

# El límite Paleoceno/Eoceno en España: características y posibilidades

*The Paleocene/Eocene boundary in Spain: characteristics and possibilities*

E. Molina

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

## ABSTRACT

*The Paleocene / Eocene boundary has been studied for the last seven years by the Spanish working group of IGCP project 308. Many sections have been sampled and studied, concluding that the most suitable sections to define the Paleocene/Eocene boundary are the following: Alamedilla, Campo, Caravaca, Ermua, Tremp and Zumaya. High resolution and integrated stratigraphical studies have been accomplished and the correlation with the stratotypes of the European marine classical stages has been established. The mass extinction horizon of the bathyal and abyssal small benthic foraminifera constitutes the most relevant event near the base of the Ypresian stratotype, which is the standard stage for the early Eocene. This event coincides with other conspicuous biostratigraphical and geochemical changes, that can be clearly identified in the best Spanish sections. The integrated stratigraphy across the Paleocene / Eocene boundary presented in this paper is the most complete model known so far. Besides, the excellent characteristics of several of these sections and the high resolution studies accomplished, enable to propose the definition of the Paleocene / Eocene boundary stratotype in any of them, concluding that the Zumaya section is the most suitable one.*

**Key words:** Chronostratigraphy, Paleocene - Eocene Boundary.

*Geogaceta, 20 (7) (1996), 1668-1671  
ISSN: 0213683X*

## Introducción

En el 28 Congreso Geológico Internacional celebrado en Washington, D.C. en 1979, la Subcomisión Internacional de Estratigrafía del Paleógeno aprobó los pisos estándar para el Paleoceno (Daniense, Selandiense, Thanetiense), el Eoceno (Ypresiense, Luteciense, Bartonense, Priabonense) y el Oligoceno (Rupeliense y Chatiense).

Además, decidió continuar estableciendo estratotipos de límite y designó a los responsables para organizar un grupo internacional de trabajo que buscara y definiera un estratotipo de límite para el Paleoceno/Eoceno (P/E). Posteriormente, conseguimos del Programa Internacional de Correlación Geológica el proyecto 308 titulado: Paleocene / Eocene boundary events, cuyo objetivo final era la definición del estratotipo de límite. Con este fin se organizaron grupos de trabajo en distintos países, habiendo sido el grupo español el más activo y el que ha obtenido resultados más detallados. El grupo español ha estado integrado por una veintena de investigadores de las universidades de Barcelona, Bilbao, Granada, Valencia y Zaragoza. Durante los últi-

mos siete años se han estudiado numerosos cortes, seleccionando los más prometedores, los cuales se volvieron a muestrear muy detalladamente y se estudiaron de forma multidisciplinar. Los cortes de Alamedilla, Campo, Caravaca, Ermua, Tremp y Zumaya han resultado ser los mejores y han dado lugar a la publicación de una serie de trabajos detallando las características de los mismos. Las excelentes condiciones de algunos les hace tener muchas posibilidades de que en uno de ellos sea definido el estratotipo del límite P/E.

## Cortes estudiados

El Pirineo central ha sido en las últimas décadas un lugar privilegiado para el estudio del tránsito Paleoceno-Eoceno (P-E), habiendo tenido como consecuencia la definición del piso Ilerdiense en los cortes de Tremp y Campo (Hottinger y Schaub, 1960). Estos autores propusieron biozonaciones por medio de alveolínidos y nummulítidos que permitieron poner de manifiesto el gran desarrollo y continuidad de sedimentos que, en gran parte, no estaban representados en la Cuenca de París. En estos

cortes se han establecido biozonaciones con foraminíferos planctónicos (Gartner y Hay, 1962; von Hillebrandt, 1965; Luterbacher, 1969; Canudo y Molina, 1992; Molina *et al.*, 1992) foraminíferos bentónicos (Hottinger, 1960; Luterbacher, 1969, 1970; Gaemers, 1969; Ferrer *et al.*, 1973; Le Calvez, 1975; Schaub, 1981; Serra Kiel, *et al.*, 1994; Tosquella, 1995), nanoplancton calcáreo (Wilcoxon, 1973, Kapellos y Schaub, 1973; Molina *et al.*, 1992), dinoflagelados (Caro, 1973), ostrácodos (Carbonel, 1975; Tambareau, 1975; Lété, 1987; Guernet en: Molina *et al.*, 1992), moluscos (De Renzi, 1967, 1968, 1975) y corales (Alvarez y De Renzi, 1995). Asimismo, se ha estudiado la magnetoestratigrafía (Pascual *et al.*, 1991).

