shackleton, 1979; Miller y Lohmann, 1982; Caralp, 1989; Sen Gupta, 1999).

Finalmente, los valores oscilantes en la proporción de formas de pared arenácea en esta parte de la sección, siempre están comprendidos en los intervalos de abundancia de estos taxones para un medio de plataforma externa (Jorissen y Wittling, 1999), como se ha inferido anteriormente.

En resumen, los materiales que constituyen la sección el Acebuche pertenecen a un medio de plataforma externa con fondos no muy oxigenados, como indican la presencia de especies con carácter tolerantes a estas condiciones. Sin embargo, la falta de oxígeno no impide el desarrollo de formas con microhábitat epifaunico, sobretudo en el segundo tramo de la sección. Esto permite reconocer un cambio en las condiciones ambientales, que consiste en intervalos más prolongados con una mayor oxigenación del medio. Esta mayor oxigenación puede estar conectada con la existencia de corrientes. Este hecho explica, por un lado, el aumento de formas retrabajadas, además de favorecer la tasa de sedimentación y el flujo de partículas orgánicas a las partes más distales de la cuenca. Dichos procesos justifican además la abundancia de *U. peregrina*. La influencia de estas corrientes, especialmente en la parte superior de la sección, podría sugerir una somerización en el medio. Asimismo, la baja proporción de foraminíferos planctónicos y los rasgos sedimentológicos (la existencia de un nivel de acumulación de bioclastos a techo de la sección) afianzan esta idea, a pesar de que las asociaciones de foraminíferos bentónicos no lo indican claramente.

Capítulo 9. Facies Glauconíticas

Facies Glaucioníticas

Introducción

El término “glaucionite” presenta dos acepciones. Por un lado, glauconita es el nombre de un mineral de la arcilla, y, por otro, se ha utilizado para designar granos verdes presentes en los sedimentos. No obstante, se ha comprobado que no todos esos granos están formados, composicionalmente, por el mineral glauconita (Mcrae, 1972). La generalidad de este concepto ha generado una cierta confusión, por lo que se decidió establecer una nomenclatura diferente para ambos casos. De esta forma, se han propuesto el término “glaucony” (en plural “glaucónies”), desde un punto de vista sedimentológico, para referirse a facies glauconíticas, y *esmectita glauconítica* y *mica glauconítica* para referirse a la familia del mineral glauconita. En este estudio se empleará la acepción más genérica del término glauconita.

Las facies glauconíticas son muy frecuentes en los medios sedimentarios marinos, tanto actuales como del pasado. A escala global, se pueden reconocer estas facies en ambientes marinos abiertos, lejanos de aquellas zonas donde tiene lugar una sedimentación activa. En la actualidad aparecen a profundidades entre 50-60 m y 350 m (Porrenga, 1967; Odin y Matter, 1981), aunque excepcionalmente también se pueden encontrar a 700 m, como ocurre en el margen continental de la isla de Vancouver (Bornhold *et al.* 1984). Este tipo de facies se ha reconocido a lo largo del tiempo geológico, aunque se sabe que hay periodos en los que las condiciones eran más

favorables para su formación (Odin y Letolle, 1980). Este contexto sedimentario es diferente al de otras facies, también formadas por granos verdes, como son las facies de verdina o berthiorina, que aparecen en ambientes someros (<60 m) sometidos a un continuo aporte de sedimento a través de ríos.

En cuanto a la composición química de la glauconita, fundamentalmente está formada por Fe, P, K, Al y Na. La proporción de Fe y K determina el grado de cristalización de la glauconita. Según esto se pueden reconocer diferentes estadios: estadio de nacimiento, estadio de desarrollo inicial, estadio desarrollado, y, finalmente, estadio altamente desarrollado (Odin y Letolle, 1980; Odin y Matter, 1981).

Existe una relación directa entre los componentes mineralógicos de los granos de glauconita y el tiempo empleado para la formación de la misma. El tiempo necesario para alcanzar la máxima cristalinidad es de 10^5 – 10^6 años. En este caso el grano de glauconita presentará un elevado porcentaje de K_2O .

Desde un punto de vista geoquímico, y siguiendo el esquema clásico de Goldschmidt modificado por Millot (1964), la glauconita se correspondería con el estadio de los óxidos, por su relación con flujos de hierro dentro del mar. En cambio, si relacionamos el tiempo de formación de la glauconita con el de otros minerales de la arcilla, se situaría entre los minerales de la arcilla heredados (incluyendo la verdina), y los minerales magnésicos de la arcilla, los cuales indicarían un ambiente totalmente confinado en la cuenca (Odin y Letolle, 1980).

Para la génesis de la glauconita se requiere, por un lado, un ambiente reductor, para que el Fe tenga movilidad, y, por otro, un pH básico en el agua del mar (Odin y Letolle, 1980).

Desde un punto de vista estratigráfico la glauconita aparece generalmente en la base de series transgresivas. Con el ascenso del nivel del mar, la erosión y el depósito

detrítico se desplazan hacia tierra, permitiendo un ambiente favorable para la formación de este mineral en las zonas más profundas (Odin y Letolle, 1980).

A nivel de sedimentos, la presencia de carbonatos en el sedimento es un factor importante para el proceso de glauconitización,. Sedimentos tipo arenas o arcillas presentan cantidades variables de carbonatos, de ahí que estos sedimentos sean muy susceptibles de contener facies glauconíticas.

A menor escala, la glauconita se forma en un microambiente semi-confinado, definido como el ambiente resultado de un equilibrio termodinámico entre el agua que contiene la estructura del grano y el agua que le rodea. Este microambiente se localiza en la interfase entre el agua del mar y el sedimento (Odin y Letolle, 1980; Odin y Matter, 1981).

Descripción

En el sector central de la cuenca de Almería-Níjar aflora un nivel de glauconita que presenta una extensión geográfica de varios kilómetros cuadrados. El espesor de este nivel es aproximadamente constante en toda su extensión en torno a 30-40 cm, excepto en la sección Corralizas, donde alcanza 1,25 m.

Además de las secciones en las que aparece este nivel, Corralizas Norte (N-COR 6), Corralizas (COR-1 a COR-5) y Acebuche (ACEB-1), comentadas en los capítulos anteriores, se han tomado dos muestras puntuales situadas al N y al S de la sección Corralizas-N (CVB-1 y CVB-2). (Fig. 9.1).

Las facies glauconíticas están constituidas en la mayoría de los casos por limos verdoso-amarillentos muy micáceos, salvo en la muestra ACEB-1, donde se reconocen arenas de tamaño de grano fino-medio. El muro de la capa de glauconita en el punto de

mayor potencia es neto, mientras que en los demás casos aparece gradual. El techo se caracteriza por una disminución progresiva en la cantidad de granos en la vertical. En dos muestras, CVB-1 y COR-1, hay intercalados un nivel fosilífero de varios centímetros de espesor compuesto, fundamentalmente, por bivalvos (*Amusium cristatum*, *Ostrea edulis*, moldes de *Panopea*, *Hyotisa* y *Neopycnodocte navicularis*).

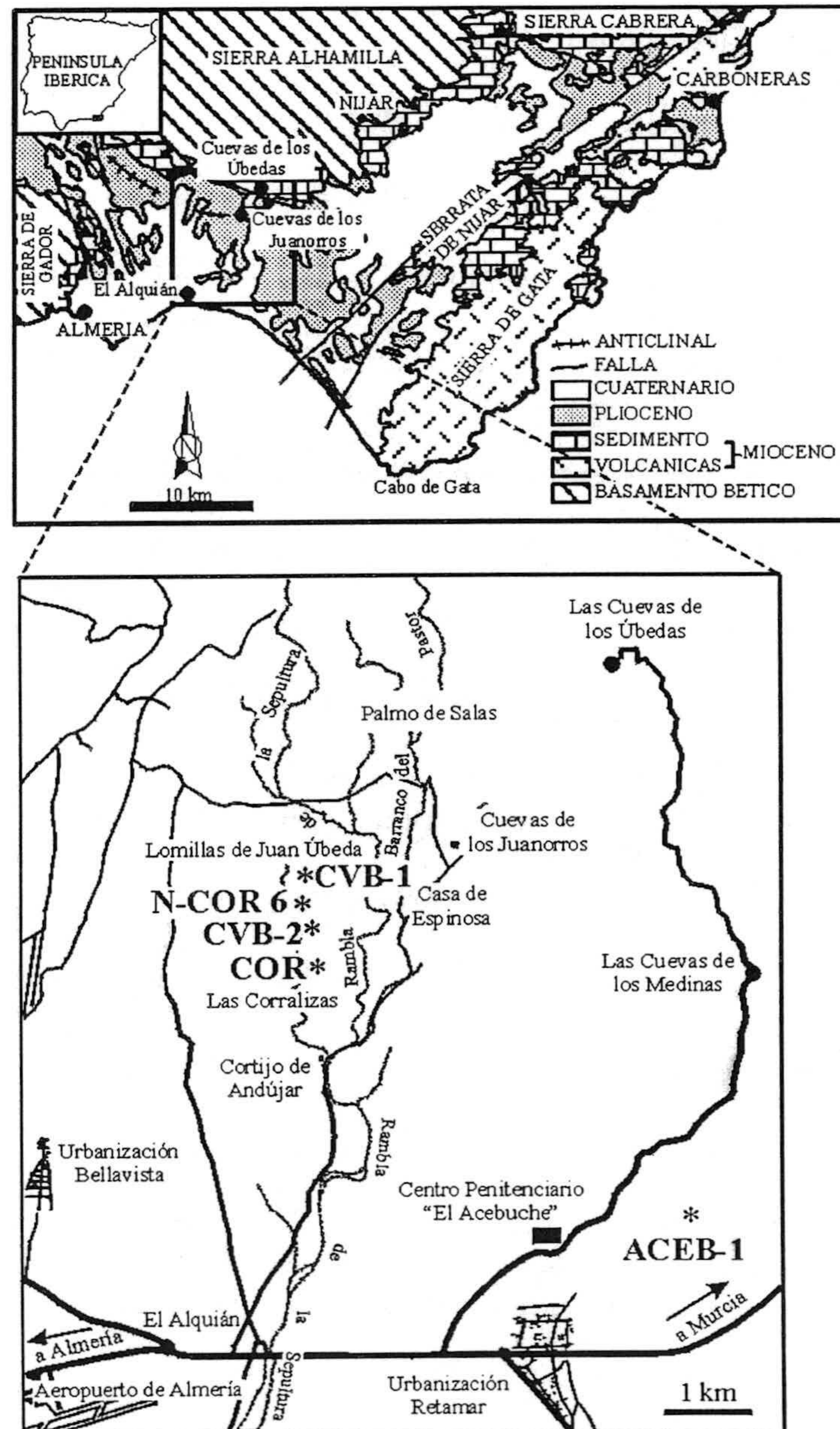


Figura 9.1.- Mapa geológico de las cuencas de Almería-Níjar y Carboneras. Se localizan los puntos de muestreo del nivel de glauconita.

Hacia el N de la muestra CVB-1 la glauconita desaparece y se pasa, lateralmente, a un nivel de acumulación de bioclastos.

Metodología

Se han analizado un total de nueve muestras. Cinco de ellas, tomadas cada 25 cm, pertenecen a la sección de Corralizas, y el resto en el nivel de glauconita de las otras secciones. De cada muestra se han levigado ~100 gr de sedimento. El residuo obtenido entre los tamices de luz de malla de 1 mm y de 0,125 mm fue el empleado para realizar varios estudios. Por un lado, se separaron dos fracciones, una magnética y otra no magnética mediante un separador magnético. La fracción magnética se molió hasta conseguir un tamaño polvo, para tratarla mediante difracción de rayos X. Los diagramas de difracción de rayos X obtenidos para cada una de las muestras no presentan diferencias importantes entre ellas. En cualquier caso se puede reconocer el pico correspondiente al mineral *glauconita* a 10,1 Å, aunque aparece enmascarado por el pico de *ilita*. La fracción no magnética se utilizó para determinar las asociaciones de foraminíferos bentónicos y estudiar los rasgos tafonómicos más característicos. Como se explicaba en el capítulo de Metodología, la asociación se ha obtenido contando 100 individuos bien preservados, más aquellos que presentaban peor preservación y los moldes que aparecían durante el conteo de los primeros. Del conjunto de todas las especies se han seleccionado aquellas que están en una proporción $\geq 3\%$ a lo largo de todo el transecto horizontal y en el vertical para las muestras de la sección de Corralizas. En el primer caso se ha representando la proporción de cada especie en cada muestra excepto en Corralizas, donde se ha estimado el valor medio de las cinco muestras para representarlo como una única muestra y poder comparar con el resto. A

continuación se a representado el porcentaje de abundancia de las especies representativas en la sección Corralizas. Este mismo procedimiento se ha seguido para la representación gráfica de la relación planctónicos/bentónicos.

Además, se ha incluido un estudio cualitativo de la morfología de los granos de glauconita, ya que aspectos relacionados con la morfología externa de los granos pueden dar información sobre su origen, así como su historia sedimentaria. Han sido identificados cinco de las siete morfologías de granos del esquema de clasificación de Triplehorn (1966): 1) granos con forma esférica; 2) con forma tabular o discoidal; 3) con forma lobular; 4) con forma vermicular; y, por último, 5) moldes de conchas de foraminíferos. Los granos esféricos no son muy frecuentes en las muestras estudiadas. Su tamaño es pequeño y la superficie exterior se caracteriza por ser lisa y brillante. Generalmente, su coloración es verde oscura. A diferencia del anterior, los granos tabulares o discoidales son más frecuentes, su tamaño es algo mayor y su coloración algo más clara. La tercera morfología, lobular, es la forma más común reconocida en las muestras. La forma lobular incluye granos de formas irregulares con fracturas o grietas que van de poco a muy profundas. Muchos de estos granos presentan estas grietas rellenas de un sedimento de tamaño de grano fino y de color más claro. El tamaño y el color de los granos es variable. Este tipo de morfología se ha considerado como una morfología original, es decir, formada *in situ* (Triplehorn, 1966). Otra forma muy fácil de reconocer es la vermicular, ya que consiste en granos con forma elongada, de color verde oscuro, constituidos por una especie de laminitas con una coloración algo más clara, que corresponden a láminas de mica. También es considerada una morfología original (Triplehorn, 1966). En cuanto a los granos representados por moldes internos de conchas de foraminíferos, se presenta el problema de la identificación de las especies a las que corresponden dichos moldes. Excepcionalmente pueden identificarse especies

que muestran características peculiares fáciles de reconocer, como es el caso de *Elphidium crispum*. Esta especie ha aparecido en las muestras, aunque nunca alcanzando valores significativos. Por lo general, este tipo de granos de glauconita no son muy frecuentes en las muestras estudiadas.

Resultados

Relación P/P+B

La relación planctónicos/bentónicos en las muestras de las facies glauconíticas manifiesta un predominio de los foraminíferos bentónicos sobre los planctónicos.

Observando la figura de la relación P/P+B, se puede percibir que los porcentajes más altos en esta relación se concentran en las secciones CVB-1, N-COR 6, CVB-2 y el conjunto de las COR, mientras que se reconoce un descenso muy marcado en la muestra ACEB-1, donde se alcanza un valor del 2%.

