

# Patrón de extinción de los foraminíferos planctónicos en el límite Cretácico/Paleógeno en Loya (sur de Francia)

*Planktic foraminifera extinction pattern across the Cretaceous/Paleogene boundary at Loya (Southern France)*

Daniel Ferrer y Eustoquio Molina

Departamento de Ciencias de la Tierra e IUCA, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza, calle Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza.  
danielferrer26795@gmail.com, emolina@unizar.es

## ABSTRACT

A high resolution study has been accomplished, based on a very detailed sampling across the Cretaceous/Paleogene (K/Pg) boundary in a section located in the Bay of Loya (Southern France). Planktic foraminifera show a sudden and catastrophic extinction pattern of the specialized larger species of K strategy, in coincidence with the K/Pg. Only three heterohellicids and two globotruncanids are found in the basal Paleogene, but only two would survive the mass extinction event. From the survivor evolved smaller generalist globigerinids of r strategy that gradually occupied the vacant ecological niches. The extinction event occurred at the base of a dark clay horizon, in coincidence with a millimetre yellowish red level, which contains the meteoritic impact evidence. Consequently, it is very plausible to confirm the cause and effect relationship between the impact of a huge meteorite and the sudden extinction of the majority of planktic foraminifera species at the K/Pg boundary.

**Key-words:** Foraminifera, extinction, evolution, K/Pg, Loya.

## RESUMEN

Se ha realizado un estudio de alta resolución, basado en un muestreo muy detallado del tránsito Cretácico/Paleógeno (K/Pg) en una sección situada en la bahía de Loya (sur de Francia). Los foraminíferos planctónicos muestran un patrón de extinción súbito y catastrófico de las formas más grandes y especializadas de estrategia K, en coincidencia con el K/Pg. Solo tres heterohellicidos y dos globotruncanidos se encuentran en la base del Paleógeno, pero solo dos sobrevivirían al evento de extinción en masa. De estas evolucionaron unos globigerinidos generalistas más pequeños de estrategia r que gradualmente ocuparon los nichos ecológicos que habían quedado vacantes. El evento de extinción se produjo en la base de un horizonte de arcilla oscura, en coincidencia con un nivel milimétrico rojo amarillento que contiene las evidencias de impacto meteorítico. En consecuencia, resulta muy plausible confirmar el establecimiento de la relación de causa y efecto entre el impacto de un gran meteorito y la extinción súbita de la mayor parte de las especies de foraminíferos planctónicos en el límite K/Pg.

**Palabras clave:** Foraminíferos, extinción, evolución, K/Pg, Loya.

Geogaceta, 64 (2018), 75-78  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

Recepción: 31 de enero de 2018  
Revisión: 9 de abril de 2018  
Aceptación: 25 de abril de 2018

## Introducción

El evento de extinción del límite Cretácico/Terciario (K/T), en la actualidad correctamente denominado límite Cretácico/Paleógeno (Molina *et al.*, 2006), es conocido desde antiguo por la extinción de los dinosaurios, algunos grupos de invertebrados y de microorganismos. En el corte de Gubbio (Italia) fue descubierto un exceso de iridio justo en el límite K/Pg, que Álvarez *et al.* (1980) interpretaron como la evidencia de la caída de un enorme meteorito, que habría desencadenado la extinción en masa. Desde la publicación de este seminal artículo muchos investigadores han estudiado en detalle el patrón de extinción de los distintos grupos de organismos fósiles. El grupo de los

foraminíferos planctónicos ha sido uno de los más estudiados, debido a su excelente registro fósil. En Gubbio mostraban un patrón de extinción súbito en coincidencia con el límite K/Pg, tal y como habían puesto de manifiesto Luterbacher y Premoli Silva (1964). Este patrón súbito ha sido también encontrado en distintas partes del mundo, inicialmente en Caravaca (España) por Jan Smit, y posteriormente por otros investigadores en esta y otras secciones (Smit, 1982; Molina *et al.*, 1996; Apellaniz *et al.*, 1997; Arz *et al.*, 1999; Arenillas *et al.*, 2000; entre otros). Sin embargo, Keller (1988), estudiando el corte de El Kef (Túnez) cuestionó el patrón afirmando que era gradual. Para solucionar la controversia se organizó un test ciego con muestras del corte de El Kef (véase Areni-

llas *et al.*, 2000), pero no fue del todo resuelta y aún perdura entre algunos investigadores.

