

## CORRELACIÓN ENTRE LA MAGNETOESTRATIGRAFÍA Y LA BIOESTRATIGRAFÍA CON FORAMINÍFEROS PLANCTÓNICOS DEL PALEOCENO INFERIOR EN AGOST (BÉTICAS) Y ZUMAYA (PIRINEOS)

I. ARENILLAS, J.I. CANUDO y E. MOLINA

Departamento de Ciencias de la Tierra (Paleontología), Universidad de Zaragoza. 50009-Zaragoza, España

### ABSTRACT

The correlation between the early Paleocene magnetostratigraphy and biostratigraphy by means of planktic foraminifera at Agost (Betic) and Zumaya (Pyrenees) allows us to establish a more detailed chronostratigraphic framework. The controversy that was generated by previous studies is analyzed reaching the conclusion that it was mainly due to taxonomical problems. The sequence of index species appearances is similar between Agost and Caravaca sections. According to the present revision the base of *P. pseudobulloides* Biozone is placed at the top of C29R, the base of *P. trinidadensis* Biozone at the middle part of C28N, the base of *P. uncinata* Biozone at the C28N/C27R boundary and the top of *P. uncinata* Biozone at the C27R/C27N boundary. Consequently, the Danian chronostratigraphic scale of Berggren *et al.* (1985) should be revised. Furthermore, the base of *P. trinidadensis* Biozone used by Groot *et al.* (1989) at Agost section is not correct probably because of taxonomical problems between *P. inconstans* and *P. trinidadensis*.

**Keywords:** Planktic foraminifera, Biostratigraphy, Magnetostratigraphy, Paleocene, Agost, Zumaya, Betics, Pyrenees

**Palabras clave:** Foraminíferos planctónicos, Bioestratigrafía, Magnetoestratigrafía, Paleoceno, Agost, Zumaya, Béticas, Pirineos.

### 1. INTRODUCCIÓN

La correlación entre la magnetoestratigrafía y la bioestratigrafía mediante foraminíferos planctónicos del Paleoceno inferior (Daniense) se ha convertido en los últimos años en un tema conflictivo (Groot *et al.*, 1989; Berggren, 1989). La herramienta fundamental utilizada para situar en detalle los límites de las diferentes biozonas es la escala de tiempo calculada a partir de la polaridad geomagnética (GPTS = *Geomagnetic Polarity Time Scale*), método expuesto por Berggren *et al.* (1985). La GPTS está basada en la datación absoluta radiométrica de los diferentes magnetocrones desde el Cretácico; fue calibrada por LaBrecque *et al.* (1977) y denominada *Marine Magnetic Reversal Sequence* (LKC77).

Representando en abscisas la secuencia LKC77 y en ordenadas la magnetoestratigrafía de un determinado corte, podemos hacer una datación geocronológica, calcular la tasa de sedimentación, correlacionar estos datos con la bioestratigrafía y establecer una buena biocronoestratigrafía. Desde que se hicieron las primeras correlaciones bio-magnetoestratigráficas han aparecido incongruencias entre los diferentes autores con respecto a la cronoestratigrafía del Daniense.

Repasando los antecedentes de este tema, se observa que la polémica no es de índole magnetoestratigráfico, sino fundamentalmente bioestratigráfico, probablemente causado por la indeterminación existente en la distinción de las diferentes especies implicadas en la biozonación, es decir, por problemas taxonómicos y/o diacronía. Por este motivo el límite entre la biozonas de *Parasubbotina*

*pseudobulloides* y *Praemurica trinidadensis* (p/t) se ha situado desde en el techo de C28N (Berggren *et al.*, 1985), hasta en la base de C29N (Gerstel *et al.*, 1988; Groot *et al.*, 1989), pasando por varias situaciones intermedias. Similar circunstancia ocurre con el límite entre las biozonas de *Praemurica trinidadensis* y *Praemurica uncinata* (t/u).