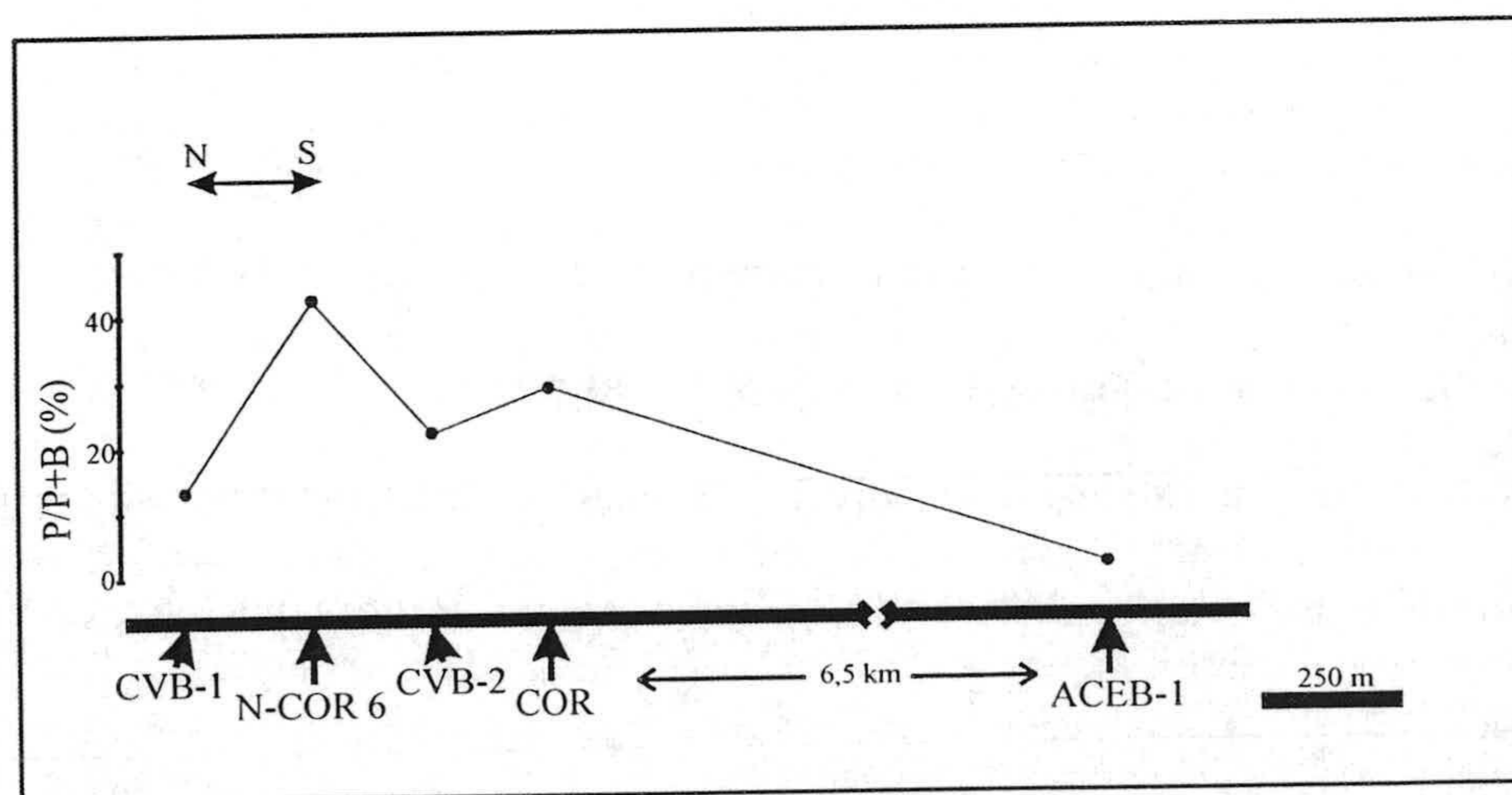


Figura 9.2.- Curva que representa la relación planctónicos/bentónicos en las muestras correspondientes al nivel de glauconita. En el caso de la sección de Corralizas se ha obtenido el valor medio de esta relación en el conjunto de muestras que la constituyen.

En el patrón vertical de la sección Corralizas se puede ver que los porcentajes de COR-1, COR-4 y COR-5 son relativamente altos y muy similares entre sí., mientras, COR-2 y COR-3 tienen porcentajes menores.

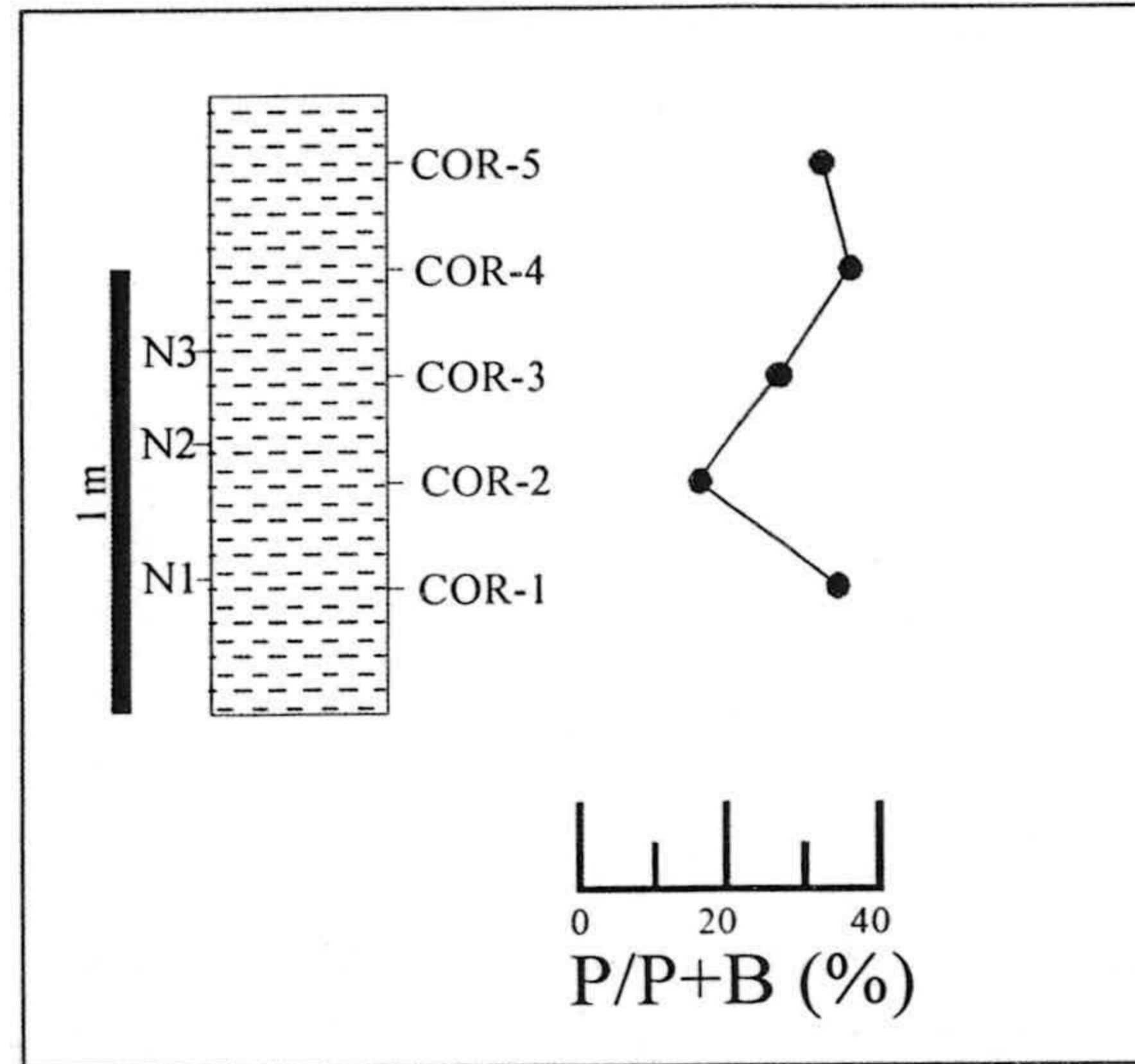


Figura 9.3.- Curva de la relación planctónicos/bentónicos para el nivel de glauconita en la sección de Corralizas.

Asociaciones de foraminíferos bentónicos

En primer lugar, se ha realizado una estimación cualitativa de la proporción de granos de glauconita con respecto al número de conchas de foraminíferos. En conclusión, la cantidad de granos es muy superior al número de conchas (80%), salvo en las dos muestras asociadas a los niveles de acumulación de bioclastos donde la proporción disminuye un poco (60%), aunque siguen dominando los granos de glauconita.

Un total de 20 taxones representados por el $\geq 3\%$ se puede recocer en el nivel de glauconita (Fig. 9.4 y Fig.9.5). Como se deduce de la figura, los patrones de abundancia de las especies presentan diferencias significativas. Por un lado, se puede reconocer un

grupo de especies constituido por *N. asterizans*, *A. inflata*, *U. peregrina*, *Lenticulina* sp 0, *Cibicoides* sp 1, *H. bellincioni*, *H. boueana*, *G. subglobosa*, *Lenticulina* sp 1 y *E. crispum* (Ver Lámina, Fig. 12), que están presentes en toda la capa de glauconita. A su vez, dentro de este grupo, se pueden diferenciar especies que son más frecuentes en las muestras que están situadas próximas entre sí (entre CVB-1 y el conjunto COR), como es el caso de *N. asterizans*, *E. crispum* y *H. boueana*, frente a otras más abundantes en la muestra ACEB-1, como son *U. peregrina*, *Cibicoides* sp 1, *A. inflata* y *H. bellincioni*. Por otro lado, existe otra agrupación de especies que están limitadas al conjunto de muestras próximas entre sí y que no aparecen en la sección Acebuche. Se trata de *L. calcar*, *V. striatissima*, *M. costata*, *L. cultrata*, *Lenticulina* sp 2, *E. advenum*, *O. tenuicostata*, *V. bradyana*, *A. beccarii* y *C. neocarinata*.

En relación con las especies más representativas en la sección de Corralizas, se pueden observar dos aspectos importantes. En primer lugar, dos de las especies que dominan en la muestra ACEB-1, *U. peregrina* y *Cibicoides* sp 1, aparecen en esta sección aunque con porcentajes próximos al 3%. El segundo aspecto a considerar está relacionado con las tendencias que muestran las especies hacia el techo del nivel de glauconita. Por un lado, se ve un incremento en la abundancia hacia arriba en las especies *N. asterizans*, *A. inflata*, *H. boueana* y *H. bellincioni*, mientras que, por otro, se puede observar una disminución generalizada en *C. neocarinata* junto con diversas especies de *Lenticulina*.

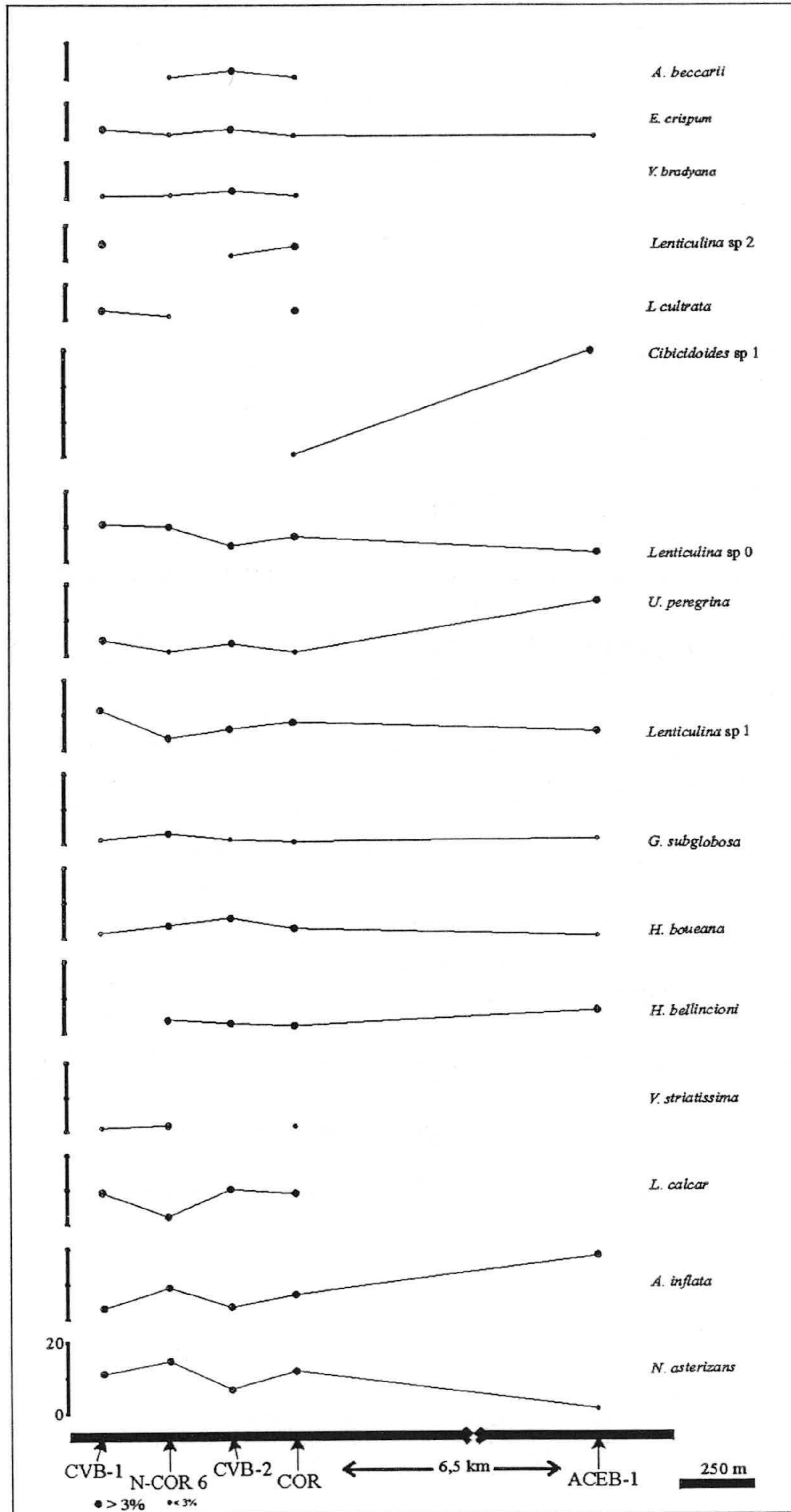


Figura 9.4.- Distribución de abundancia de especies de foraminíferos bentónicos en más del 3% del total de la asociación para las muestras de glauconita. También se indica la abundancia de estas especies representadas en menos del 3% en aquellas muestras en las que no son significativas. La escala vertical es la misma en todos los casos.