El objetivo de este trabajo consiste en determinar el patrón de extinción de los foraminíferos planctónicos en el tránsito K/Pg de la sección de Loya. Así como el patrón de evolución de las nuevas formas que evolucionaron en la base del Paleógeno.

## Situación geográfica y geológica

La sección de Loya está geográficamente situada en los alrededores de Pointe-Sainte-Anne, cerca de Hendaye (SO de Francia) en la bahía de Loya. Se localiza 19 km al suroeste de la sección de Bidart, cerca de la frontera franco-española (Fig. 1).

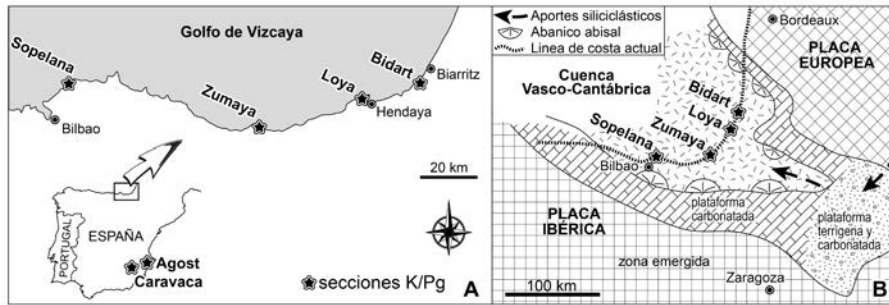


Fig. 1.- Situación geográfica y geológica de la sección de Loya.

Fig. 1.- Geographic and geologic location of the Loya section

Geológicamente, la sección se sitúa dentro de la cuenca Vasco-Cantábrica, cuyos sedimentos fueron plegados durante la orogenia Alpina. Los aportes sedimentarios provenientes del este eran desplazados hasta una plataforma continental terrígena y carbonatada y al pie del talud había una serie de abanicos. En la cercana llanura abisal es donde se estima que se situaban los sedimentos estudiados (Fig. 1).

En la actualidad, el afloramiento se localiza en la bahía de Loya, en un acantilado en el lado nordeste de la playa. La sección cretácica está conformada por margocalizas rojas y grises, seguida de un contacto neto con la sección paleógena, en parte erosionada en un hueco del acantilado. Los primeros centímetros del Paleoceno están formados por un nivel de arcilla margosa gris oscuro seguidos por margocalizas grises en el resto de la sección estudiada, sobre las cuales se encuentra un potente estrato calizo. Pioneros en el estudio de este corte fueron Lacazediou *et al.* (1996), trabajo que nos permitió encontrar la sección y muestrearla (Fig. 2).



Fig. 2.- Muestreo de la sección de Loya.

Fig. 2.- Sampling of the Loya section

## Metodología

Con una metodología de alta resolución se recolectaron un total de 16 muestras (8 en los últimos 3 m del Maastrichtense y otras 8 en los primeros 26 cm del Daniense), primero con distancias decimétricas y cerca del límite K/Pg a distancias centimétricas. (Fig. 2).

En el laboratorio, todas las muestras fueron disgregadas con agua oxigenada diluida con agua del grifo y lavadas a través de un tamiz de 63  $\mu\text{m}$  con la técnica usual del levigado.

Los especímenes fósiles fueron identificados, contados y montados en microceldillas para un registro permanente. Los foraminíferos planctónicos fueron determinados a nivel de especie siguiendo varios trabajos de tipo taxonómico (Robaszynski *et al.*, 1984; Nederbragt, 1991; Olsson *et al.*, 1999, entre otros).

Todas las especies fueron semicuantitativamente clasificadas dependiendo de su abundancia en cada muestra (rara: R, escasa: E, común: C, abundante: A). En aquellas muestras que debería encontrarse la especie, pero no está presente por motivos paleoecológicos o efecto *Signor-Lipps*, se ha indicado con un guión (Tabla I).