El corte de Zumaya ha sido también objeto de estudios por numerosos investigadores. Así, se han establecido biozonaciones con foraminíferos planctónicos (von Hillebrandt, 1965; Canudo y Molina, 1992; Canudo *et al.*, 1995), foraminíferos bentónicos (Ortiz, 1994; 1995), nanoplancton calcáreo (Kapellos, 1974) y dinoflagelados (Núñez Betelu, 1996). Además, se ha estudiado la magnetoestratigrafía (Roggenthen, 1976), la estratigrafía secuencial (Pujalte *et*

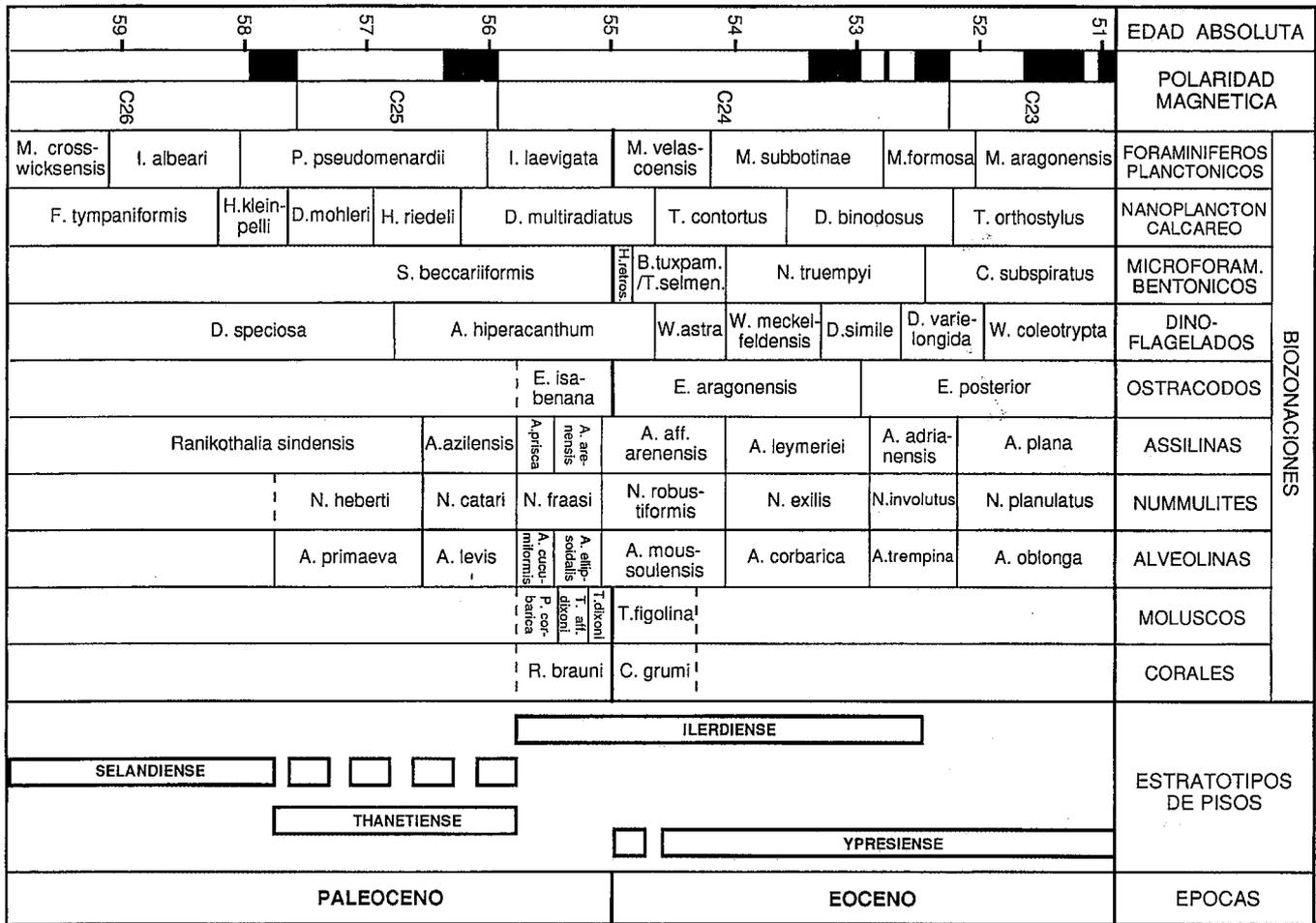


Fig. 1.- Síntesis cronoestratigráfica del tránsito Paleoceno-Eoceno en España basada en diferentes biozonaciones cuyos autores están indicados en el texto.

Fig. 1.- Chronostratigraphical synthesis of the Paleocene-Eocene transition in Spain based on different biozonations whose authors are indicated in the text.

al., 1994, 1995) y la geoquímica (Schmitz *et al.*, en prensa).

En la parte más oeste de los Pirineos, existen otros cortes interesantes que han sido también objeto de estudios de estratigrafía secuencial (Pujalte *et al.*, 1994; 1995). Entre estos los más favorables son los cortes de Ermua y Trabakua, en los cuales se ha realizado un estudio de estratigrafía integrada (Orue-etxebarria *et al.*, en prensa).

En las Béticas existen bastantes cortes de tipo pelágico entre los que destacan los cortes de Caravaca y Alamedilla. En estos se han estudiado los foraminíferos planctónicos (von Hillebrandt, 1974; Martínez Galleo, 1977; Molina *et al.*, 1994, Canudo *et al.*, 1995; Arenillas y Molina, 1996), los foraminíferos bentónicos (von Hillebrandt, 1974, Ortiz, 1995), el nanoplankton calcáreo (Romein, 1979), los ostrácodos (Guernet y Molina, 1996) y la geoquímica (Martínez Ruiz *et al.*, 1994; Lu *et al.*, 1996).

**Características del límite P/E**

El estudio integrado y de alta resolución de los cortes citados y la correlación con los estratotipos de los pisos, ha permitido reconocer un evento correlacionable a escala mundial que se localiza muy cerca de la base del estratotipo del Ypresiense. El límite P/E últimamente se