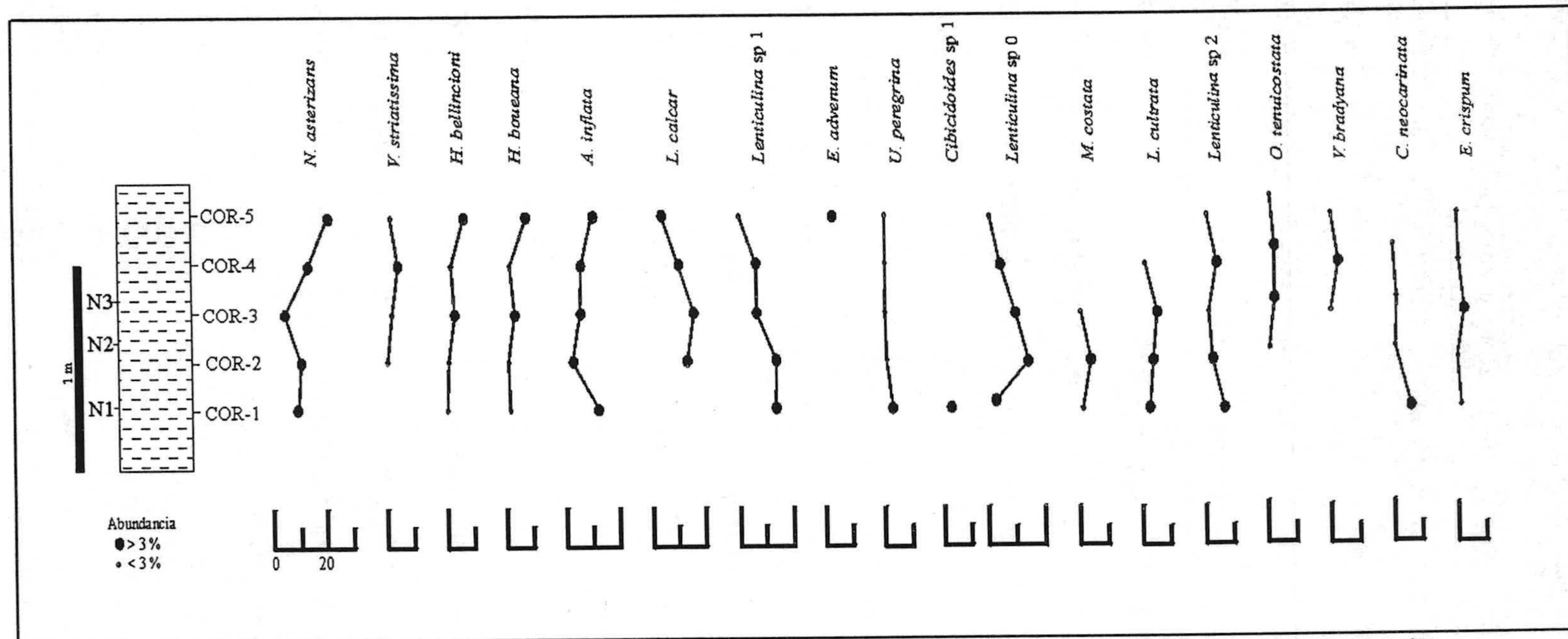


Figura 9.5.- Distribución de abundancia de especies de foraminíferos bentónicos en las muestras pertenecientes al nivel de glauconita en la sección Corralizas. Se indican la proporción de especies mayor y menor al 3%.

Rasgos tafonómicos

Como se ha comentado en el capítulo de Metodología, en las facies glauconíticas la asociación de foraminíferos bentónicos se caracteriza por la presencia de tres tipos preservacionales. El primero incluye individuos con buena preservación, es decir, conservan las conchas originales, la ornamentación, etc. Estos son los que predominan en todos los casos. El segundo grupo, más minoritario, se refiere a especímenes peor preservados, presentando rasgos de desgaste, bioperforaciones, disoluciones, incluso pérdida de algunas de las cámaras. Por último, un tercer grupo, muy escaso, ya que en algunas muestras incluso no aparece, incluye moldes internos de foraminíferos bentónicos. Normalmente, estos son difíciles de identificar salvo algunos ejemplares correspondientes a determinados géneros, como *Elphidium*, debido a la estructura característica de su concha.

Un género que ha presentado un importante interés, gracias a la variedad de patrones preservacionales que presenta en todas las muestras, es *Lenticulina*. Se pueden diferenciar hasta cinco patrones básicos de preservación (Pérez-Muñoz *et al.*, 2000):

1. Concha original preservada, sin rasgos de alteración tafonómica (Ver Lámina, Fig.14).
2. Conchas con un surco a lo largo de la periferia de la concha, denominadas “facetitas periféricas” (Pérez-Muñoz *et al.*, 2000). Dentro de este patrón se reconoce un amplio abanico de variedades morfológicas, desde conchas que presentan un simple desgaste a lo largo de la periferia (denominadas

Lenticulina sp 1) hasta formas que han perdido la carena y las cámaras, quedándole sólo las cámaras iniciales, que es donde hay más refuerzo calcítico debido a su tipo de crecimiento (llamadas *Lenticulina* sp 0) (Ver Lámina, Fig. 18).

3. Conchas, que pueden o no preservar la carena, a las cuales les faltan los dos umbos a ambos lados de la concha (*Lenticulina* sp 2) (ver Lámina, Fig. 15).
4. Umbos aislados (Ver Lámina, Fig.16).
5. Media concha, solamente con un lado espiral preservado (Ver Lámina, Fig. 17).

Análisis estadísticos

Análisis cluster

Un análisis cluster en modo Q ha permitido diferenciar cinco agrupaciones (Fig

9.6):

- Cluster A.- Incluye tres muestras, COR-3, COR-4 y CVB-2. La especie más abundante es *Lenticulina calcar*, con un porcentaje del 16,7%.
- Cluster B.- Este cluster está constituido por las muestras CVB-1 y COR-2, representado por *Lenticulina* sp 0 (15,8%).
- Cluster C.- Está formado por una única muestra, COR-1. *Lenticulina* sp 1 es la especie más abundante, representada por el 14,8%.

- Cluster D.- Dos muestras, N-COR 6 y COR-5, representan este cluster, dominado por *Nonion asterizans*, que aparece con una abundancia del 21,1%.
- Cluster E.- Este último cluster está caracterizado por una sola muestra, ACEB-1, dominada por *Cibicidoidea* sp 1.

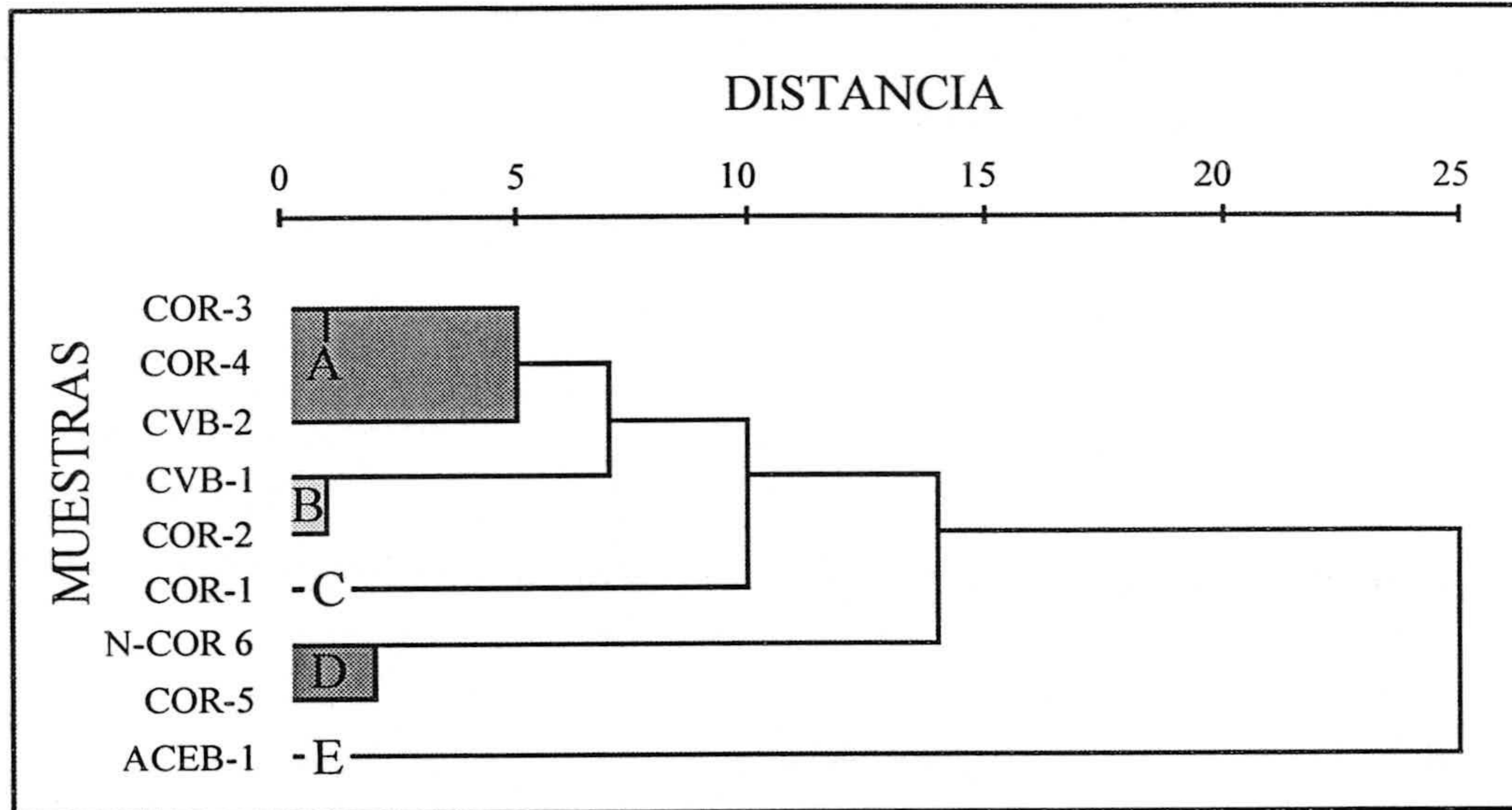


Figura 9.6.- Dendrograma obtenido en un análisis cluster en modo Q construido con el método de Ward y la distancia χ^2 , donde se reconocen distintas agrupaciones de muestras.

Por otro lado, se ha realizado un análisis cluster en modo R, distinguiendo tres agrupaciones (Fig. 9.7):

- Cluster I.- Este cluster está representado por ocho especies, de las cuales *Nonion asterizans* muestra un porcentaje del 21,2%.
- Cluster II.- *Lenticulina* sp 0 es la especie representante de este segundo cluster, constituido por siete especies. Dentro de éste aparecen la mayoría de las especies del género *Lenticulina* identificadas en el nivel de glauconita..

- Cluster III.- Este último cluster está representado por *Cibicidoides* sp 1 (30,2%), acompañado por *Ammonia inflata*, *Globocassidulina subglobosa*, *Uvigerina peregrina* y *Heterolepa bellincioni*.

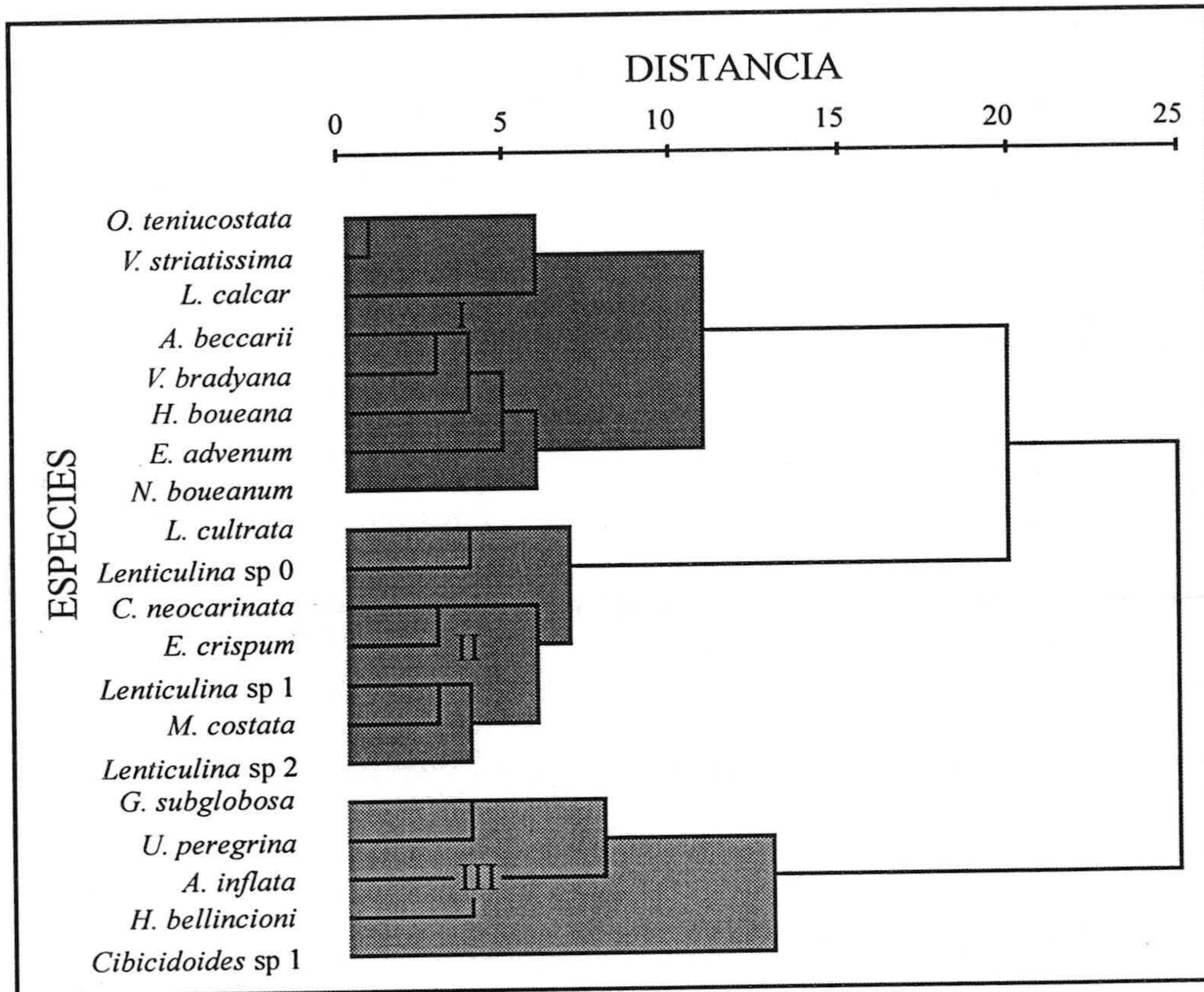


Figura 9.7.- Dendrograma obtenido en un análisis cluster en modo R, el cual permite reconocer tres asociaciones de especies de foraminíferos bentónicos.