Esta polémica surge desde el momento en que aparecen los primeros estudios magnetoestratigráficos. La primera disputa surge cuando Roggenthen (1976) realiza la magnetoestratigrafía del corte de Zumaya y detecta que la bioestratigrafía realizada por Von Hillebrandt (1965) no coincide con la revisión posterior de Premoli Silva (en Roggenthen, 1976) en el mismo corte, ya que Von Hillebrandt situaba el límite p/t en la parte media del cron C29N y Premoli Silva en la parte media de C28N. Roggenthen (1976) sugirió en este trabajo que el problema era paleontológico y no magnetoestratigráfico.

La polémica más reciente es la que mantienen Groot *et al.* (1989) y Berggren (1989). En Berggren *et al.* (1985) y Berggren y Miller (1988) se establece una escala de tiempo para el Paleoceno inferior en la que se sitúan los límites p/t y t/u en el techo de C28N y en el límite C27N/C26R respectivamente. Sin embargo, Groot *et al.* (1989) al correlacionar la bioestratigrafía y la magnetoestratigrafía de Agost, sitúan el límite p/t en la base de C29N. Esta idea es apoyada, según Groot *et al.* (1989) por varios trabajos (Poore *et al.*, 1983; Boersma, 1984; Smit y Romein, 1985; Gerstel *et al.*, 1987) y explica la incongruencia de datos por problemas metodológicos.



Inmediatamente, Berggren (1989) publica una fuerte réplica a Groot *et al.* (1989) negando la posibilidad de cambiar los límites bioestratigráficos. Según Berggren (1989), el problema radica en considerar *P. inconstans* (Subbotina) sinónimo de *P. trinidadensis* (Bolli). Esta sugerencia se encuentra, por ejemplo, en Poore *et al.* (1983) artículo que cita Groot *et al.* (1989), pero en este trabajo el límite p/t es situado inicialmente en la base de C28R, aunque en realidad la primera muestra donde se identifica *P. trinidadensis* es en la base de C28N. Los otros tres artículos citados por Groot *et al.* (1989), son criticados por Berggren (1989) o bien descartados como argumentos a favor de un cambio en la posición de los límites de las biozonas.

El objetivo de este trabajo es realizar una bioestratigrafía detallada del Paleoceno inferior en los cortes de Zumaya (Pirineos) y Agost (Béticas), y correlacionarla con la magnetoestratigrafía establecida por otros autores. Se pretende aportar nuevos datos que aclaren la polémica surgida en este tema, analizando el contenido de las diferentes publicaciones que han originado tal controversia.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los cortes de Agost y Zumaya fueron muestreados en intervalos métricos en el tramo correspondiente al Paleoceno. Se tomaron 40 muestras de Agost y 24 muestras de Zumaya. El límite Cretácico/Terciario (C/T) fue analizado en detalle de forma centimétrica (Canudo *et al.*, 1991).

Las muestras fueron disgregadas en agua y con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; posteriormente fueron levigadas con un tamiz de 63 µm y secadas con una estufa a menos de 50°C. En el corte de Agost, la conservación de los foraminíferos planctónicos es excelente (en ocasiones algo recristalizada). En Zumaya, la conservación no es tan buena, pero por el contrario la sedimentación es más continua.

El análisis cuantitativo fue realizado basándose en una fracción representativa de 300 o más ejemplares por cada muestra (utilizando un Otto microspliter) de la fracción >106 µm. El resto de la muestra fue revisada para encontrar especies poco abundantes o de pequeño tamaño.

## 3. BIOESTRATIGRAFÍA

Los límites de las diferentes biozonas del Paleoceno inferior (Daniense) se hallan situados en la primera aparición (P.A.) de las especies homónimas. La bioestratigrafía utilizada en este trabajo está basada fundamentalmente en la biozonación de Canudo y Molina (1992). La definición de las biozonas del Daniense superior coinciden en la mayor parte de las biozonaciones (Bolli, 1957 y 1966; Stainforth *et al.*, 1975; Toumarkine y Luterbacher, 1985; Berggren y Miller, 1988; Canudo y Molina, 1992), excepto en Blow (1979).