tiende a situar en dicho evento, aunque anteriormente ha sido situado en diferentes niveles al no existir un acuerdo generalizado. Este evento coincide con la mayor subida de temperatura de todo el Cenozoico, lo cual provocó la extinción en masa de los foraminíferos bentónicos batiales y abisales al quedar afectadas las aguas profundas. Asimismo, tuvieron lugar cambios muy relevantes que se manifiestan en la geoquímica, mineralogía y evolución de los distintos grupos de microfósiles, todo lo cual se produce en el tránsito Ilerdiense Inferior-Medio. (Molina *et al.*, 1992,

1995b). El gran aumento de la temperatura de los fondos oceánicos pudo ser causado por una intensa actividad volcánica, cuyo resultado fue una fuerte subida del nivel del mar que, junto con el aumento de temperatura, produjo anoxia y elevación del nivel de compensación de los carbonatos en los fondos oceánicos (Molina *et al.*, 1994).

La extinción en masa de los microforaminíferos bentónicos constituyó un evento de escala mundial que se produjo en un corto intervalo de tiempo, desapareciendo aproximadamente el 50% de las especies de los fondos marinos batiales y abisales. Sedimentológicamente, el tránsito P-E suele estar caracterizado por un tramo de arcillas pardas desprovistas de fósiles calcícos. Este tramo en las secciones batiales menos profundas suele tener una intercalación marginal con disolución parcial de los microfósiles calcícos (Molina *et al.*, 1994). La base de las arcillas suele descansar sobre

un intervalo margoso oscuro que reposa sobre otro detrítico que constituye la base de la secuencia deposicional (Pujalte *et al.*, 1994, 1995; Molina *et al.*, 1994). La extinción en masa se produjo en la parte alta del intervalo margoso bajo las arcillas, en el momento en que alcanzó su valor mínimo el  $\delta^{18}\text{O}$  (máxima temperatura), mientras que el valor mínimo del  $\delta^{13}\text{C}$  (mínima productividad) se alcanzó más tarde en coincidencia con el tramo margoso intercalado entre las arcillas (Schmitz *et al.*, en prensa).