Discusión

El análisis cluster en modo Q ha permitido diferenciar cinco agrupaciones de muestras que coinciden con los rangos paleobatimétricos y paleogeografía inferida para

la zona (Aguirre, 1995, 1998). En relación con la paleobatimetría, las agrupaciones A, B, C y D representan un medio de plataforma media-interna, ya que claramente muestran una abundancia de especies someras como *Lenticulina* spp y *N. asterizans* (Murray, 1991). Sin embargo, la agrupación E, correspondiente a un medio de plataforma externa, muestra un predominio de especies de hábitat más profundo, como *Cibicidoides* sp 1. Así, desde un punto de vista paleogeográfico, las agrupaciones representativas de medios de plataforma media-interna coinciden con las muestras más próximas a la paleocosta inferida y la última agrupación, interpretada como un ambiente de plataforma externa, es la muestra más distal.

Los valores obtenidos en la relación P/P+B, no son coherentes con las interpretaciones paleoambientales propuestas anteriormente, ya que la proporción de foraminíferos planctónicos muestra una tendencia de disminución hacia las zonas más distales, patrón opuesto al esperado. Mientras que los porcentajes en las muestras correspondientes a la plataforma son típicos de esos medios (Gibson, 1989), en la muestra ACEB-1, el valor alcanzado es menor para el medio propuesto. Uno de los factores que producen un sesgo en la proporción de foraminíferos planctónicos en el fondo es una tasa de sedimentación muy baja. Esto provocaría la pérdida por disolución de la mayoría de las conchas de estos organismos, ya que permanecerían mucho tiempo sobre el fondo antes de ser enterradas. Además, a esto hay que sumarle la estructura (pared delgada, porosidad, etc), tamaño, forma y arquitectura de la concha que los foraminíferos planctónicos presentan, rasgos que les hace aún más susceptibles a la disolución (Martin, 1999). Como explicación alternativa, una disminución del contenido en planctónicos también podría estar relacionada con unas condiciones anómalas en las capas superficiales de la columna de agua, como por ejemplo, alta evaporación y consecuente aumento de la salinidad, o entrada de aguas dulces y, por tanto,

disminución de la salinidad. Sin embargo, los rasgos tafonómicos indican que se han producido fenómenos de disolución diferencial de conchas (ver más adelante), lo que sugiere que los bajos valores de la relación P/P+B estén ligados a procesos de alteración tafonómica más que con anomalías en la columna de agua.

El análisis cluster en modo R, por su parte, permite diferenciar un cambio en las asociaciones de foraminíferos a lo largo de todo el nivel de glauconita.

La asociación I, está constituida por un grupo de especies capaces de resistir variaciones en las condiciones ambientales, ya que la mayoría de ellas se pueden encontrar en áreas someras, como *H. boueana*, *L. calcar*, *V. bradyana*, *V. striatissima* y *E. advenum* (Murray, 1991). La aparición de las especies oportunistas *A. beccarii* y *N. asterizans* (Ver Lámina Fig. 13 y Fig.5, respectivamente), esta última representante de la asociación, apoyan esta interpretación (Yanko *et al.*, 1999).

A continuación, la asociación II, está constituida mayoritariamente por especies pertenecientes al género *Lenticulina*, entre ellas, *Lenticulina* sp 0 (especies no identificables de *Lenticulina* con un importante desarrollo de facetas periféricas. Ver Apéndice y Lámina, Fig. 18), *Lenticulina* sp 1 (especies de *Lenticulina* que también desarrolla facetas periféricas aunque en menor medida. Ver Apéndice) y *Lenticulina* sp 2 (especies de *Lenticulina* que pueden o no preservar la carena pero que carecen de los umbos. Ver Apéndice y Lámina, Fig. 15). La presencia de *Lenticulina* de manera tan importante en esta asociación, pone de manifiesto la existencia de un medio muy energético y turbulento (Murray, 1991). Además la incorporación de *C. neocarinata* (Ver Lámina, Fig. 10), especie que resiste un alto contenido de partículas en suspensión, es congruente con un medio turbio (Lagoe, *et al.*, 1997). Las condiciones ambientales propuestas son coherentes con las muestras COR-1 y CVB-1, donde estas especies son abundantes, ya que coinciden con los niveles de acumulación de fósiles interpretados

como tempestitas. Señalar el predominio del resto de patrones preservacionales, como los umbos aislados y medias conchas en ambas muestras, lo que refuerza la existencia de un medio energético.

Por último, la asociación III está constituida por un grupo de especies que aparecen de manera significativa en la muestra ACEB-1. La presencia de especies de hábitat más profundo, como *Cibicoides* sp 1 y *Uvigerina peregrina* (Phleger y Soutar, 1973; Ingle y Keller, 1980; Ingle *et al.*, 1980; Quintero y Gardner, 1987; Pérez-Cruz y Machain-Castillo, 1990), sugiere un medio caracterizado por una disminución en la energía y en la turbulencia, condiciones que se dan usualmente en ambientes alejados de costa.

Otro aspecto que aporta información sobre el medio son los rasgos tafonómicos reconocidos en las conchas de *Lenticulina*. Las facetas periféricas que aparecen en las conchas de *Lenticulina* sp 0 y *Lenticulina* sp 1 son, probablemente, producidas por un proceso de abrasión mecánica, al rodar la concha expuesta sobre el fondo durante un largo periodo de tiempo. Los rasgos tafonómicos que caracterizan los individuos incluidos en la especie *Lenticulina* sp 2, junto con los umbos aislados, son más difíciles de interpretar, ya que los especímenes de *Lenticulina* sp 2 pueden presentar, incluso, la carena intacta, a pesar de perder ambos umbos, lo que indica una ausencia de abrasión mecánica. Esto lleva a pensar en un proceso de disolución química y/o biológica, probablemente debido a la actividad bioperforadora de cianobacterias. Esta interpretación estaría también en consonancia con una tasa de sedimentación baja (rasgo requerido para la formación de glauconita) y un largo periodo de exposición sobre el fondo de las conchas antes de ser definitivamente enterradas. Finalmente, la aparición de conchas constituidas únicamente por un lado espiral, podría ser el resultado de la actuación de factores tales como la fragmentación y/o la abrasión.

El conjunto de todo estos atributos tafonómicos indicaría la existencia de un medio con alta energía y turbulencia, además de una baja tasa de sedimentación, condición necesaria para la formación de glauconita.

Partiendo de la información parcial que se obtiene del estudio de la morfología de los granos de glauconita, cabe pensar que se trate de una glauconita autóctona por dos motivos: a) ausencia de facies glauconíticas en sedimentos de edad más antigua, que hallan aflorado y, posteriormente, hallan sido erosionados y acumulados en este punto de la cuenca; y b) la existencia de granos con morfología lobular y vermicular, tan abundantes en las muestras, que indicarían un origen *in situ* de los mismos (Triplehorn, 1966). Además, la escasez de granos redondeados pone de manifiesto la ausencia de un transporte.

**Capítulo 10. Evolución Paleoambiental
del Plioceno I en la cuenca de Almería-
Níjar**

Evolución Paleoambiental del Plioceno I en la cuenca de Almería-Níjar

La buena exposición y el espesor de los sedimentos de la Unidad I (Plioceno inferior) de la cuenca de Almería-Níjar, junto con el rico contenido fosilífero, permitió establecer una somerización progresiva de muro a techo, donde se pasaba de ambientes de plataforma externa por debajo del nivel de base del oleaje de tormentas, a un ambiente de plataforma interna afectada por las tormentas (Aguirre, 1995, 1996, 1998; Aguirre *et al.*, 1996). En este estudio se ha podido refinar aún más dicho modelo gracias a los cambios experimentados en las asociaciones de foraminíferos bentónicos, tanto en la horizontal como en la vertical.

La presencia de un nivel de glauconita, así como de varios niveles de areniscas cementadas (interpretados como "grainflows"), ha permitido establecer un esquema de correlación estratigráfica de todas las secciones estudiadas (Fig. 10.1). En la sección Palmo de Salas no se ha observado el nivel de glauconita. No obstante, una serie de evidencias (ver mas adelante) apuntan a que el nivel de rodolitos de la parte superior de la sección puede ser el equivalente lateral del nivel de glauconita. Es por ello que, la sección Palmo de Salas se localiza por debajo del nivel de glauconita. Por debajo del nivel de glauconita se concentran prácticamente todas las secciones, excepto la sección Corralizas, que se localiza por encima de dicho nivel. Desde un punto de vista estratigráfico y de evolución secuencial, la capa de glauconita limita dos ciclos deposicionales somerizantes a techo. Desde un punto de vista paleogeográfico, y siguiendo un orden relacionado con la proximidad-distalidad (N-S) a la paleocosta inferida (Fig 2.1) para el momento del depósito de la Unidad I, por debajo de la glauconita se encuentran las secciones Palmo de Salas, Lomillas de Juan Úbeda, Corralizas-Norte y Acebuche. Tanto los ciclos deposicionales como la distribución

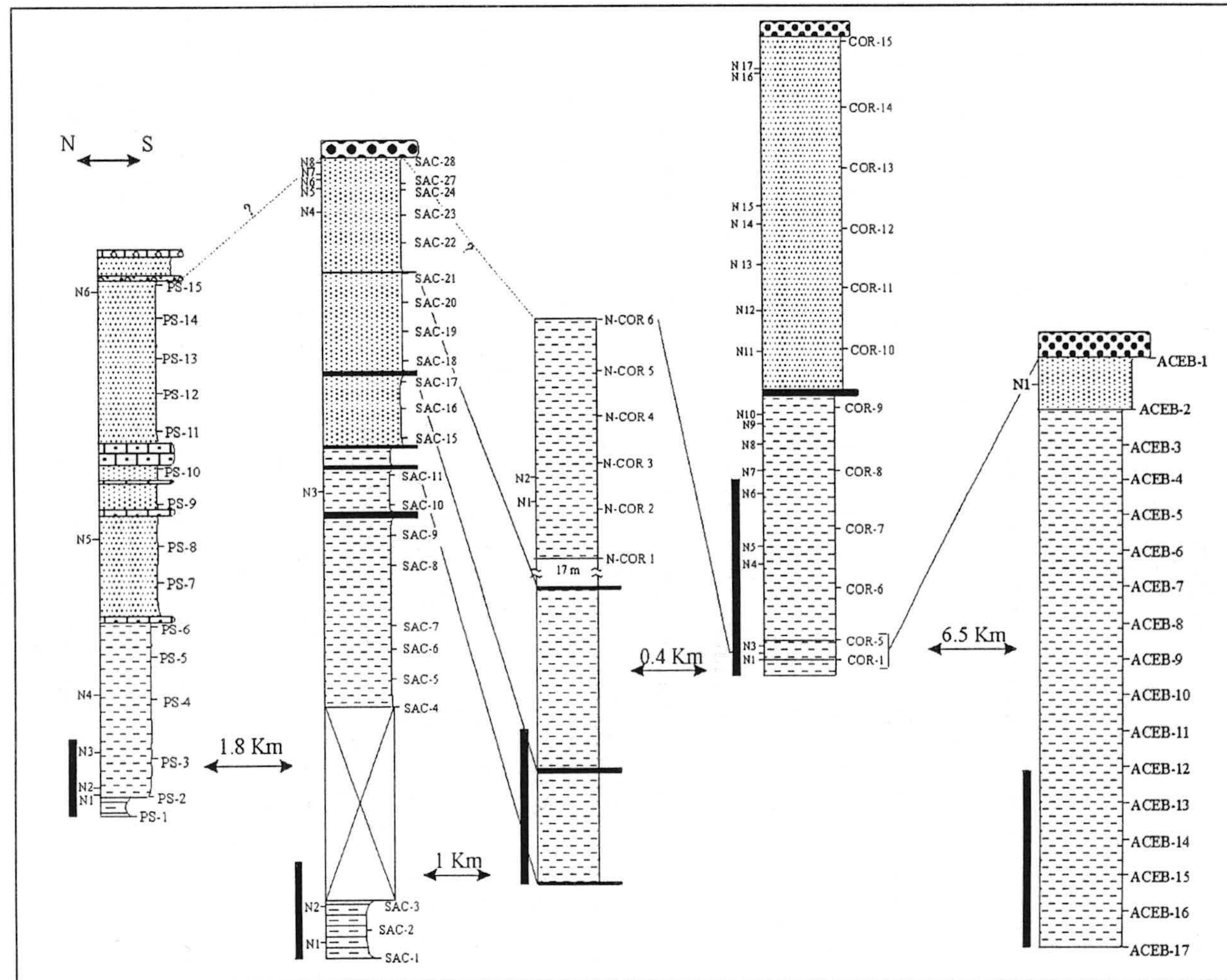


Figura 10.1.- Panel de correlación de las secciones estudiadas en este trabajo. Las líneas que unen dichas secciones corresponden al nivel de glauconita y a los niveles duros ("grainflows"). La escala gráfica para todas las secciones representa 10 m.

paleogeográfica de las secciones quedan reflejadas en las asociaciones de foraminíferos bentónicos.

En el primer ciclo sedimentario, por debajo de la glauconita, las asociaciones de foraminíferos bentónicos sugieren una somerización. Dicha tendencia queda marcada en las secciones más proximales, Palmo de Salas, Lomillas de Juan Úbeda y Corralizas-N. Sin embargo, en la sección Acebuche las asociaciones de foraminíferos bentónicos no experimentan cambios sustanciales en la paleobatimetría, de forma que la somerización no es tan marcada como en las secciones anteriores. En esta sección dominan las asociaciones de foraminíferos típicos de ambientes de plataforma externa (en torno a los 100-150 m de profundidad). Únicamente, determinados aspectos sedimentológicos, así como un incremento hacia techo de elementos retrabajados procedentes de zonas más someras de la plataforma podrían correlacionarse con la somerización inferida.

En las otras tres secciones, Palmo de Salas, Lomillas de Juan Úbeda y Corralizas-N, se han podido reconocer asociaciones de foraminíferos bentónicos típicas de ambientes de plataforma externa (100-200 m), plataforma media (20-100 m) y plataforma interna (< 20 m) (Culver, 1988; Brunner y Culver, 1992). Las asociaciones de los ambientes más profundos (margas y margas limosas) se caracterizan por representar fondos bien oxigenados, como indica la presencia de *Cibicidoides* en la base de las secciones de Lomillas de Juan Úbeda y Corralizas-N. Sin embargo, en la base de Palmo de Salas, el dominio de *Cassidulina neocarinata* (Ver Lámina, Fig.10) y la escasez de *Cibicidoides* sugiere un fondo con menor contenido en oxígeno.