La Biozona de *P. pseudobulloides* se define como la biozona de intervalo entre la P.A. de *P. pseudobulloides* (Plummer) y la P.A. de *P. trinidadensis*. La biozona de *P. trinidadensis* se define como la biozona de intervalo entre la P.A. de *P. trinidadensis* y la P.A. de *P. uncinata* (Bolli). Berggren y Miller (1988) utiliza la P.A. de *Globanomalina compressa* (Plummer) para situar la base de esta biozona, al considerarla más cosmopolita y además es sincrónica con la aparición de *P. trinidadensis*. Sin embargo, se observa que *G. compressa* aparece antes que *P. trinidadensis* (Tourmarkine y Luterbacher, 1985; Canudo y Molina, 1992). La Biozona de *P. uncinata* se define como la biozona de intervalo comprendido entre la P.A. de *P. uncinata* y la P.A. de *Acarinina angulata* (White).

## 4. CORTE DE AGOST

El corte de Agost se halla situado en la provincia de Alicante. Paleogeográficamente se encuentra emplazada en la unidad Prebética de las Cordilleras Béticas, que durante el Cretácico y el Paleoceno basal se comporta como una zona de plataforma continental en el borde de la Meseta (Macizo Hespérico). Atendiendo a la relación planctónicos/bentónicos, corresponde a la parte superior de la zona batial o la parte externa de la zona nerítica.

Estratigráficamente, la parte paleocena del corte de Agost (desde el límite C/T) es una serie de margas grises con intercalación de margas calcáreas. 14 m encima del límite C/T aparece un nivel de margas rojas, que llega hasta los 17 m, y a 24 m aparece un nivel de calcoarenitas.

Groot *et al.* (1989) realizaron un estudio magnetoestratigráfico del Cretácico terminal y el Paleoceno basal, con el objetivo de datar geocronológicamente el límite C/T; llegaron a la conclusión de que el límite tiene una edad de 66.45 m.a. y calcularon para el Paleoceno basal una tasa de sedimentación de 0.83 centímetros/1000 años (cm/ka). Un corte cercano a Agost, y litológicamente idéntico a él, es el corte de Caravaca, donde se ha realizado un estudio magnetoestratigráfico más amplio.

La tasa de sedimentación calculada por Groot *et al.* (1982) para el Paleoceno basal en el corte de Agost, fue calculada midiendo la potencia existente entre el límite C/T y el de C29N/C28R, y dividiéndolo entre el tiempo que representa este intervalo. Esta tasa es coherente si nos fijamos en el corte de Caravaca, donde la tasa de sedimentación parece ser el doble, tanto en el Cretácico terminal como en el Paleoceno basal. Los valores de la tasa de sedimentación del Cretácico terminal y Paleoceno basal son para Caravaca de 4.04 cm/ka y 1.65 cm/ka y para Agost de 1.98 cm/ka y 0.83 cm/ka. Tomando como buena esta tasa de sedimentación o, lo que es lo mismo, prolongando la línea de regresión del GPTS de Agost y llevando verticalmente la posición de los límites magnetocronológicos (LKC77) a la misma, podemos