El evento de extinción de los microforaminíferos bentónicos coincide con el techo de la Biozona de *Stensioina beccariiiformis* (BB1). En este momento se produjeron cambios significativos en las asociaciones de foraminíferos planctónicos, pero sólo se extinguió una especie (*Igorina laevigata*) en coincidencia con el evento. Hay que tener presente que éste es un evento que afectó principalmente a los fondos marinos, sin embargo también se produjeron cambios en los medios someros: entre los ostrácodos se produjo la sustitución de *Echinocythereis isabonana* por *Echinocythereis aragonensis*, entre los moluscos se produjo la aparición de *Turritella figolina*, y entre los corales se produce la desaparición de *Rhizangia brauni* y la proliferación de *Cricocyathus* (= *Pattalophyllia grumi*). El límite P/E se situaría en la parte superior de la Biozona de *Discoaster multiradiatus* (NP9), en la parte superior de la Biozona de *Apectodinium hiperacanthum* (W1), en la parte inferior de la Biozona de *Assilina aff. arenensis*, en la parte inferior de la Biozona de *Nummulites robustiformis* y en la parte inferior de la Biozona de *Alveolina cucumiformis*. En términos de edad absoluta el evento se produjo hace aproximadamente 55 millones de años y magnetoestratigráficamente en el Cron C24r (Fig. 1).

### Posibles estratotipos de límite

Los cortes españoles han hecho posible un estudio integrado y de alta resolución que permite conocer muy detalladamente lo que ocurre en el tránsito P-E, precisando la situación del evento más relevante para definir el límite P/E. Actualmente no se conoce una correlación bioestratigráfica más detallada, siendo el límite K/T el único en el que se han obtenido datos comparables. En el marco del proyecto 308 se han estudiado cortes principalmente en Argentina, Bélgica, Cuba, Egipto, Francia, Inglaterra, Israel, Italia, así como sondeos oceánicos del DSPP y ODP. Ahora bien, la mayoría han resultado ser discontinuos y no permiten un estudio integrado como el realizado en el Pirineo. En consecuencia, el Pirineo es el lugar ideal para definir el estratotipo del límite P/E,

ya que también permite establecer la correlación desde los medios continentales y someros del Pirineo central, a los medios profundos del País Vasco, e incluso a los medios abisales del Golfo de Vizcaya. En este sentido, se ha estudiado el DSDP Site 401 que presenta un buen registro del tránsito P-E (Pardo *et al.*, 1995, 1996). La situación geográfica cercana a la cuenca donde fueron definidos los estratotipos de los pisos estándar, así como la posición intermedia con las regiones subtropicales y tropicales, permite la correlación del evento del límite a escala mundial, constituyendo además un conjunto de cortes complementarios de gran valor cronoestratigráfico.

Resulta extremadamente difícil encontrar un corte que reúna todas las características requeridas para la definición de un estratotipo de límite: accesibilidad, sedimentación marina pelágica continua, alta tasa de sedimentación, buen control paleontológico, magnetoestratigráfico, geoquímico, etc. En este sentido, algunas de estas características no se cumplen enteramente en algunos cortes españoles. El corte de Tremp tiene pocos fósiles pelágicos; el corte de Campo presenta procesos turbidíticos justo en el tránsito P-E; el corte de Ermua presenta problemas similares de resedimentación; el corte de Trabakua presenta una litología que dificulta el detallado control paleontológico y varios hiatos, y el corte de Caravaca presenta un hiato de casi un millón de años muy cerca del límite. Por tanto, los cortes que mejor cumplen los requerimientos son el de Alamedilla y el de Zumaya.

El corte de Alamedilla es un corte continuo marino de sedimentación pelágica que permite una bioestratigrafía de alta resolución con microfósiles planctónicos a través del tránsito P-E. El mayor problema que presenta es su situación en las cordilleras Béticas donde la correlación directa con los macroforaminíferos resulta más difícil. Sin embargo, este no es un problema grave y podría constituir un buen candidato.