Durante el depósito de los limos y las facies de transición limos-arenas, interpretados como depósitos de prodelta (Aguirre, 1998; Pérez-Muñoz *et al.*, en prensa), se implantaron unas condiciones muy especiales en gran parte de la plataforma (Fig. 10.2A). Las asociaciones de foraminíferos bentónicos ayudan a inferir que durante este intervalo de tiempo se desarrollaron ambientes empobrecidos en oxígeno de forma generalizada. En la parte más distal, esto es en Acebuche, estas condiciones se mantienen prácticamente a lo largo de toda la sección. Aquí, las asociaciones de foraminíferos bentónicos están dominadas por formas epifaunicas de ambientes bien

oxigenados (*Heterolepa bellincioni*, *Cibicidoides* spp, *Asterigerinata planorbis*) (De Dulk *et al.*, 1998, 2000) e infaunicas, adaptadas a ambientes con niveles bajos en el contenido de oxígeno (*Uvigerina peregrina*, *Brizalina dilatata* y *Cassidulina neocarinata*) (Streeter y Shackleton, 1979; Miller y Lohmann, 1982; Sen Gupta y Machain-Castillo, 1993; Martins y Carapito, 1999). Esta mezcla faunística podría explicarse en ambientes mesotróficos, caracterizados por niveles intermedios de partículas alimenticias y oxígeno (Jorissen, 1999). De esta forma, la cantidad de partículas alimenticias procedentes del continente que alcanzan partes cada vez más distales de la plataforma sería menor, generando ambientes mesotróficos en el fondo. Dichas partículas alimenticias podrían ser aportadas por el delta Abrioja mediante corrientes superficiales que alcanzarían estas zonas más alejadas. De manera excepcional, la muestra de la base de Acebuche (ACEB-17) está dominada por *U. peregrina* (aproximadamente un 75%). La elevada abundancia relativa de esta especie en una zona distal de la plataforma podría estar relacionada con la influencia de aguas ricas en partículas alimenticias y nutrientes procedentes de centros de “upwellings” costeros, localizados generalmente en la ruptura de la plataforma, que provocarían el desarrollo de los productores primarios en las capas más superficiales de la columna de agua. Como consecuencia se produciría un flujo de materia orgánica al fondo que sería aprovechada por los organismos bentónicos. Pero, al mismo tiempo, reduciría los niveles de oxígeno existentes en el fondo. El hecho de un cambio en la procedencia de los nutrientes en la vertical (desde centros de “upwellings” en la base a procedentes del continente en el resto de la sección) podría sugerir la progresiva progradación del delta Abrioja.

En regiones más proximales de la plataforma, como en Lomillas de Juan Úbeda y Corralizas-Norte, cabe pensar que estos ambientes son producidos por los aportes que tienen lugar desde el continente. Al igual que sucede en Acebuche, taxones tolerantes a los factores comentados anteriormente (falta de oxígeno y flujo de materia orgánica), como es el caso de *Gyroidinoides* spp, *Bolivina* spp, *Brizalina* spp, etc. (Sen Gupta y Machain-Castillo, 1993; Jorissen, 1987; De Rijk *et al.*, 1999), dominan las asociaciones.

Como se puede observar, las especies con microhábitat infaunico, de forma generalizada entre los foraminíferos bentónicos, son las mas tolerantes a estas condiciones (Kaiho, 1994, 1999).

Durante el depósito de los sedimentos limoso-arenosos, la permanencia de las mismas especies, o bien de otras especies pero con requerimientos ecológicos semejantes, hace pensar que las condiciones del medio no sufrieron cambio alguno. Esto se puede observar claramente en las asociaciones reconocidas en la mitad superior de la sección Lomillas de Juan Úbeda y en Corralizas-Norte. Esto sugiere que el aporte de sedimento a la cuenca no ha cesado, provocando la disminución de oxígeno y permitiendo, por tanto, el establecimiento de condiciones disóxicas de una manera casi permanente. Esta disminución en el contenido de oxígeno sería congruente con la progradación del delta Abrija inferida anteriormente. En las zonas distales (sección Acebuche) la progradación deltaica quedaría reflejada por la existencia de elementos retrabajados procedentes de ambientes más someros de la plataforma (*A. becarii*, *Lenticulina* spp y *Marginulina costata*), cada vez más frecuentes en la mitad superior de la sección.

El mantenimiento de las condiciones disaeróbicas durante todo este periodo de tiempo pudo estar también condicionado por otros factores diferentes al aporte de materia orgánica (ya sea procedente del continente como por incremento de la producción primaria). Por un lado, una elevada tasa de sedimentación debió jugar un importante papel en la somerización del limite redox dentro de la columna de sedimento debido al rápido enterramiento de la materia orgánica. Una elevada tasa de sedimentación es congruente con la presencia de numerosos restos de cetáceos parcialmente (en raras ocasiones totalmente) articulados (Aguirre, 1995). Por otro, la permanencia de ambientes empobrecidos en oxígeno pudo estar relacionada con la propia paleogeografía. Durante el depósito de los limos y arenas finas de la Unidad I, en la cuenca de Almería-Níjar se formó un amplio golfo relativamente protegido. Este contexto paleogeográfico pudo condicionar un cierto confinamiento de las aguas, con el

aumento del tiempo de residencia de las aguas, de forma que las condiciones de fondos empobrecidos en oxígeno inferidas se pudieron ver favorecidas e, incluso, amplificadas.

El establecimiento de condiciones disaeróbicas generalizadas parece verse interrumpido en la sección Palmo de Salas. En este caso, tan sólo se ha detectado una asociación claramente indicativa de medios disaeróbicos (muestra PS-10). En el resto de las muestras el dominio de una gran variedad de especies epifíticas (como, por ejemplo, *Cibicides* spp y *Elphidium* spp) indican medios bien oxigenados y cubiertos de praderas de algas. La presencia de estas asociaciones en este punto de la cuenca indicarían un medio dentro de la zona de mezcla de aguas, con una ventilación buena y continua. Así mismo, el desarrollo de praderas de algas sugiere una influencia indirecta o más esporádica de los aportes terrígenos procedentes del delta. Estas condiciones se darían en la sección Palmo de Salas, ya que es la sección más proximal de todas las estudiadas. Del mismo modo, en la parte alta de la sección Corralizas-Norte las asociaciones de foraminíferos bentónicos indican unas condiciones similares a las inferidas para Palmo de Salas.

Finalmente, en las facies arenosas, la presencia de asociaciones integradas por taxones indicativos de medios someros (en torno a los 20-30 m de profundidad), como *Ammonia beccarii*, *Nonion asterizans*, *Elphidium crispum* (Ver Lámina, Fig.6), *Criboelphidium decipiens* y *Neocorbina orbicularis* (Kafescioglu, 1975; Walton y Sloan, 1990; Murray, 1991; Brunner y Culver, 1992; Hayward y Hollis, 1994; Alve y Murray, 1999; Sen Gupta, 1999) marcan el final de la somerización del primer ciclo en las secciones Palmo de Salas y Lomillas de Juan Úbeda.

A continuación, se encuentra el nivel de glauconita, el cual marca un cambio en las condiciones normales de sedimentación (Fig.10.2B). El hecho de que este nivel llegue a alcanzar hasta 1,25 m de potencia en la sección Corralizas sugiere la existencia de una importante parada en la sedimentación. Estas condiciones de baja tasa de sedimentación pueden deberse a dos aspectos: a) a un máximo transgresivo, que traslade los aportes detríticos hacia zonas más internas de la plataforma, lo que facilitaría la formación de glauconita en áreas donde antes tenía lugar la sedimentación normal; o, b)

a un cambio de dirección en los principales sistemas de canales distributarios del delta Abrijoja. Este hecho ha sido propuesto para interpretar un cambio en la sedimentación en la zona más occidental de la cuenca, de sedimentación fundamentalmente carbonatada a terrígena procedente del avance del delta Abrijoja (Aguirre, 1995, 1998). Ambas alternativas no son excluyentes, sino que podrían ser complementarias. Unas condiciones ambientales similares de baja tasa de sedimentación serían necesarias para la formación del nivel de rodolitos presente en el techo de la sección Palmo de Salas (Aguirre, 1995, 1998). De esta forma se podría correlacionar, al menos tentativamente, el nivel de rodolitos con la capa glauconítica (Fig. 10.1). En este contexto de baja tasa de sedimentación se explicarían los modelos tafonómicos reconocidos en las conchas de *Lenticulina* (Pérez-Muñoz *et al.*, 2000), relacionados con procesos de abrasión mecánica y con la acción biológica actuando sobre las conchas durante dilatados periodos de tiempo de exposición sobre el fondo.

El estudio de las asociaciones de especies de foraminíferos bentónicos a lo largo de este nivel ha permitido reconocer asociaciones de plataforma interna (en las secciones situadas al N de la zona de estudio) y de plataforma externa (al S), confirmando las interpretaciones acerca de la paleobatimetría y paleogeografía de la zona.

El segundo ciclo deposicional (sección Corralizas, por encima del nivel de glauconita) comienza con el reestablecimiento de las condiciones normales de sedimentación (Fig 10.2C). En este caso, las asociaciones reconocidas desde la base de la sección representan ambientes de plataforma interna-media, a diferencia de lo que se ha interpretado para la base del primer ciclo. Este hecho está corroborado por la presencia de niveles de acumulación de bioclastos (tempestitas) también desde la base de la sección. Las asociaciones identificadas están constituidas por especies de microhábitat infaunico (como *Bulimina* spp y *Hopkinsina bononiensis*), y epifaunico (como *Heterolepa bellincioni*, *Cibicides* spp y *Elphidium* spp), sugiriendo un ambiente mesotrófico relacionado con los aportes deltaicos. La disminución en los valores de

diversidad y en la relación P/P+B hacia el techo de Corralizas permiten inferir una somerización progresiva.

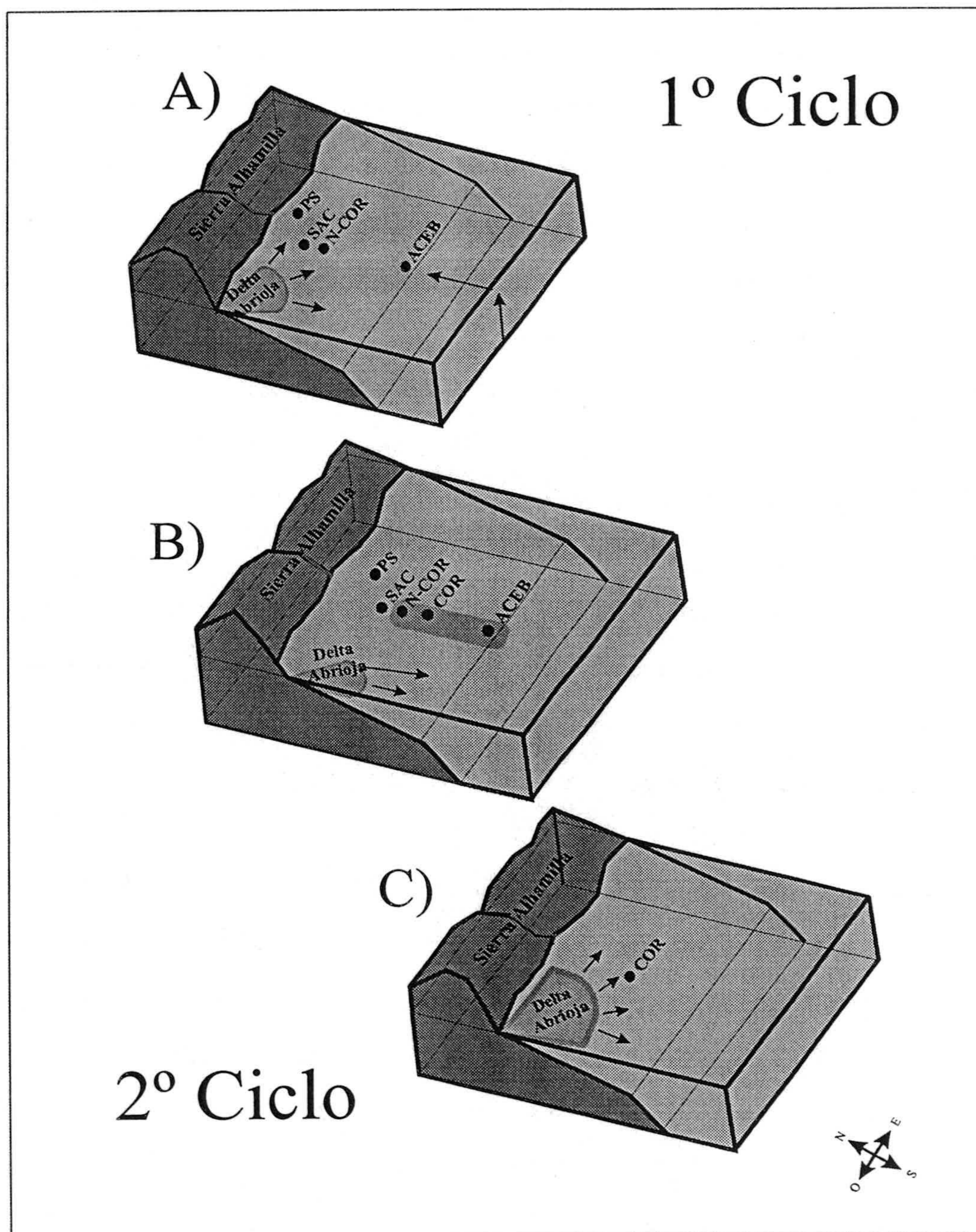


Figura 10.2.- Modelo sedimentario para los sedimentos del Plioceno inferior de la cuenca de Almería-Níjar. La Fig.10.2A) corresponde al primer ciclo de somerización; la Fig.10.2B) representa el intervalo representado por el nivel de glauconita; y, por último, la Fig 10.2C) indica el segundo ciclo de somerización reconocido.

En resumen, la Unidad I del Plioceno inferior de la cuenca de Almería-Níjar representa una secuencia somerizante a techo. Dicho patrón parece estar relacionado con la progradación del delta Abrijoja. Además de esta tendencia somerizante, durante gran parte del depósito de la Unidad I se implantaron fondos disaeróbicos en gran parte de la cuenca debido a un importante aporte de materia orgánica, principalmente desde el continente, gracias al delta Abrijoja, y al rápido enterramiento de la misma. En el caso de la sección Acebuche, localizada en el borde de la plataforma, el aporte de materia orgánica detectado en la base de la sección (ACEB-17) pudo proceder de corrientes superficiales desde centros de "upwellings". Un relativo confinamiento paleogeográfico de la cuenca pudo condicionar que se mantuvieran (e incluso amplificaran) dichas condiciones de empobrecimiento en oxígeno. Durante la somerización inferida se detectan, gracias a las asociaciones de foraminíferos bentónicos, dos ciclos menores de somerización limitados por la capa de glauconita. Dicho nivel supuso una parada en la sedimentación, de tal forma que los organismos quedaron expuestos durante dilatados periodos de tiempo sobre la interfase agua-sedimento a procesos de destrucción tafonómica, tales como abrasión mecánica y posible degradación por acción bacteriana u otros microorganismos.

Capítulo 11. Conclusiones

Conclusiones

1.- Las secciones Palmo de Salas, Lomillas de Juan Úbeda y Corralizas-Norte, representan secuencias somerizantes a techo, donde se pasa de una plataforma externa a medios de plataforma interna somera. En los sedimentos más profundos caben destacar especies como *Cassidulina neocarinata*, en la sección Palmo de Salas, *Cibicidoides* spp, *Siphonina planoconvexa*, en las secciones Lomillas de Juan Úbeda y Corralizas-Norte. En cambio, el predominio de *Ammonia beccarii*, *Elphidium* spp y *Nonion asterizans* en el techo de la mayoría de secciones, así como en la mayor parte de la sección Las Corralizas, ponen de manifiesto un medio somero. Sin embargo, las asociaciones identificadas en la sección Acebuche no muestran este cambio en la batimetría del medio, ya que gran parte de las especies reconocidas pertenecen a ambientes de plataforma externa. No obstante, la presencia de especies retrabajadas (*Ammonia beccarii*, *Lenticulina* spp y *Marginulina* spp) de medios más someros, la litología y los rasgos sedimentológicos apuntan hacia una posible somerización hacia el techo de esta sección. La tendencia de somerización que se observa a lo largo del Plioceno inferior es además, corroborada por los valores en los diferentes parámetros de diversidad así como por la relación P/P+B.