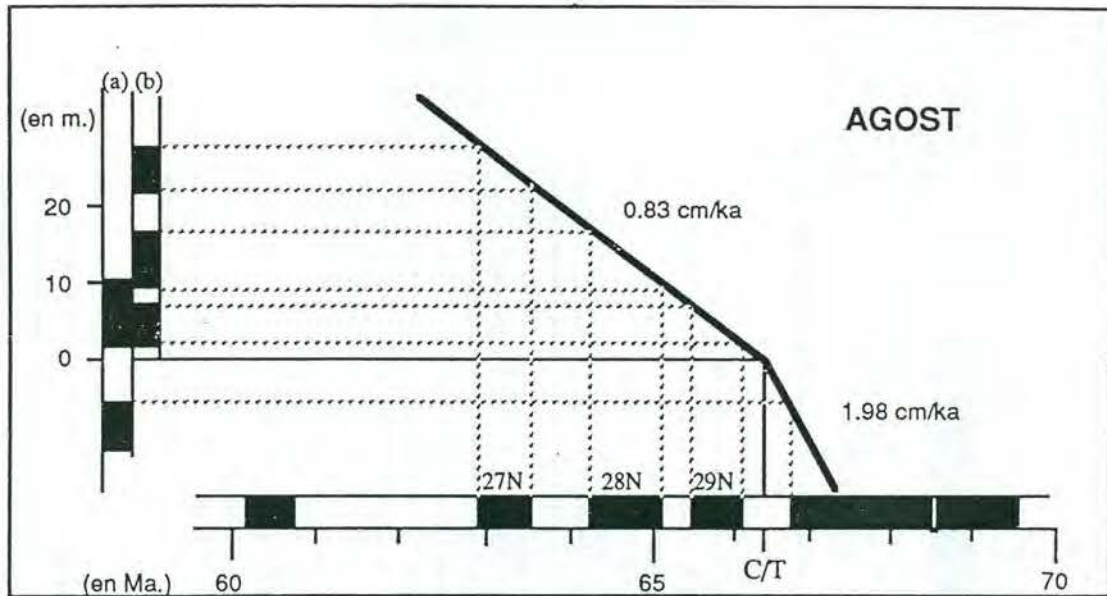


Figura 1. (a) Magnetoestratigrafía del Agost establecida por Groot et al., 1989. (b) Modelo magnetoestratigráfico hipotético del Daniense en Agost, considerando una tasa de sedimentación de 0.83 cm/ka. De (a) y (b) se deduce que el cron C28R no aparece en Agost, producto de un hiato.

darnos cuenta de que aunque aparentemente en la columna aparece un único periodo paleomagnético normal encima del C29R, en realidad puede ser un solapamiento de los cronos C29N y C28N. Esto se debe a que o bien el C28R no aparece (producto de un hiato) o bien la tasa de sedimentación fue muy pequeña durante este cron y la resolución del análisis (muestras tomadas de 50 en 50 cm) no ha permitido detectarlo.

Aunque bioestratigráficamente este hiato es casi imperceptible en Agost, el hecho de que en Caravaca ocurra algo parecido, hace posible pensar que esto sea así, ya que en este último corte, C28R apenas es representativo. Si no tenemos en cuenta lo expuesto, podemos caer en el error de creer que los límites de las biozonas aparecen en posiciones más bajas de lo normal. Para estar seguros de que esto ocurre realmente así, sería necesario un estudio magnetoestratigráfico más amplio para este corte, mientras tanto en este trabajo se ha propuesto una corrección magnetoestratigráfica para el mismo (Fig. 1).

Bioestratigráficamente, las especies que intervienen en los límites de las biozonas, aparecen en este orden: *P. pseudobulloides* aparece a 70-80 cm del límite C/T a techo de C29R, *P. trinidadensis* a 9.50 m a mitad de "C28N" (magnetoestratigrafía corregida), *P. uncinata* a 14.5 m en base de "C27R" (magnetoestratigrafía corregida). Otras especies importantes en la biozonación son *P. pseudoinconstans* y *P. inconstans*, que aparecen 1.75 y 2.50 m encima del límite C/T respectivamente, en base de C29N. Las formas intermedias entre *P. trinidadensis* y *P.*

*uncinata* aparecen a 13 m por encima del límite C/T, en el último tercio de C28N. La bioestratigrafía de la parte basal de este corte ha sido completada con los datos aportados en Canudo et al. (1991)

## 6. CORTE DE ZUMAYA

Zumaya es una localidad costera situada en la provincia de Guipuzcoa, cerca de San Sebastian. Paleogeográficamente, el corte de Zumaya durante el Paleoceno inferior se encontraba situado en la antigua cuenca pirenaica occidental, antes de que esta región iniciara su plegamiento. Al sur de esta cuenca existía una plataforma y al norte una llanura abisal con sedimentación hemipelágica tipo *flysch* (Orue y Lamolda, 1985).

El Paleoceno inferior de este corte está representado por 30-40 metros de calizas hemipelágicas con intercalación de margas hemipelágicas rosas. En ocasiones aparecen intercaladas finas capas de turbiditas carbonatadas. Atendiendo a la relación planctónicos/bentónicos, corresponde a una zona batial superior.