Ahora bien, el corte de Zumaya es por sus características y su renombre el que parece tener mayores posibilidades. La accesibilidad es excelente por estar situado en la playa de Zumaya, estando protegido para el futuro por encontrarse junto a un monumento, lo que hace muy improbable la destrucción del yacimiento. Es posible instalar una señal permanente ya que existe un potente estado en el que se puede fijar una placa a 35 centímetros del límite P/E. El límite es fácilmente identificable entre un tramo de margas grises oscuras y otro de arcillas rojas, siendo la sedimentación marina continua y predominantemente marugosa con gran contenido de microfósiles pelágicos, permitiendo un excelente control bioestratigráfico. Existe una alta tasa de sedimentación sien-

do los niveles turbidíticos extremadamente raros en los 40 metros del tránsito P-E; el más evidente es un nivel turbidítico de 8 centímetros que está intercalado en el potente estrato calizo de 75 centímetros, situado inmediatamente bajo el límite P/E, por lo que no se han observado fenómenos de resedimentación alocrónica de microfósiles. Se ha implementado un control magnetoestratigráfico y un detallado estudio geoquímico. El mayor problema que se ha puesto de manifiesto es una pequeña falla que se localiza 6 metros por debajo del límite P/E, que produce una repetición litológica, siendo muy fácil la reconstrucción de la serie. Este es un problema irrelevante si se tiene en cuenta el resto de las características del corte. En consecuencia, el nivel 18,35 del corte de Zumaya, a partir de la carretera de acceso a la playa, constituye actualmente el mejor candidato para la definición del estratotipo del límite P/E.

### Agradecimientos

Este trabajo se ha desarrollado dentro de los Proyectos de la DGICYT PB88-0389, PS91-0172 y PB94-0566, del Proyecto del Gobierno de Navarra OF510/1994 y del Proyecto PICG 308. Agradezco a todos los miembros del grupo español del Proyecto 308 del PIGC su valiosa colaboración.

### Referencias

- Alvarez, G. y De Renzi, M. (1995): *XI Jorn. Paleontol.*, 21-23.
- Arenillas, I. y Molina, E. (1995): *XI Jorn. Paleontol.*, 29-33.
- Arenillas, I. y Molina, E. (1996): *Rev. Esp. Microp.*, 18 (en prensa).
- Canudo, J.I. y Molina, E. (1992): *Rev. Soc. Geol. España*, 5 (1-2), 145-157.
- Canudo, J.I., Keller, G., Molina, E. y Ortiz, N. (1994): *Palaeogeogr., Palaeoecimatol., Palaeocol.*, 114, 75-100.
- Carbone, G. (1975): *Rev. Esp. Microp.*, 7, 37-50.
- Caro, Y. (1973): *Rev. Esp. Microp.*, 5, 329-372.
- De Renzi, M. (1967): *Publ. Inst. Investig. Geol. D. P. B.* 21, 31-50.
- De Renzi, M. (1968): *Mém. Bur. Rech. Geol. Min.*, 58, 597-606.
- De Renzi, M. (1975): *Bull. Soc. géol. France*, 7, 199-200.
- Ferrer, J., Le Calvez, Y., Luterbacher, H. y Premoli Silva, I. (1973): *Mém. Mus. Nation. hist. nat.*, sér. C. 29, 1-80.
- Gaemers, P.A.M. (1978): *Leid. Geol. Med.* 51, 103-129.
- Gartner, S. Jr. y Hay, W.W. (1962): *Eclog. geol. Helvet.*, 55, 560-571.
- Guernet, C. y Molina, E. (1996): *Geobios* (en prensa)
- Hillebrandt, A. von (1965): *Bayer Akad. Wis-*