2.- Un nivel de glauconita localizado en el área de estudio ha permitido establecer una buena correlación entre las distintas secciones. Dicho nivel indica un momento de parada en la sedimentación que ha afectado a gran parte de la plataforma (desde la sección Corralizas-Norte hasta Acebuche). En estas facies las asociaciones de foraminíferos bentónicos coinciden con la paleobatimetría y paleogeografía inferida

para la zona, así se han reconocido unas asociaciones típicas de una plataforma media-interna (CVB-1, N-COR 6, CVB-2 y en todas las muestras COR), y otra correspondiente a una plataforma externa (ACEB-1). Dentro de estas asociaciones cabe destacar el predominio del género *Lenticulina*, que gracias a la estructura de su concha es capaz de resistir mucho tiempo expuesto sobre el fondo. Su dominio frente a otras especies en estas condiciones ha llevado al reconocimiento de diversos patrones preservacionales en los individuos pertenecientes a dicho género, que ponen de manifiesto la actuación de determinados procesos (abrasión, corrosión, corrosión, etc.) que afectan directamente a las conchas y provocan el desgaste de las mismas.

3.- Dos ciclos de somerización han sido diferenciados a lo largo del Plioceno inferior. El primer ciclo incluye las secciones que quedan situadas estratigráficamente por debajo del nivel de glauconita, es decir, las secciones Palmo de Salas, Lomillas de Juan Úbeda, Corralizas-Norte y Acebuche. En cambio, el segundo ciclo se sitúa sobre dicho nivel, y está representado únicamente por la sección Corralizas. Las asociaciones de especies de foraminíferos bentónicos reconocidos en la base del segundo ciclo indican que el medio no fue más profundo que la base del primer ciclo.

4.- Las agrupaciones de muestras obtenidas a partir de un análisis cluster en modo Q, tienen dos posibles interpretaciones. Una consiste en la correspondencia de dichas agrupaciones con las facies reconocidas a lo largo de la sección, como sucede claramente en Palmo de Salas y Lomillas de Juan Úbeda, lo que indica que el tipo de substrato juega un importante papel sobre la distribución de las asociaciones de especies en ambas secciones. Por el contrario, en el resto de las secciones, Corralizas-Norte, Corralizas y Acebuche, las agrupaciones de muestras están más relacionadas con otros condicionantes ecológicos, como el contenido de oxígeno disuelto, los flujos de materia orgánica, corrientes, etc.

5.- Los resultados obtenidos en un análisis cluster en modo R han permitido reconocer asociaciones que han dado información de la batimetría del medio, así como de otros aspectos paleoecológicos. Los datos obtenidos en el análisis factorial apoyan en todos los casos los resultados del análisis cluster. Se han reconocido diversos tipo de asociaciones: a) asociaciones indicativas de ambientes disóxicos (0,1-0,3 ml/L O₂) generadas por el acúmulo de materia orgánica procedente de centros de “upwellings” (*Uvigerina peregrina*) o del continente por el delta Abrijoja (dominados por bulimináceos, uvigerínidos y cassidulináceos). En ambos casos, las asociaciones de especies se caracterizan por ser poco diversas y estar formadas por un gran números de especímenes; b) asociaciones constituidas por especies con una estrategia de vida epifítica, como son *Cibicides refulgens*, *C. lobatulus*, *Asterigerinata planorbis*, la mayoría de las especies que forman parte de la familia elphidiinae (*Elphidium crispum*, *E. macellum*, *E. advenum*, *E. aculeatum*, *Elphidiella* sp, *Criboelphidium decipiens*); c) asociaciones indicativas de medios oligotróficos dominadas por especies con un microhábitat epifaunico; d) asociaciones indicativas de medios influenciados por una tasa de sedimentación elevada. En este caso las asociaciones están dominadas uniformemente por especies de microhábitat infaunico y epifaunico. Asociaciones de este tipo son frecuentes en todas las secciones estudiadas.

6.- La distribución de las asociaciones de especies de foraminíferos bentónicos en este estudio está determinada por los flujos de materia orgánica procedentes del delta Abrijoja, sobretodo en las secciones más cercanas a la desembocadura de los canales distributarios del delta. En cambio, en las regiones más alejadas de la plataforma, la distribución de las asociaciones están relacionadas con medios de alta productividad oceánica.

7.- La especie *Cassidulina neocarinata* es una especie que ha sido reconocida en todas las secciones estudiadas. En este trabajo, su presencia y su abundancia parece estar ligada a su capacidad de resistir variaciones en distintos parámetros ecológicos.

Apéndice

Apéndice

En este apéndice se recogen los aspectos taxonómicos formales de las especies de foraminíferos bentónicos representados por \square 3%. Asimismo también se incluye una descripción de aquellos especímenes que, debido a su escasa preservación, son identificados a nivel de género.

Ammonia beccarii (Linné) = *Nautilus beccarii* Linné, 1758. Incluye todo un conjunto de especies, subespecies y variedades, que muestran un parecido con *A. beccarii*, la mayoría de ellas estudiadas por Walton y Sloan (1990). Estas variedades han sido consideradas como variaciones ecofenotípicas y sinónimos de individuos juveniles de esta especie. Esta opinión es compartida por varios autores como Poag (1978), Wang y Lutze (1986) y Jorissen (1988). Diferencias en las morfologías y en la distribución geográfica de *Ammonia* se deben a factores como salinidad, temperatura, clima, disponibilidad de alimento, estrategias de vida y concentración de oxígeno.

Amphycorina scalaris (Batsch) = *Nautilus scalaris* Batsch, 1791.

Anomalinoides sp. Concha hialina, ligeramente trocoespiralada, periferia lobulada; de 8 a 9 cámaras; líneas de sutura muy marcadas y rectas en ambas caras; en la zona de los umbos hay engrosamientos calcíticos; apertura interiomarginal; ornamentación lisa; poros no se aprecian.

Asterigerinata planorbis (d'Orbigny) = *Asterigerina planorbis* d'Orbigny, 1846.

Astrononion stelligerum (d'Orbigny) = *Nonionina stelligera* d'Orbigny, 1839.

Bigenerina nodosaria d'Orbigny, 1826.

Bolivina antiqua d'Orbigny, 1846.

Bolivina italica Cushman, 1936.

Bolivina placentina Zanmatti, 1957.

Bolivina pseudoplicata Heron-Allen et Earland, 1930.

Bolivina punctata d'Orbigny, 1839.

Brizalina catanensis (Seguenza) = *Bolivina catanensis* Seguenza, 1862.

Brizalina dilatata (Reuss) = *Bolivina dilatata* Reuss, 1850.

Brizalina spathulata (Williamson) = *Textularia variabilis* Williamson var. *spathulata* Williamson, 1858.

Bulimina basispinosa (Tedeschi et Zanmatti) = *Bulimina aculeata* d'Orbigny var. *basispinosa* Tedeschi et Zanmatti, 1957.

Bulimina costata d'Orbigny, 1852.

Bulimina elongata d'Orbigny, 1846.

Bulimina lappa (Cushman et Parker) = *Bulimina elongata* d'Orbigny var. *lappa* Cushman et Parker, 1937.

Bulimina marginata d'Orbigny, 1826.

Bulimina minima (Tedeschi et Zanmatti) = *Bulimina aculeata* d'Orbigny var. *minima* Tedeschi et Zanmatti, 1957.

Bulimina sp. Concha hialina; triseriada; elongada; crecimiento de las cámaras hacia la apertura; de 5-6 tríos de cámaras; lo más característico es el contorno redondeado que se observa en las cámaras iniciales; líneas de sutura pronunciadas y profundas; apertura elongada con un labio en la última cámara; ornamentación lisa.

Cassidulina neocarinata Thalmann, 1950.

Cibicides lobatulus (Walker et Jacob) = *Nautilus lobatulus* Walker et Jacob, 1798.

Cibicides praecinctus (Karrer) = *Truncatulina praecincta* Karrer, 1868.

Cibicides refulgens Montfort, 1808.

Cibicides sp. Concha hialina; trocoespiralada; plano-convexa; lado espiral plano, evolutivo, con crecimiento rápido de cámaras, líneas de sutura curvadas hacia las primeras cámaras; lado umbilical caracterizado por presentar un ombligo marcado, del que parten muchas líneas de sutura rectas hacia la periferia; apertura ecuatorial que se extiende hacia el lado espiral; finalmente, perforado por ambos lados.

Cibicides spp. Este grupo contiene especímenes de este género pobremente preservados, que no han podido ser identificados a nivel de especie.

Cibicidoides dutemplei (d'Orbigny) = *Rotalina dutemplei* d'Orbigny, 1846.

Cibicidoides kullebergi (Parker) = *Cibicides kullenbergi* Parker, 1953.

Cibicidoides molacus (Poag) = *Cibicides molacus* Poag, 1966.

Cibicidoides pachydermus (Rzehak) = *Truncatulina pachyderma* Rzehak 1886.

Cibicidoides pseudoungerianus (Cushman) = *Truncatulina pseudoungeriana* Cushman, 1922.

Cibicidoides sp 1. Concha hialina; trocoespiralada; periferia redondeada; lado espiral casi plano, con líneas de sutura recta, 5-6 cámaras; lado umbilical con líneas de sutura curvadas hacia las cámaras iniciales; apertura interiomarginal alargada sin llegar al ombligo, con un pequeño labio; poros gruesos en el lado umbilical; carena marcada.

Cibicidoides sp 3. Concha hialina; trocoespiralada; periferia redondeada; lado espiral ligeramente convexo; líneas de sutura inclinadas y rectas; tan sólo se reconocen la última vuelta de espiral ya que el resto no son visibles; lado umbilical caracterizado por un ombligo que aparece como una protuberancia, numerosas líneas de sutura finas salen de éste; carena fina; apertura interiomarginal ecuatorial pequeña; poros gruesos en el lado umbilical.

Cibicidoides spp. Este grupo contiene especímenes de este género pobremente preservados, que no han podido ser identificados a nivel de especie.

Cibicidoides ungerianus (d'Orbigny) = *Rotalina ungeriana* d'Orbigny, 1846.

Criboelphidium decipiens (Costa) = *Polystomella decipiens* Costa, 1856.

Elphidiella sp. Concha hialina; planiespiralada; simetría bilateral; de 10 a 20 cámaras en la última vuelta; periferia redondeada; suturas con aperturas a canales subsuturales y verticales formando una doble hilera de poros alternantes a lo largo de cada sutura radial; ornamentación estriada; apertura interiomarginal.

Elphidium aculeatum (d'Orbigny) = *Polystomella aculeata* d'Orbigny, 1846.

Elphidium advenum (Cushman) = *Polystomella advena* Cushman, 1922.

Elphidium complanatum (d'Orbigny) = *Polystomella complanata* d'Orbigny, 1839.

Elphidium crispum (Linné) = *Nautilus crispus* Linné, 1758.

Elphidium macellum (Fichtel et Moll) = *Nautilus macellus* Fichtel et Moll, 1798.

Eponides sp. Concha hialina; trocoespiralada; biconvexa; en el lado espiral se contabilizan al menos dos vueltas de espira, numerosas cámaras y líneas de sutura ligeramente curvadas; lado umbilical caracterizado por un gran ombligo en la parte central del que parten líneas de sutura cruzadas hacia la periferia; 10-12 cámaras; apertura interiomarginal; ornamentación lisa; poros no se aprecian.

Globocassidulina subglobosa (Brady) = *Cassidulina subglobosa* Brady, 1881.

Gyroidina soldanii (d'Orbigny) = *Rotalia soldanii* d'Orbigny, 1826.

Gyroidinoides neosoldanii (Brotzen) = *Gyroidina neosoldanii* Brotzen, 1936.

Gyroidinoides umbonatus (Silvestri) = *Rotalia soldanii* d'Orbigny var. *umbonata* Silvestri, 1898.

Hanzawaia boueana (d'Orbigny) = *Truncatulina boueana* d'Orbigny, 1846.

Hanzawaia sp. Concha hialina; trocoespiralada; plana a ligeramente biconvexa; lado espiral plano o ligeramente convexo con pocas vueltas de espiral; lado umbilical con un ombligo muy marcado del que parten numerosas líneas de sutura que se curvan hacia la periferia; apertura interiomarginal con extensión hacia la cara espiral; ornamentación lisa; poros no se reconocen; pequeño tamaño.

Heterolepa bellincioni (Gianninie et Tavani) = *Cibicides bellincioni* Gianninie et Tavani, 1960.

Heterolepa floriadana (Cushman) = *Truncatulina floriadana* Cushman, 1918.

Hopkinsina bononiensis (Fornasini) = *Uvigerina bononiensis* Fornasini, 1888.

Lagena striata (d'Orbigny) = *Oolina striata* d'Orbigny, 1839.

Lenticulina calcar (Linné) = *Nautilus calcar* Linné, 1758.

Lenticulina cf. *L. vitrea*. La diferencia con respecto a *L. vitrea* está en las líneas de sutura, las cuales son más curvadas y con más relieve, y en una mayor convexidad.

Lenticulina cultrata (de Montfort) = *Robulus cultratus* de Montfort, 1808.

Lenticulina rotulata (Lamarck) = *Lenticulites rotulata* Lamarck, 1804.

Lenticulina sp 0. Especies no reconocidas de *Lenticulina* que muestran un gran desarrollo de "facetas periféricas".

Lenticulina sp 1. Especies de *Lenticulina* que se caracterizan por presentar un simple desgaste de la periferia de su concha ("facetas periféricas").

Lenticulina sp 2. Conchas de *Lenticulina* que pueden conservar o no su carena, pero además han perdido los umbos de ambos lados.

Lenticulina sp. Concha hialina; planiespiralada, evoluta; compuesta por 3 cámaras; líneas de sutura rectas aunque se curvan hacia la periferia; carena; apertura marginal superior radial gran tamaño; pequeñas espinas en las cámaras iniciales.

Lenticulina spp. Este grupo contiene especímenes de este género pobremente preservados, que no han podido ser identificados a nivel de especie.

Lenticulina stellata (Seguenza) = *Robulina stellata* Seguenza, 1880.

Marginulina costata (Batsch) = *Nautilus costatus* Batsch, 1791.

Martinottiella communis (d'Orbigny) = *Clavulina communis* d'Orbigny, 1826.

Melonis padanum (Perconig) = *Nonion padanum* Perconig, 1952.

Melonis soldanii (d'Orbigny) = *Nonionina soldanii* d'Orbigny, 1846.

Neocorbina orbicularis (Terquem) = *Rosalina orbicularis* Terquem, 1876.

Neoeponides schreibersii (d'Orbigny) = *Rotalina schreibersii* d'Orbigny, 1846.