Roggenthen (1976) realizó un estudio magnetoestratigráfico del corte de Zumaya, obteniendo los siguientes resultados: a 3.6 m del límite C/T se encuentra situado el techo de C29R, a 12.3 m el de C29N, a 16.8 el de C28R, a 28.3 el de C28N, a 39.3 el de C27R y 41.3 el de C27N (el cual se halla escasamente representado). Aparentemente no existe ningún hiato importante.



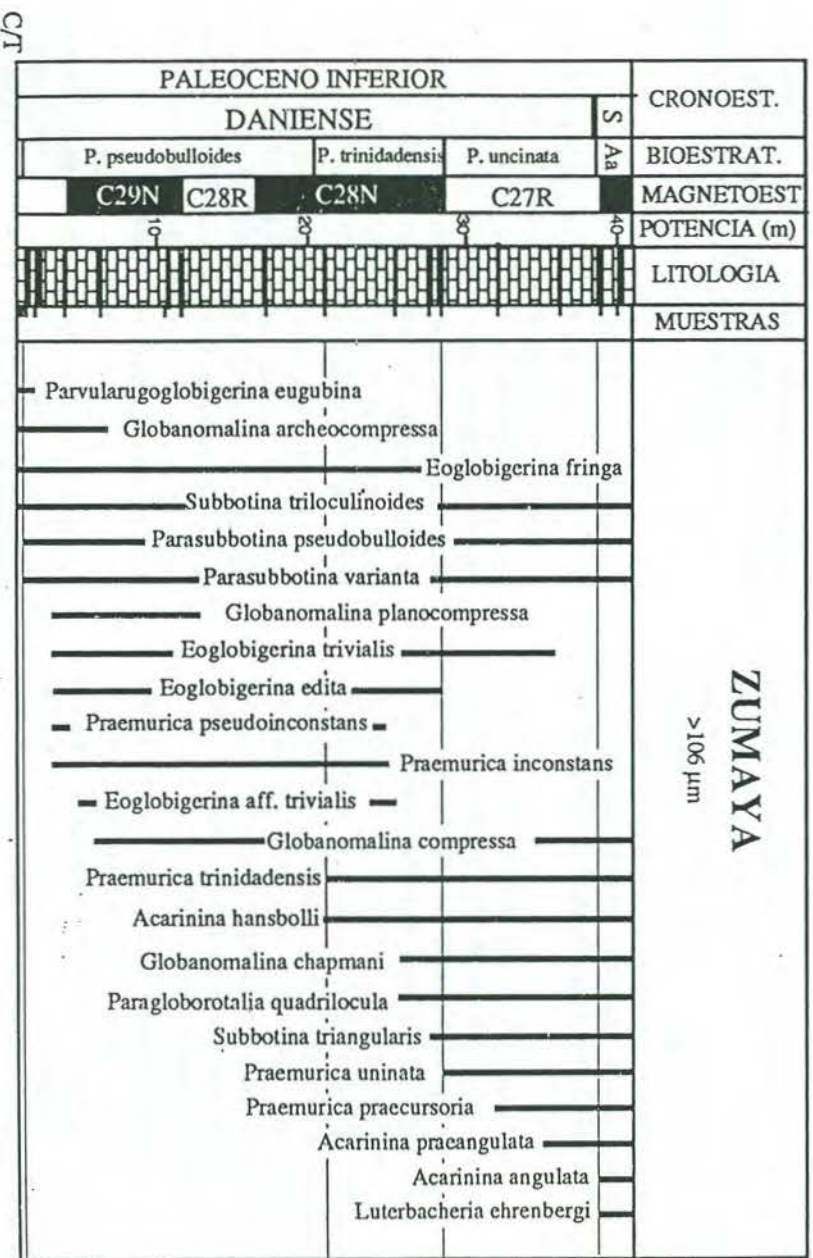


Figura 2. Diagramas de distribución de las especies de foraminíferos planctónicos en Agost y Zumaya. Abreviaturas: S = Selandiense, Aa = Biozona de *A. angulata*, Pe = Biozona de *P. eugubina*.