## Resultados

Los 3 m superiores del final del Maastrichtense en la sección de Loya se han podido datar como pertenecientes a la Biozona de *Abathomphalus mayaroensis* según la biozonación de Robaszynski *et al.* (1984). Los foraminíferos planctónicos son muy abundantes y diversos, además de tener un tamaño considerable (0.3 a 1 mm). Se puede observar una gran variedad de especies planctónicas, grandes y especializadas, de estrategia K. Hay un total de 36 especies de globotruncánidos y heterohelicidos (*Pseudoguembelina kempensis*, *Gbg. praerihillensis*, *G. falsostuarti*, *Rgg. macrocephala*, *R. contusa*, *Rcm. fructifera*, *Rgg. pennyi*, *G. esnehensis*, *Gnita. conica*, *Gnita. stuarti*, *R. patelliformis*, *Plg. multicamerata*, *Pst. elegans*, *G. arca*, *Gnita. stuartiformis*, *Glla. petaloidea*, *Pst. nutalli*, *H. punctulata*, *A. blowi*, *Plg. acervulinoides*, *Rcm. powelli*, *Glla. havanensis*, *Pst. intermedia*, *G. roseta*, *Rgg. rugosa*, *Rgg. hexacamerata*, *H. navarroensis*, *Gnita. pettersi*, *Plg. riograndensis*, *G. insignis*, *Rgg. rotundata*, *G. dupeublei*, *Plg. carseyae*, *Gnita. an-*

*gulata*, *Psg. hariaensis*, *Glla. pschdae*) que se extinguirían en el límite K/Pg, aunque algunas no aparecen en todas las muestras.

El comienzo del Daniense en la sección de Loya ha sido datado como perteneciente a la Biozona de *Guembeltria cretacea* (primeros 5 cm) y a la Biozona de *Parvularugoglobigerina eugubina* (siguientes 21 cm) según la biozonación de Olsson *et al.* (1999). No se ha datado la Biozona de *Parasubbotina pseudobulloides*, a pesar de haber encontrado en las dos muestras superiores ejemplares escasos determinados como *affinis*, que no permiten asegurar la datación.

El Daniense inferior se caracteriza por especies menos frecuentes y diversificadas, oportunistas de estrategia r. El tamaño medio de las nuevas especies es mucho menor (0.1 mm por lo general) al de las cretácicas, incluso son menos abundantes que los pequeños foraminíferos bentónicos, que aparentemente resistieron mejor los cambios en las condiciones medioambientales. En los primeros 3 cm del Daniense es muy difícil encontrar especímenes planctónicos, y serían especies supervivientes o bien reelaboradas alocronicamente. En los siguientes centímetros aparecen nuevas especies de foraminíferos planctónicos (*Pv. alabamensis*, *E. eobulloides*, *Glob. archeocompressa*, *Pr. taurica*, *Pr. pseudoinconstans*, *Pv. eugubina*, *Glob. planocompressa*, *Ch. morsei*, *W. hornerstownensis*, *S. trivialis*, *W. claytonensis*, *Ps. aff. pseudobulloides*). (Fig. 3).

## Discusión

La gran diversidad de foraminíferos planctónicos en la sección cretácica indica unas condiciones ambientales muy favorables para la vida de estas especies. Por ello, se deduce que las condiciones ambientales de esa época eran subtropicales. Aunque la diversidad puede estar controlada por aspectos tafonómicos. En cambio, la abundancia relativa en el tramo Paleógeno de géneros típicos de aguas menos cálidas, como *Chiloguembelina*, sugiere que el paleoambiente pasó a ser templado (Molina *et al.*, 1996, 1998; Arz *et al.*, 1999; Arenillas *et al.*, 2000, entre otros).