Nonion asterizans (= *Florilus boueanum*) Fitchel et Moll 1798. Existe una cierta controversia a cerca de la validez del género *Florilus*, así como de su consideración dentro del género *Hanzawaia* (ver Loeblich y Tappan, 1988). A pesar del intento de crear nuevos géneros para representar a *Florilus* (Revets, 1996) la mayoría de la comunidad científica continua considerando a este género como *Nonion* por la afinidad morfológica que ambos presentan.

Nonion depressulum (Walker et Jacob) = *Nautilus depressulus* Walker et Jacob, 1798.

Nonion elongatum (d'Orbigny) = *Nonionina elongata* d'Orbigny, 1825.

Oridorsalis sp. Concha hialina; periferia lobulada; trocoespiralada; su cara umbilical presenta 5 cámaras separadas por líneas de sutura rectas que hacia el ombligo se curvan; la cara espiral presenta mayor número de cámaras y sólo se reconocen las correspondientes a la última vuelta de espira, el ombligo es poco pronunciado; apertura alargada en posición interiomarginal y no llega al ombligo; ornamentación lisa; poros no se aprecian.

Orthomorphina tenuicostata (Costa) = *Nodosaria tenuicostata* Costa, 1853.

Planulina ariminensis d'Orbigny, 1828.

Praeglobobulimina affinis (d'Orbigny) = *Bulimina affinis* d'Orbigny, 1839.

Praeglobobulimina pupoides (d'Orbigny) = *Bulimina pupoides* d'Orbigny, 1846.

Pullenia bulloides (d'Orbigny) = *Nonionina bulloides* d'Orbigny, 1846.

Pullenia sp. Concha hialina; planiespiralada; involuta; compuesta por 5-6 cámaras; forma de la concha esférica; suturas radiales; apertura estrecha, lineal de arco bajo, en posición interiomarginal ecuatorial; ornamentación lisa; poros no se aprecian; tamaño pequeño.

Siphonina planoconvexa (Silvestri) = *Truncatulina ryiculata* Czjzek var. *planoconvexa* Silvestri, 1898.

Sphaeroidina bulloides d'Orbigny, 1826.

Spiroplectamina wrightii (Silvestri) = *Spiroplecta wrightii* Silvestri, 1903.

Stainfortia complanata (Egger) = *Virgulina schreibersiana* Czjzek var. *complanata* Egger, 1893.

Textularia ponderosa Fornasini, 1887.

Textularia sp. Concha arenacea; biseriada; no comprimida; 6 pares de cámaras; cámaras que incrementan de tamaño hacia la boca; compuesta por granos gruesos; apertura elongada en la última cámara; suturas rectas.

Trifarina fornasini (Selli) = *Angulogerina fornasini* Selli, 1948.

Uvigerina longistriata Perconig, 1955.

Uvigerina peregrina Cushman, 1923.

Uvigerina pygmaea d'Orbigny, 1826.

Vaginulina striatissima Schrodt, 1890.

Valvulinaria bradyana (Fornasini) = *Discorbina bradyana* Fornasini, 1900.

Bibliografía

Bibliografía

- Aguirre, J. 1995. Tafonomía y evolución sedimentaria del Plioceno marino en el litoral sur de España entre Cádiz y Almería. Tesis Doctoral, Univ. Granada, pp. 419 (inédita).
- Aguirre, J. 1996. Modelo de tafofacies en el Plioceno inferior de la cuenca de Almería-Níjar (SE de España). En: Tafonomía y fosilización. (Eds Meléndez Hevia, G. Blasco Sancho, M. F., y Pérez Urresti, I.,), Zaragoza. 11-18.
- Aguirre, J. 1998. El Plioceno del SE de la Península Ibérica (Provincia de Almería). Síntesis estratigráfica, sedimentológica, biostratigráfica y paleogeográfica. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 11(3-4), 297-315.
- Aguirre, J. y Jiménez, A. P. 1997. Census assemblages in hard-bottom coastal communities: A case study from the Plio-Pleistocene Mediterranean. *Palaios*, 12: 598-608.
- Aguirre, J. y Jiménez, A. P. 1998. Fósil analogues of the present-day ahermatypic *Cladocora caespitosa* coral banks: Sedimentary setting, dwelling community, and Taphonomy (late Pliocene, W Mediterranean). *Coral Reef*, 17, 203-213.
- Aguirre, J. y Sánchez-Almazo, I. M. 1998. Foraminiferal assemblages in Upper Pliocene deposits of Almería-Níjar Basin (SE Spain): Biostratigraphic and palaeoenvironmental significance. *15th Intern. Sedimentol. Congress, Univ. Alicante*, p. 120.
- Aguirre, J.; Braga, J. C.; Jiménez, A. P. y Rivas, P. 1996. Substrate-related changes in pectinid fossil assemblages. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 126: 291-308.
- Alve, E. y Murray, J. W. 1999. Marginal marine environments of the Skagerrak and Kattegat: a baseline study of living(stained) benthic foraminiferal ecology. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 146, 171-193.
- Barmawidjaja, D. M.; Jorissen, F. J.; Puskaric, S. y van der Zwaan, G. J. 1992. Microhábitat selection by benthic foraminifera in the Northern Adriatic Sea. *Journal of Foraminiferal Research*, 22(4), 297-317.
- Boltovskoy, E. y Wright, R. 1976. Recent Foraminifera. W. Junk, The Hague.
- Boorsma, L. J. 1993. Syn-tectonic sedimentation in a Neogene strike-slip basin (Serrata area, SE Spain).

- Tesis Doctoral, Univ. Amsterdam, pp 85.
- Bornhold, B. D. y Giresse, P. 1985. Glauconitic sediments on the continental shelf off Vancouver Island, British Columbia, Canada. *Journal of Sedimentary Petrology*, 55(5), 653-664.
- Brunner, C. A. y Culver, S. J. 1992. Quaternary foraminifera from the walls of Wilmington, South Wilmington, and North Hyes Canyons, U.S. East Coast: Implications for continental slope and rise evolution. *Palaios*, 7, 34-66.
- Buzas, M. A. 1990. Another look at confidence limits for species proportions. *Journal of Paleontology*, 64(5), 842-843.
- Caralp, M. H. 1989. Abundance of *Bulimina exilis* and *Melonis barleeaanum*: Relationship to the quality the marine organic matter. *Geo-Marine Letters*, 9, 37-43.
- Christensen, B. A.; Miller, K. G. y Olsson, R. K. 1995. Eocene-Ologocene benthic foraminiferal biofacies and depositional sequences at the ACGS#4 Borehole, New Jersey Coastal Plain. *Palaios*, 10, 103-132.
- Cita, M. B. 1975. Studi sul Pliocene e sugli strati di passaggio dal Miocene al Pliocene. VIII. Planktonic foraminiferal biozonation of the Mediterranean Pliocene deep sea record. A revision. *Riv. Ital. Paleotol.*, 81: 527-544.
- Corliss B. H. y Emerson, S. 1990. Distribution of Rose Bengal stained deep-sea benthic foraminifera from the Nova Scotia continental margin and Gulf of Maine. *Deep-Sea Research*, 37, 381-400.
- Corliss, B. H. 1985. Microhabitats of benthic foraminifera winthin deep-sea sediments. *Nature*, 314, 435-438.
- Corliss, B. H. y Chen, C. 1988. Morphotype patterns of Norwegian Sea Deep-sea benthic foraminifera and ecological implications. *Geology*, 16, 716-719.
- Corliss, B. H.; Martinson, D. y Keffer, T. 1986. Late Quaternary deep ocean circulation. *Geological Society of American Bulletin*, 97, 1106-1121.
- Corliss, B.H. 1991. Morphology and microhabitat preferences of benthic foraminifera from the northwest Atlantic Ocean. *Marine Micropaleontology*, 17, 195-236.
- Culver, S. J. 1988. New foraminiferal depth zonation of the northwestern Gulf of México. *Palaios*, 3, 69-85.
- Culver, S. J. y Snedd, J. W. 1996. Foraminiferal implications for the Formation of New Jersey shelf sand ridges. *Palaios*, 11, 161-175.

- De Rijk, S. y Troelstra, S. R. 1997. Salt marsh foraminifera from de Great Marshes, Massachussets: environmental controls. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 130, 81-112.
- De Rijk, S.; Jorissen, F. J.; Rohling, E. J. y Troelstra, S. R. 2000. organic flux control on bathymetric zonation of Mediterranean benthic foraminifera. *Marine Micropaleontology*, 40, 151-166.
- De Rijk, S.; Troelstra, S. R. y Rohling, E. J. 1999. Benthic foraminiferal distribution in the Mediterranean Sea. *Journal of Foraminiferal Research*, 29(2), 93-103.
- De Stinger, H. C.; Van der Zwaan, G. J. y Langone, L. 1999. Differential rates of benthic foraminiferal test production in surface and subsurface sediment habitats in the southern Adriatic Sea. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 149, 67-88.
- Debenay, J-P. 2000. Foraminifers of paralic tropical environments. *Micropaleontology*, 46(1), 153-160.
- Debenay, J-P.; Benateau, E.; Zhang, J.; Stouff, V.; Gestlin, E.; Redois, F. y Fernandez-Gonzalez, M. 1998. *Ammonia beccarii* y *Ammonia tepida* (Foraminifera): morphofuntional arguments for their distinction. *Marine Micropaleontology*, 34, 235-244.
- Den Dulk, M.; Reichart, G. J.; Memon, G. M.; Roelofs, E. M. P.; Zachariasse, W. J. y Van der Zwaan, G. J. 1998. Benthic foraminiferal response to variations in surface water productivity and oxygenation in the northern Arabian Sea. *Marine Micropaleontology*, 35, 43-66.
- Den Dulk, M.; Reichart, G. J.; Van Heyst, S.; Zachariasse, W. J. y Van der Zwaan, G. J. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 161, 337-359.
- Denne, R. A. y Sen Gupta, B. K. 1991. Association of bathyal foraminifera with water masses in the northwestern Gulf of México. *Marine Micropaleontology*, 17, 173-193.
- Douglas, R. G. y Woodruff, F. 1981. Deep-sea benthic foraminifera. En: *The Sea 7, The Oceanic Lithosphere*. (Ed. Emiliani C.), John Wiley, New York, 1233-1327.
- Douglas, R. G.; Liestman, J. y Walch, C. *et al.*, 1980. The transition from live to sediment assemblage in benthic foraminifera from the southern California borderland. En: *Quaternary depositional environments from the Pacific coast..* (Eds. Field, M. E.; Bouma, A. H.; Colburn I. P. *et al.*) *Society of Economic Paleontologist and Mineralogist*, Los Angeles, 257-280.
- Freiwald, A. 1995. Bacteria-Induced Carbonate Degradation: A Taphonomic Case study of *Cibicides lobatulus* from a high boreal Carbonate setting. *Palaios*, 10, 337-346.
- Gibson, T. G. 1989. Planktonic-Benthonic Foraminiferal Ratios: Modern patterns and tertiary applicability. *Marine Micropaleontology*, 15, 29-52.

- Gooday, A. J. 1993. Deep-sea benthic foraminifers species which exploit phytodetritus: Characteristic features and controls on distribution. *Marine Micropaleontology*, 22, 187-205.
- Gooday, A. J. 1988. A response by benthic foraminifera to the deposition of phytodetritus in the deep sea. *Nature*, 332(3), 70-73.
- Gooday, A. J. 1994. The Biology of Deep-Sea Foraminifera: A Review of Some Advances and Their Applications in Paleoceanography. *Palaios*, 9, 14-31.
- Goy, J. L. y Zazo, C. 1986. Síntesis of the Quaternary in the Almeria Littoral Neotectonic activity and its morphology features, Western Betic, Spain. *Tectonophysics*, 130, 259-270.
- Gupta, A. K. 1999. Latest Pliocene through Holocene paleoceanography of the eastern Indian Ocean: Benthic foraminiferal evidence. *Marine Geology*, 161, 63-73.
- Hald, M. y Steinsund, P. I. 1992. Distribution of surface sediment benthic foraminifera in the Southwestern Barents Sea. *Journal of Foraminiferal Research*, 22(4), 347-362.
- Hayward, B. W. y Hollis, C. J. 1994. Brackish foraminifera in New Zealand: A taxonomic and ecologic review. *Micropaleontology*, 40(3), 185-222.
- Holcová, K. 1996. Foraminiferal assemblages: Indicators of the paleoenvironmental evolution of marine basins and eustatic changes (Kiscellian-Karpatian of the South Slovak and danube Basin). *Geologica Carpathica*, 47(2), 119-130.
- Ingle, J. C. y Keller, G. 1980. Benthic foraminiferal biofacies of the Eastern Pacific Margin between 40°S and 32°N. En: Quaternary Depositional Environments of the Pacific Coast Paleogeography. (Eds. Field, M. E.; Bouma, A. H.; Colburn, I. P. *et al.*) *Society of Economic Paleontologist and Mineralogist*, Pacific Section Los Angeles, 342-355.
- Ingle, J. C.; Keller, G. y Kolpack, R. L. 1980. benthic foraminiferal biofacies, sediments and water masses of the southern Peru-Chile Trench area southeastern Pacific Ocean. *Micropaleontology*, 26, 113-150.
- Jorissen, F. J. 1987. the distribution of benthic foraminifera in the Adriatic Sea. *Marine Micropaleontology*, 21-48.
- Jorissen, F. J. 1988. benthic Foraminifera from the Adriatic Sea: Principles of Phenotypic variation. *Utrecht Micropaleontology Bulletin*, 37, 179 pp.
- Jorissen, F. J. 1999. Benthic foraminiferal microhabitats below the sediment-water interface. En: Modern Foraminifera. Ed (Sen Gupta, B. K.). Kuwer Academic, 160-179.

- Jorissen, F. J.; Barmawidjaja, D. M.; Puskaric, S. y Van der Zwaan, G. J. 1992. Vertical distribution of benthic foraminifera in the northern Adriatic Sea: The relation with the organic flux. *Marine Micropaleontology*, 19, 131-146.
- Kafescioglu, I. A. 1975. Quantitative distribution of foraminifera on the continental shelf and uppermost slope off Massachusetts. *Micropaleontology*, 21(3), 261-305.
- Kaiho, K. 1994. Benthic foraminiferal dissolved-oxygen index and dissolved-oxygen levels in the modern ocean. *Geology*, 22, 719-722.
- Kaiho, K. 1999. Effect of organic carbon flux and dissolved oxygen on the benthic foraminiferal oxygen index (BFOI). *Marine Micropaleontology*, 37, 67-76.
- Katz, M. E. y Thunell, R. C. 1984. Benthic foraminiferal biofacies associated with Middle Miocene to early Pliocene oxygen-deficient conditions in the Eastern Mediterranean. *Journal of Foraminiferal Research*, 14(3), 187-202.
- Kuhnt, W.; Herms, S. y Jian, Z. 1999. Quantitative composition of benthic foraminiferal assemblages as a proxy indicator for organic carbon flux rates in the South China Sea. *Marine Geology*, 156, 123-157.
- Lagoe, M. B. 1988. An evaluation of Paleogene paleobathymetric models: Benthic foraminiferal distributions in the Metrella Member of the Tejon Formation, Central California. *Palaios*, 3, 523-536.
- Lagoe, M. B.; Davies, T. A.; Austin, J. A. y Olson, H. C. 1997. Foraminiferal constraints on very High-Resolution seismic stratigraphy and Late Quaternary Glacial history, New Jersey continental shelf. *Palaios*, 12, 249-266.
- Langer, M. R. 1988. Recent epiphytic Foraminifera from Vulcano (Mediterranean Sea). En: Benthos'86. 3rd International Symposium Benthic Foraminifera. (Geneva, Switzerland, September 22-28, 1988). *Review Palèobiology*, 2, 827-832.
- Langer, M. R. 1993. Epiphytic foraminifera. *Marine Micropaleontology*, 20, 235-265.
- Linke, P. y Lutze, G. P. 1993. Microhábitat preferences of benthic foraminifera- a static concept or a dynamic adaptation to optimise food acquisition?. *Marine Micropaleontology*, 20, 215-234.
- Lloyd, J. 2000. Combined foraminiferal and thecamoebian environmental reconstruction from an isolation basin in NW Scotland: Implications for sea-level studied. *Journal of Foraminiferal Research*, 30(4), 294-305.