Las especies implicadas en la biozonación aparecen en el siguiente orden: *P. trinidadensis* a unos 17 m del límite C/T en medio de C28N, mientras que *P. uncinata* a 29 m en la base de C27R. En este corte queda muy claro la aparición de las formas de transición entre *P. trinidadensis* y *P. uncinata*, que lo hacen en el último tercio del cron C28N. La parte basal de este corte ha sido completada con los datos aportados en Lamolda (1990).

## 7. DISCUSIÓN

Correlacionando estos datos (Fig. 2), se deduce que la Biozona de *P. pseudobulloides* tiene una potencia de 9 m en el corte de Agost y 19 m en el corte de Zumaya. Hacia la mitad de esta biozona aparece *G. compressa* (en medio de C29N), aspecto que difiere con Berggren y Miller (1988) que la sitúan en el último tercio de C28N. Según esto, la Biozona de *Morozovella trinidadensis/Planorotalites compressa* (P1c) de Berggren y Miller (1988) no pueden ser utilizada en Agost.

La Biozona de *P. trinidadensis* está representada en Agost y Zumaya con una potencia de 4 y 8 m, respectivamente, a techo de la cual aparecen *G. chapmani* (Parr) y las formas transicionales entre *P. trinidadensis* y *P. uncinata*. Al mismo tiempo que *P. trinidadensis* aparece *Acarinina hansbolli* Blow.

La Biozona de *P. uncinata* se halla representada con una potencia de 6 m en Agost y 9 m en Zumaya. Alrededor de 20 m por encima del límite C/T en Agost esta biozona se interrumpe producto de un hiato (que impide el registro de las biozonas *A. angulata* e *Igorina pusilla*). Previamente ha aparecido ya *Acarinina praeangulata* Blow, por lo que la P.A. de *A. angulata* debía estar próxima. La aparición de *A. praeangulata* (que representan las formas transitorias de *P. uncinata* a *P. angulata*) ocurre a techo de C27N (magnetoestratigrafía corregida). Si comparamos con el corte de Zumaya, podemos pensar que la Biozona de *P. uncinata* está casi completamente representada en Agost. En este corte, la P.A. de *P. uncinata* coincide con la P.A. de *S. triangularis* (White) y *P. quadrilocula*. Sin embargo, en Zumaya, *P. quadrilocula* (Blow) se ha encontrado un poco antes. En el corte de Zumaya, donde la sedimentación es más continua, el límite superior de esta biozona está claramente delimitada (P.A. de *A. angulata* en límite C27R/C27N).

El orden de aparición de las especies es similar en ambos cortes. Por tanto, queda claro que la polémica establecida en la geocronología del Daniense tiene un origen sistemático. Este problema se debe a que *P. pseudobulloides*, *P. inconstans*, *P. trinidadensis*, *P. uncinata* y *A. praecursoria* (Morozova) representa una línea evolutiva gradual, cuyos límites no han sido bien definidos en la descripción de holotipos y paratipos. Quizás se deba a que no es posible una demarcación enteramente satisfactoria entre estas especies. Este hecho conduce, en primer lugar, a la enorme confusión a la hora de distinguir y clasificar especies (tal como se puede observar, si repasamos la

abundante bibliografía referida a este tema) y, en segundo lugar, a la hora de situar los límites de las biozonas.

La polémica fundamental se ha establecido en la distinción de *P. inconstans* y *P. trinidadensis*. Atendiendo a la definición de los holotipos de ambas especies (*Globigerina inconstans*, Subbotina 1953, y *Morozovella trinidadensis*, Bolli 1957), *P. inconstans* aparece muy temprano, tanto en el corte de Agost como en el Zumaya (en la base de C29N), mientras que las primeras y claras *P. trinidadensis* aparecen más arriba, en C28N.

Para distinguir *P. trinidadensis* hay que fijarse en las primeras cámaras de la última vuelta, que son cuneiformes en el lado dorsal y muricadas, tendencia que culminará con *P. uncinata*. El número de cámaras en la última vuelta de *P. inconstans* y *P. trinidadensis* no debe ser tomado como diagnóstico (algunos ejemplares de *P. inconstans* llegan a tener 7 cámaras en la última vuelta).