Un total de 41 especies de los foraminíferos planctónicos hallados en el Cretácico alcanzan el límite K/Pg, de las cuáles sólo 5 especies aparecen en el Paleógeno basal, los 3 heterohelicidos podrían ser resedimentados, lo que supone más de un 90 % de extinción en el límite K/Pg. Este gran porcentaje de ex-

Periodos	Cretácico Superior							Paleógeno Inferior							Periodos		
	A. mayaroensis							Gt. cretacea	Pv. eugubina							Biozonas	
MUESTRAS	-300	-250	-100	-50	-25	-6-10	-2-6	0-2	0+3	+3+5	+5+8	+8+11	+11+14	+14+18	+18+22	+22+26	MUESTRAS
<i>Abth. intermedius</i>	R								R	-	R	-	-	-	-	Pv. longiapertura	
<i>Arch. cretacea</i>	-	-	R	R				R	R	-	E	E	E	E	-	Pv. alabamensis	
<i>R. plicata</i>	-	R	-	-	-	-	-	R	R	E	R	E	E	E	-	Pv. eugubina	
<i>Gu. acuta</i>	R	-	-	R	R			R	R	E	R	E	E	E	-	W. hornerstownensis	
<i>Abth. mayaroensis</i>	-	R	-	-	R	-	-	R	R	R	E	E	E	E	-	Pr. pseudoinconstans	
<i>Rgg. recheli</i>	R	-	R	-	R	-	-	R	R	R	E	E	E	E	R	Glob. planocompressa	
<i>Psg. kempensis</i>	R	-	R	-	-	-	-	R	R	E	E	E	E	E	-	Ch. morsei	
<i>Gbg.praerihillensis</i>	R	-	-	-	-	-	R	-	R	-	R	-	-	-	C	W. claytonensis	
<i>G. falsostuarti</i>	R	-	-	R	-	-	-	R	-	C	E	-	-	-	R	Glob. archeocompressa	
<i>Rgg. macrocephala</i>	E	-	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	R	E. eobulloides	
<i>R. contusa</i>	-	R	-	-	-	R	-	R	-	R	-	-	-	-	R	Pr. taurica	
<i>Rcm. fructicosa</i>	E	C	R	-	-	-	-	-	-	-	-	R	R	-	-	S. trivialis	
<i>Rgg. pennyi</i>	E	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>G. esnehensis</i>	R	R	-	R	E	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Gnita. conica</i>	R	-	E	R	R	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Gnita. stuarti</i>	E	E	C	R	-	R	E	E	R	R	R	R	R	R	R		
<i>R. patelliformis</i>	R	-	-	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		
<i>Plg. multicamerata</i>	R	R	-	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R		
<i>Pst. elegans</i>	C	E	C	C	R	E	E	E	R	C	R	R	R	R	R		
<i>G. arca</i>	R	C	E	C	C	E	E	R	C	R	R	R	R	R	R		
<i>Gnita. stuartiformis</i>	E	E	E	R	R	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Glla. petaloidea</i>	R	R	-	R	R	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Pst. nutalli</i>	C	A	C	A	C	E	-	C	R	R	R	R	R	R	R		
<i>H. punctulata</i>	R	R	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Arch. blowi</i>	R	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Plg. acervulinoides</i>	E	E	C	-	E	E	-	C	E	R	-	-	-	-	-		
<i>Rcm. powelli</i>	E	C	E	E	E	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Glla. havanensis</i>	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Pst. intermedia</i>	-	E	-	R	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>G. rosetta</i>	-	E	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Rgg. rugosa</i>	-	R	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Rgg. hexacamerata</i>	-	R	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>H. navarroensis</i>	-	E	-	-	-	-	-	-	E	R	-	-	-	-	-		
<i>Gnita. pettersi</i>	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Plg. riograndensis</i>	-	-	E	E	E	E	-	E	C	-	-	-	-	-	-		
<i>G. insignis</i>	-	-	-	R	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Rgg. rotundata</i>	-	-	-	E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>G. dupeublei</i>	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Plg. carseyae</i>	-	R	-	R	-	-	-	E	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Gnita. angulata</i>	-	-	-	-	-	-	-	R	R	R	R	R	R	R	R		
<i>Psg. hariäensis</i>	R	-	-	R	-	-	-	R	R	R	R	R	R	R	R		
<i>Glla. pschdae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	R	R	R	R	R	R	R		
<i>H. globulosa</i>	A	A	A	A	A	C	-	A	C	E	R	R	R	R	R		
<i>H. labellosa</i>	E	E	E	C	E	E	-	A	C	E	R	R	R	R	R		
<i>H. planata</i>	R	-	R	R	R	-	-	R	R	R	R	R	R	R	R		
<i>Hlla. holmdelensis</i>	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Gt. cretacea</i>	R	-	-	R	-	-	-	R	-	E	-	-	-	-	-		