- Loeblich A. R. y Tappan, H. 1964. Sarcodina, chiefly "Thecamoebians" and Foraminiferida. En: Treatise on Invertebrate Paleontology, Part C, Protista 2. Ed (R. C. Moore) *Geological Society of America and University Kansas Press*, Lawrence, Kansas. Pp. 900; pls. 653.
- Loeblich A. R. y Tappan, H. 1988. Foraminiferal Genera and Their Classification. Van Nostrand Reinhold, New York, 1: pp. 970; 2: pp. 212, pls 847.
- Loubere, P. 1996. The surface ocean productivity and bottom water oxygen signals in deep water benthic foraminiferal assemblages. *Marine Micropaleontology*, 28, 247-261.
- Loubere, P. 1997. Benthic foraminiferal assemblage formation, organic carbon flux and oxygen concentrations on the outer continental shelf and slope. *Journal of Foraminiferal Research*, 27(2), 93-100.
- Lutze, G. F. 1980. Depth distribution of benthic foraminifera on the continental margin off NW Africa. "Meteor" *Forschungs-Ergebnisse*, 32, 31-80.
- Lutze, G. F. y Coulbourn, W. T. 1984. Recent benthic foraminifera from the continental margin of northwest Africa: community structure and distribution. *Marine Micropaleontology*, 8, 361-401.
- Mackensen, A. y Douglas, R. G. 1989. Down-core distribution of live and dead deep-water benthic foraminifera in box cores from the Weddell Sea and the California continental borderland. *Deep-Sea Research*, 36, 879-900.
- Martin, R. E. 1999. Taphonomy. A process Approach. Cambridge University Press, pp. 508.
- Martinez, P.; Bertrand, P.; Shimmield, G. B.; Cochrane, K.; Jorissen, F. J.; Foster, J. y Dignan, M. 1999. Upwelling intensity and ocean productivity changes off Cape Blanc (Northwest Africa) during the last 70,000 years: Geochemical and micropaleontological evidence. *Marine Geology*, 158, 57-74.
- Martins, M. V. y Carapito, M. C. 1999. Preliminary results of foraminifera paleoecology in the Galicia-Minho muddy deposit. *Abstract, European Palaeontological Association workshop*, 73-78.
- Mcra, S. G. 1972. Glauconite. *Earth Science Review*, 8, 397-440.
- Mello, J. F. Y Buzas, M. A. 1968. An application of cluster analysis as a method of determining biofacies. *Journal of Paleontology*, 42(3), 747-758.
- Miller, K. y Lohmann, G. 1982. Environmental distribution of Recent benthic foraminifera on the northeast United States continental slope. *Geological Society of America Bulletin*, 93, 200-206.
- Millot, G. 1964. Géologie des Argiles. Masson, Paris, pp. 499.

- Montenat, C. 1990. (Ed.) Les bassins Néogènes du domaine Bétique oriental (Espagne). Doc. et Trav. IGAL, 12-13: pp. 392.
- Moodley, L.; Schaub, B. E. M.; Van der Zwaan, G. J. y Herman, P. M. J. 1998. Tolerance of benthic foraminifera (Protista: sarcodina) to hydrogen sulphide. *Marine Ecology Progress Series*, 169, 77-86.
- Mullineaux, L. S. y Lohmann, G. P. 1981. Late quaternary stagnations and recirculation of the eastern Mediterranean: Changes in the deep water record by fossil benthic foraminifera. *Journal of Foraminiferal Research*, 11, 20-30.
- Mullins, H. T.; Thompson, J. B.; McDougall, K. y Vercootere, T. L. 1985. Oxygen-minimum zone edge effects: Evidence from the central California coastal upwelling system. *Geology*, 13, 491-494.
- Murray, J. W. 1963. Ecological experiments on Foraminifera. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 43, 621-642.
- Murray, J. W. 1991. Ecology and Paleoecology of Benthic Foraminifera. Longman, Harlow, pp. 397.
- Odin, G. S. y Letolle, R. 1980. Glauconitization and phosphatization environments: A tentative comparison. *SEPM Special Publication*, 29, 227-237.
- Odin, G. S. y Matter, A. 1981. De glauconiarum origine. *Sedimentology*, 28, 611-641.
- Pérès, J. M. 1989. Historia de la biota mediterránea y la colonización de las profundidades. En: *El Mediterráneo occidental* (Margalef, R., Ed.), Ed. Omega, Barcelona, 200-234.
- Pérez-Cruz, L. y Machain-Castillo, M. L. 1990. Benthic foraminifera of the oxygen minimum zone, continental shelf of the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Journal of Foraminiferal Research*, 20(4), 312-325.
- Pérez-Muñoz, A. B.; Márquez-Crespo, R.; Yesares-García, J.; Sánchez-Almazo, I. M. y Aguirre, J. en prensa. Evolución paleoambiental durante el Plioceno inferior en la cuenca de Almería-Níjar (SE España) según las asociaciones de foraminíferos bentónicos.
- Pérez-Muñoz, A. B.; Sánchez-Almazo, I. M. y Aguirre, J. 2000. Taphonomy and proximal-to-distal changes of benthic foraminifer assemblages in a glauconita-bearing bed (early Pliocene, Almería-Níjar basin, SE Spain) *The 2nd International Conference "Application of Micro- and meioorganisms to Environmental Problems"* (Winnipeg, Canadá, August 27- September 1, 2000) 97-99.

- Phleger, F. B. y Soutar, A. 1973. production of benthic foraminifera in three east pacific oxygen minima. *Micropaleontology*, 19, 110-115.
- Poag, C. W. 1978. Paired foraminiferal ecophenotypes in gulf coast estuaries: Ecological and paleoecological implications: *Transactions Gulf Coast Association of Geological Societies*, 28, 395-420.
- Porrenga, D. H. 1967. Glauconite and Chamosite as depth indicators in the marine environment. *Marine Geology*, 5, 495-501.
- Postma, G. 1979. Preliminary note on a significant sequence in conglomeratic flows of a mass-transport dominated fan-delta (lower Pliocene, Almeria Basin, SE Spain). *Proc. Kon. Ned. Akad. van Wet., Ser. B*, 82: 465-471.
- Postma, G. 1983. Water scape structures in the context of a depositional model of a mass flow dominated conglomeratic fan-delta (Abrijoja Formation, Pliocene, Almeria Basin, SE Spain). *Sedimentology*, 30: 91-103.
- Quinterno, P. J. y Gardner, J. V. 1987. Benthic foraminifers on the continental shelf and upper slope, Russian river area, Northern California. *Journal of Foraminiferal Research*, 17(2), 132-152.
- Rai, A. K. y Srinivasan, M. S. 2000. Deep sea benthic foraminiferal response to the Pliocene palaeoenvironments of the northern Indian Ocean. *Geobios*, 33(3), 301-308.
- Revets, S. A. 1996. The generic of *Hanzawaia* Asano, 1944 and the new genus *Riminopsis*. *Journal of Foraminiferal Research*, 26(1), 3-8.
- Robertson, B. E. 1998. Systematics and paleoecology of the benthic Foraminifera from the Buff bay section, Miocene of Jamaica. *Micropaleontology*, 44(2), 1-266.
- Ros, J. D.; Romero, J.; Ballesteros, E.; Gili, J. M. 1989. Buceando en aguas azules. El bentos. En: *El Mediterráneo Occidental*. Ed (R. Margalef). Omega, Barcelona, 235-297.
- Schmiedl, G.; Mackensen, A. y Muller, P. J. 1997. Recent benthic foraminifera from the eastern south Atlantic ocean: Dependence on food supply and water masses. *Marine Micropaleontology*, 32, 249-287.
- Seidenkwrantz, M.-S.; Kouwenhoven, T. J.; Jorissen, F. J., Sachkleton, N. J. y van der Zwaan, G. J. 2000. Benthic foraminifera as indicators of changing Mediterranean-Atlantic water exchange in the late Miocene. *Marine Geology*, 163, 387-407.

- Sen Gupta, B. K. 1980. Ecology of benthic foraminifera. En: Foraminifera. Notes for a Short Course. (Eds. M. A. Buzas, y B. K. Sen Gupta,). *Stud. Geol. Univ. Tennessee*. No. 6, 37-50.
- Sen Gupta, B. K. 1999. Modern Foraminifera. Kluwer Academic, pp 369.
- Sen Gupta, B. K. y Machain-Castillo, M. L. 1993. Benthic foraminifera in oxygen-poor habitats. *Marine Micropaleontology*, 20, 183-201.
- Sjoerdsma, P. G. y Van der Zwaan, G. J. 1992. Simulating the effect of changing organic flux and oxygen content on the distribution of benthic foraminifera. *Marine Micropaleontology*, 19, 163-180.
- Smart, C. W.; King, S. C.; Gooday, A. J.; Murray, J. W. y Thomas, E. 1994. A benthic foraminiferal proxy of pulsed organic matter paleofluxes. *Marine Micropaleontology*, 23, 89-99.
- Streeter, S. S. y Shackleton, N. J. 1979. Paleocirculation of the deep North Atlantic: 150,000 year record of benthic foraminifera and oxygen-18. *Science*, 203, 168-171.
- Swan, A. R. H. y Sandilands, M. 1995. Introduction to Geological Data Analysis. Blackwell, pp. 446.
- Todd, R. 1958. Foraminifera from western Mediterranean deep-sea cores. *Rep. Swedish Deep-Sea Exped.*, 8(3), 169-215.
- Triplehorn, D. M. 1966. Morphology, internal structure and origin of glauconite pellets. *Sedimentology*, 6, 247-266.
- Van der Zwaan, G. J. 1982. Paleocology of late Miocene Mediterranean foraminifera. *Utrecht Micropaleontology Bulletin*, 25, 1-201.
- Van der Zwaan, G. J. 1983. Quantitative analysis and the reconstruction of benthic foraminiferal communities *Utrecht Micropaleontology Bulletin*, 30, 49-69.
- Van der Zwaan, G. J. y Jorissen, F. J. 1991. Biofacial patterns in river-induced shelf anoxia. En: Modern and Ancient Continental Shelf Anoxia. (Eds. Tyson, R. V.; Pearson, T. H.) *Geological Society London Special Publisch*, 58, 65-82.
- Van der Zwaan, G. J.; Jorissen, F. J. y De Stinger, H. C. 1990. The depth dependency of planktonic/benthic foraminiferal ratios: Constraints and applications. *Marine Geology*, 95, 1-16.
- Van Morkhoven, F. P. C. M.; Berggren, W. A. y Edwards, A. S. 1986. Cenozoic Cosmopolitan deep-water benthic foraminifera. *Elf Aquitaine*, pp. 421.
- Voermans, F. y Baena, J. 1983. Mapa geológico de España E 1:50.000. Almería, 1045 (23-43). *IGME*, Madrid, 53 pp.
- Walton, W. R. y Sloan, B. J. 1990. The genus *Ammonia* Brünnich, 1772: Its geographic distribution and

morphologic variability. *Journal of Foraminiferal Research*, 20(2), 128-156.

Wang, P. Luzte, G. F. 1986. Inflated later chambers: Ontogenetic changes of some recent hyaline benthic foraminifera. *Journal of Foraminiferal Research*, 16, 48-62.

Yanko, V; Arnold, A. J. y Parker, W. C. 1999. Effects of marine pollution on benthic Foraminifera. En: *Modern Foraminifera*. Ed (Sen Gupta, B. K.). Kluwer Academic, 217-235.

Zellers, S. D. 1990. Foraminiferal biofacies analysis of the Yakataga Formation, Icy Bay, Alaska: Insights into Pliocene Glaciomarine paleoenvironments of the Gulf of Alaska. *Palaios*, 5, 273-296.

Lámina

Lámina

- Fig. 1.-** *Planulina ariminensis* d'Orbigny. Muestra SAC-6. Vista umbilical. Escala = 200 μm .
- Fig. 2.-** *Siphonina planoconvexa* (Silvestri). Muestra SAC-1. Vista umbilical. Escala = 200 μm .
- Fig. 3.-** *Melonis soldanii* d'Orbigny. Muestra SAC-6. Vista lateral. Escala = 200 μm .
- Fig. 4.-** *Uvigerina peregrina* Cushman. Muestra ACEB-17. Vista lateral. Escala = 200 μm .
- Fig 5.-** *Nonion asterizans* (Fishel et Moll). Muestra SAC-6. Vista lateral. Escala = 200 μm .
- Fig. 6.-** *Elphidium crispum* (Linné). Muestra PS-6. Vista lateral. Escala = 200 μm .
- Fig. 7.-** *Gyroidinoides umbonatus* (Silvestri). Muestra SAC-9. Vista umbilical. Escala = 100 μm .
- Fig. 8.-** *Cibicidoides dutemplei* (d'Orbigny). Muestra SAC-2. Vista umbilical. Escala = 200 μm .
- Fig. 9.-** *Pullenia bulloides* (d'Orbigny). Muestra ACEB-17. Vista lateral. Escala = 100 μm .
- Fig. 10.-** *Cassidulina neocarinata* (Thalman). Muestra PS-1. Vista lateral. Escala = 100 μm .
- Fig. 11.-** *Oridorsalis* sp. Muestra ACEB-17. Vista espiral. Escala = 200 μm .
- Fig. 12.-** *Heterolepa bellincioni* (Gianninie et Tavani). Muestra SAC-6. Vista espiral. Escala = 200 μm .
- Fig. 13.-** *Ammonia becarii* (Linné). Muestra PS-12. Vista umbilical. Escala = 200 μm .
- Fig. 14.-** *Lenticulina calcar* (Linné). Muestra PS-1. Vista lateral. Escala = 500 μm .
- Fig. 15.-** *Lenticulina* sp 2. Muestra COR-2. Vista perfil. Escala = 500 μm .
- Fig. 16.-** Umbo de *Lenticulina* sp aislado. Muestra COR-1. Vista perfil. Escala = 200 μm .
- Fig. 17.-** Media espira de *Lenticulina* sp. Muestra CVB-1. Cara interna de la vista lateral. Escala = 500 μm .
- Fig. 18.-** *Lenticulina* sp 0 (faceta periférica). Muestra COR-1. Vista perfil. Escala = 200 μm .