El problema se presenta cuando se consideran sinónimos el holotipo de *P. trinidadensis* y la forma transicional entre *P. trinidadensis* y *P. uncinata* expuesta en Toumarkine y Luterbacher (1985; Fig.13 (3-4), pp.109), la cual presenta un mayor número de cámaras cuneiformes y un perfil axial de las mismas más angular. Una solución sería separar ambas formas en especies diferentes y de hecho esta separación está implícita en Bolli (1986), que sitúa a las formas intermedias en una posición bioestratigráfica superior. Estas han aparecido a techo de C28N en Zumaya y Agost, lo cual permite pensar que Berggren (1985,1989) ha utilizado éstas como verdaderas *P. trinidadensis*. Sin embargo, en el presente estudio se constata que *P. uncinata*, que se distingue por la forma cónica de sus cámaras, aparece poco después. Desconocemos, por tanto, porque Berggren (1985), sitúa la base de la Biozona de *P. uncinata* en el límite C27N/C26R.

Otro punto conflictivo aparece cuando se considera *P. inconstans* como sinónimo de *P. trinidadensis*, puesto que entonces la biozona habría que bajarla hasta la base de C29N, como deben hacer Groot *et al.* (1989). Esta sinonimia es propuesta también por Berggren y Miller (1988, p.368), aunque posteriormente Berggren (1989) no esté de acuerdo. La distinción entre una y otra especie es difícil y, por tanto, sería plausible considerarlas sinónimas. Pero ello puede plantear problemas a nivel bioestratigráfico, tal como ha ocurrido recientemente.

## 8. CONCLUSIONES

Atendiendo a los criterios expuestos anteriormente, el orden y momento de aparición de las diferentes especies es similar en los dos cortes estudiados (Agost y Zumaya). Según la P.A. de las especies implicadas en la biozonación, la correlación entre la bioestratigrafía y la magnetoestratigrafía del Daniense quedaría establecida de la siguiente manera: el límite inferior de la Biozona de *P.*



*pseudobulloides* se encuentra situado a techo de C29R; la base de *P. trinidadensis* se situaría en medio de C28N, mientras que la base de *P. uncinata* lo haría en el límite C28N/C27R; por último, el techo de la Biozona de *P. uncinata* se situaría en el límite C27R/C27N.

En consecuencia sería necesario hacer una revisión de la escala de tiempo de Berggren *et al.* (1985) y rebajar la posición de los límites de las biozonas del Daniense. Sin embargo, la base de la Biozona de *P. trinidadensis* no debe ser rebajada hasta la base de C29N, puesto que esto se hace normalmente bajo la sugerencia de que *P. inconstans* es sinónimo de *P. trinidadensis*.