Tabla I.- Análisis semicuantitativo de especies en las muestras de la sección de Loya.  
Table I.- Semiquantitative analysis of species in the samples of the Loya section.

tinción se produce de forma súbita y prácticamente instantánea a la escala geológica, lo cual sugiere que el patrón no fue lento y gradual, sino rápido y brusco.  
A continuación se procede a contrastar los datos obtenidos y el posible patrón de extinción encontrado en la sección de Loya con trabajos previos sobre el patrón de extinción en otras secciones, tanto en el golfo de Vizcaya (Bidart y Zumaya) como en el sudeste de España (Caravaca y Agost) y en Túnez (El Kef y Ain Settara), con el objetivo de discutir si el patrón de extinción del afloramiento analizado en este trabajo se puede confirmar como catastrófico y súbito.

Keller (1988) publicó un estudio sobre el corte de El Kef en el que contradecía el patrón súbito y catastrófico que los investigadores venían publicando. Así, según Keller (1988), de las 45 especies de foraminíferos planctónicos que identificó, 14 especies (31%) se extinguirían antes del límite K/Pg, 21 especies (47%) se extinguirían durante el tránsito K/Pg y 10 especies (22%) sobrevivirían en el Paleógeno. Estos resultados le llevaron a la conclusión de que el patrón de extinción era gradual y que las consecuencias del impacto del meteorito no fueron las únicas causas de la extinción durante el tránsito K/Pg, sino que hubo múltiples causas como el vulcanismo, el cambio climá-

tico, el descenso del nivel del mar y el incremento de salinidad a lo largo del tránsito.  
Sin embargo, en los cortes de Agost, Caravaca, Zumaya y Ain Settara el patrón encontrado por Molina *et al.* (1996, 1998) era un patrón de extinción en masa súbito en coincidencia con el límite K/Pg, similar al identificado en el límite K/Pg de Loya.  
El estudio pionero del tránsito K/Pg de la sección de Loya de Lacazedieu *et al.* (1996), no realizó un estudio detallado del patrón de extinción de los foraminíferos planctónicos, ya que solo citaron 8 especies. Sin embargo, desarrolló un estudio detallado de los nanofósiles calcáreos, identificando muchas especies y poniendo de manifiesto un patrón de extinción súbito en coincidencia con el límite K/Pg.  
Varios cortes del K/Pg en la costa vasca fueron estudiados por Apellaniz *et al.* (1997) y la correlación de sus datos dio como resultado que un total de 63 especies de foraminíferos alcanzaron el tránsito y 30 de ellas sobrevivieron, siendo el porcentaje de extinción de más del 50%. Esto les lleva a proponer un patrón de extinción catastrófico.  
Arenillas *et al.* (2000) realizaron un test independiente, para el análisis del patrón de extinción, estudiando la misma sección situada en El Kef donde Keller (1988) parecía encontrar un patrón gradual. Según Arenillas *et al.* (2000) de un total de 67 especies de foraminíferos planctónicos identificadas, 6 especies (9%) se extinguieron a lo largo de los últimos metros del Maastrichtiense, 46 especies (69%) se extinguieron justo en el límite K/Pg y 15 especies (22%) sobrevivieron a corto plazo. Estos resultados, junto con los de otros investigadores, sugieren que el estudio de Keller (1988) está muy afectado por el efecto *Signor-Lipps*. Además, El Kef es una sección muy potente y continua que no tiene ningún hiato estratigráfico identificable que pudiese ocultar una extinción gradual. Todo lo cual permite concluir que en el corte de El Kef el registro muestra también un patrón de extinción súbito con unas pocas especies con extinción de fondo en los últimos metros del Maastrichtiense.  
En el cercano corte de Bidart (SO de Francia) Gallala *et al.* (2009) realizaron un análisis de alta resolución. En su análisis, un total de 53 especies de foraminíferos planctónicos alcanzan el límite, de las cuáles solamente son registradas 18 en la sección paleógena, y se sugiere que buena parte de estas sean ejemplares resedimentados alocrónicamente. Además, solo una especie se extinguió antes del límite, lo que sugiere con bastante fiabilidad que el patrón de ex-