- sensch. Math.-Nat.*, 123, 1-62.
- Hillebrandt, A. von (1974): *Cuad. Geol.*, 5, 135-153.
- Hottinger, L. (1960): *Mém.Swiss. Paléontol.*, 75-76. 1-243.
- Hottinger, L. y Schaub, H. (1960): *Eclog. geol. Helvet.*, 53, 453-479.
- Kapellos, C. (1974): *Eclog. geol. Helvet.*, 67, 435-444.
- Kapellos, C. y Schaub, H. (1973): *Eclog. geol. Helvet.*, 66, 687-737.
- Le Calvez, Y. (1975): *Bull.Soc. géol. France*, 17, 191-194.
- Lété, C. (1987): *Doctoral thesis*, Univ. Bordeaux 1.
- Lu, G., Keller, G., Adatte, T., Ortiz, N. y Molina, E. (1996): *Terra Nova*. (en prensa).
- Luterbacher, H. (1969): *Coll. Eocene. Mém. B.R.G.M.* 69, 225-232.
- Luterbacher, H. (1970): *Edit. Esso Prod. Res.-Eul op. Lab.* 1-48
- Martínez Gallego, J. (1977): *Tesis doct.* Univ. Granada. 1-506.
- Molina, E., Arenillas, I., Arz, J.A., Canudo, J.I., Gonzalvo, C., Ortiz, N. y Pardo, A. (1995a): *Rev. Esp. Paleont.*, n° extra., 192-200.
- Molina, E., Canudo, J.I., Martínez, F. y Ortiz, N. (1994): *Eclog. geol. Helvet.*, 87, 47-61.
- Molina, E., Canudo, J.I., Guernet, C., McDougall, K., Ortiz, N., Pascual, J.O., Pares, J.M., Samsó, J.M., Serra Kiel, J. y Tosquella J. (1992): *Revue Micropaléontol.* 35, 143-156.
- Molina, E., De Renzi, M. y Alvarez, G. (1995b): *XI Jorn. Paleontol.*, 211-220.
- Núñez Betelu, L.K. (1996): *Rev. Paleob. Palin.* (en prensa).
- Ortiz, N. (1994): In: Extinción y registro fósil (Ed.E.Molina). *Cuad. Interdiscip.*, 5, 201-218.
- Ortiz, N. (1995): *Mar. Micropaleontol.*, 26, 341-359.
- Orue-etxebarria, X., Apellaniz, E., Baceta, J.I., Coccioni, R., Di Leo, R., Dinares, J., Galeotti, S., Monechi, S., Núñez-Betelu, K., Pares, J.M., Payros, A., Pujalte, V., Samsó, J.M., Serra-Kiel, J., Schmitz, B. y Tosquella, J. (en prensa): *N. Jb. Geol. Palaont. Abhandl.*
- Pardo, A., Keller, G., Molina, E. y Canudo, J.I. (1995): *XI Jorn. Paleontol.*, 129-134.
- Pardo, A., Keller, G., Molina, E. y Canudo, J.I. (1996): *Mar. Micropaleontol.* (en prensa).
- Pascual, J.O., Samsó, J.M., Tosquella, J., Parés, J. y Serra Kiel, J. (1991): *I Cong. GET*, 244-247.
- Pujalte, V., Baceta, J.I., Dinares, J., Orue-etxebarria, X., Parés, J.M. y Payros, A. (1995): *Earth Planet. Sc. Lett.*, 136, 17-30.
- Pujalte, V., Baceta, J.I., Payros, A., Orue-etxebarria, X., Serra-Kiel, J. (1994): *GEP-IGCP 286 Field Sem.*, 1-118.
- Roggenthen, W.M. (1976): *Mem. Soc. Geol. Italia*, 15, 73-82.
- Romein, A. (1979): *Utrecht Micropal. Bull.*, 22, 18-22.
- Schaub, H. (1981): *Mém. Swiss. Paléont.*, 104-106, 1-236.
- Schmitz, B., Asaro, F., Molina, E. y Speijer, R.P. (en prensa): *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*
- Serra Kiel, J., Canudo, J.I., Dinares, J., Molina, E., Ortiz, N., Pascual, J.O., Samsó, J.M. y Tosquella, J. (1994): *Rev. Soc. Geol. España*, 7, 274-297.
- Tambareau, Y. (1975): *Bull. Soc. géol. France*, 17, 187-190
- Tosquella, J. (1995): *Tesis doct.*, Univ. Barcelona. (inédita).
- Wilcoxon, J.A. (1973): *Rev. Esp. Microp.*, 5, 107-112.