## 9. AGRADECIMIENTOS

I. A. disfruta de una beca del CONAI. Este trabajo se ha realizado dentro del proyecto DGICYT PS91-0172.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Berggren, W.A., 1989. Comments on the paper "Magnetostratigraphy of the Cretaceous-Tertiary boundary at Agost (Spain)" by Groot, J.J., De Jonge, R.B.G., Langereis, C.G., Ten Kate, W.G.H.Z. and Smit, *Earth and Planetary Science Letters*, **95**, 183-185.
- Berggren, W.A. y Miller, K.G., 1988. Paleogene tropical planktonic foraminiferal biostratigraphy and magnetobiochronology. *Micropaleontology*, **34**(4), 362-380.
- Berggren, W.A., Kent, D.V. y Flynn, J.J., 1985. Paleogene geochronology and chronostratigraphy. In: The Chronology of the Geological Record, *Geological Society of London*, **10**, 141-195.
- Blow, W.H., 1979. *The Cainozoic Globigerinida*. Ed. E.J. Brill, Leiden, 1-1413.
- Boersma, A., 1984. Cretaceous-Tertiary planktonic foraminifers from the southeastern Atlantic, Walvis Ridge Area, Deep Sea Drilling Project Leg 74. *Initial Reports of the DSDP*, **74**, 501-523.
- Bolli, H.M., 1986. Evolutionary trends in planktic foraminifera from early Cretaceous to recent, with special emphasis on selected Tertiary lineages. *Bulletin Centre Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine*, **10** (2), 565-577.
- Canudo, J.I., 1990. Los foraminíferos planctónicos del Paleoceno-Eoceno en el Prepirineo meridional y su comparación con la Cordillera Bética. Tesis doctoral (inédito).
- Canudo, J.I., Keller, G. y Molina, E., 1991. Cretaceous/Tertiary boundary extinction pattern and faunal turnover at Agost and Caravaca, S.E. Spain. *Marine Micropaleontology*, **17**, 319-341.
- Canudo, J.I. y Molina, E., 1992. Bioestratigrafía con foraminíferos planctónicos del Paleógeno del Pirineo. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, **186** (1-2), 97-135.
- Gerstel, J., Thunell, R. y Ehrlich, R., 1987. Danian faunal succession: Planktonic foraminiferal response to a changing marine environment. *Geology*, **15**, 665-668.
- Groot, J.J., De Jonge, R.B.G., Langereis, C.G., Ten Kate, W.G.H.Z. y Smit, J., 1989. Magnetostratigraphy of the Cretaceous-Tertiary boundary at Agost (Spain). *Earth and Planetary Science Letters*, **94**, 385-397.
- Hillebrandt, A. von, 1974. Bioestratigrafía del Paleógeno en el Sureste de España (Provincia de Murcia y Alicante). *Cuadernos de Geología*, **5**, 135-153.
- LaBrecque, J.L., Kent, D.V. y Cande, S.C., 1977. Revised magnetic polarity time scale for Late Cretaceous and Cenozoic time. *Geology*, **5**, 330-335.
- Lamolda, M.A., 1990. The Cretaceous-Tertiary boundary crisis at Zumaya (Northern Spain). Micropaleontological data. In: *Extinction Events in Earth History* (Eds. E.G. Kauffman & O.H. Walliser). Springer-Verlag, **30**, 393-399.
- Liu, Ch. y Olsson, R.K., 1992. Evolutionary radiation of microporate planktonic Foraminifera following the K/T Mass extinction event. *Journal of Foraminiferal Research*, **22**(4), 328-346.
- Olsson, R.K., Hemleben, Ch., Berggren, W.A. y Liu, Ch., 1992. Wall texture classification of planktonic foraminifera genera in the lower Danian. *Journal of Foraminiferal Research*, **22**(3), 195-213.
- Orue-Etxebarria, X. y Lamolda, M.A., 1985. Caractéristiques paléobiogéographiques du bassin Basco-Cantabrique pendant le Paléogène. *Revue de Micropaléontologie*, **27**(4), 257-265.
- Poore, R.Z., Tauxe, L., Percival, Jr., S.F., LaBrecque, J.L., Wright, R., Petersen, N.P., Smith, Ch.C., Tucker, P. y Hsü, K.J., 1983. Late Cretaceous-Cenozoic magnetostratigraphic and biostratigraphic correlations of the South Atlantic Ocean. *Initial Reports of the DSDP*, **73**, 645-656.
- Roggenthen, W.M., 1976. Magnetic Stratigraphy in of the Paleocene. A comparison between Spain and Italy. *Memorie Societa Geologica Italiana*, **15**, 73-82.
- Stainforth, R.M., Lamb, J.L., Luterbacher, H.P., Beard, J.H. y Jeffords, R.M., 1975. Cenozoic planktonic foraminiferal zonation and characteristics of index forms. *University of Kansas, Paleontological Contribution*, **62**, 1-425.
- Smit, J. y Romein, A.J.T., 1985. A sequence of events across the Cretaceous-Tertiary boundary. *Earth and Planetary Science Letters*, **74**, 155-170.
- Toumarkine, M. y Luterbacher, H.P., 1985. Paleocene and Eocene planktonic foraminifera. In: *Plankton Stratigraphy* (Eds. H.M. Bolli, J.B. Saunders & K. Perch-Nielsen). Cambridge University Press, 87-154.