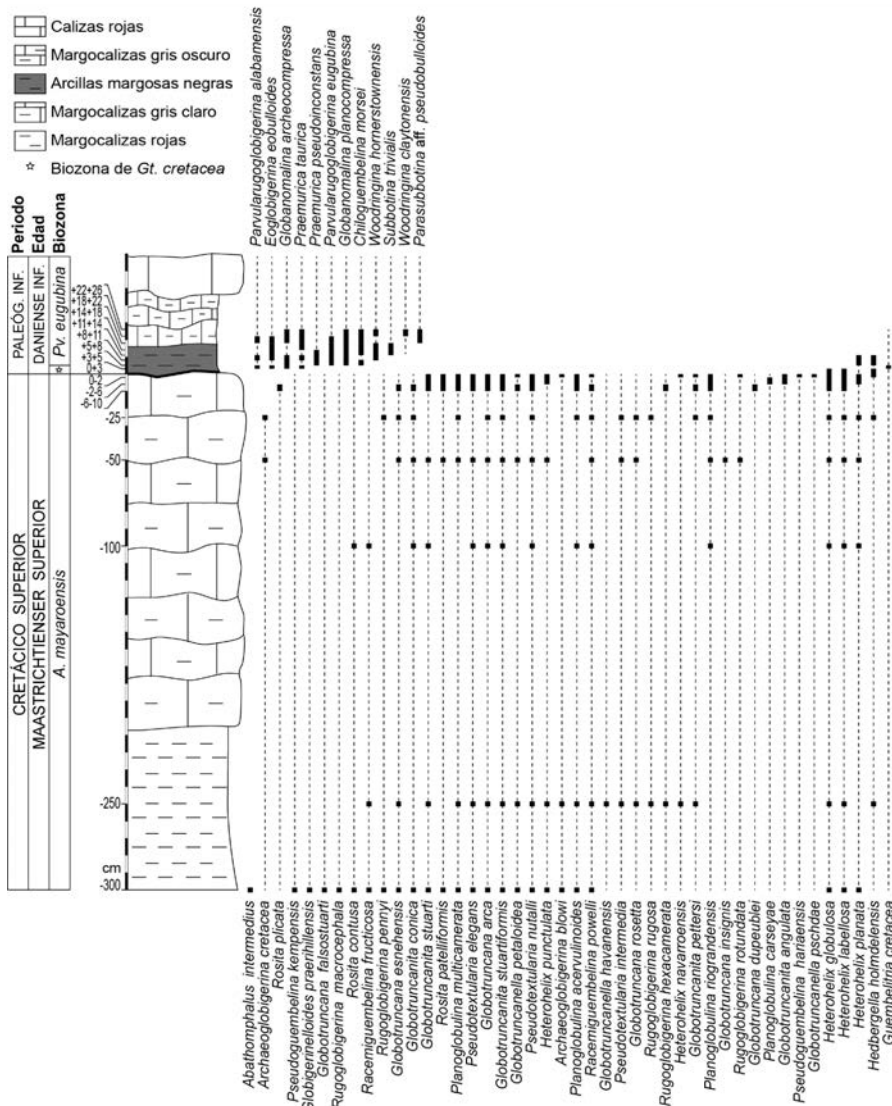


Fig. 3.- Bioestratigrafía y patrón de extinción de los foraminíferos planctónicos.  
 Fig. 3.- Biostratigraphy and extinction pattern of planktic foraminifera

tinción no fue gradual, sino que fue súbito y catastrófico.

En definitiva, comparando nuestros datos con los de los investigadores anteriormente citados, el patrón gradual propuesto por Keller (1988) parece ser el resultado del efecto *Sig-nor-Lipps*. En varias secciones de la costa vasca Apellaniz *et al.* (1997) encontraron un patrón de extinción bastante súbito. En la secciones de Agost, Caravaca, Zumaya, Ain Settara y El Kef, Molina *et al.* (1996, 1998), Arz *et al.* (1999) y Arenillas *et al.* (2000) encontraron un patrón de extinción muy súbito. Igualmente Gallala *et al.* (2009) en la cercana sección de Bidart encontraron un patrón de extinción súbito y catastrófico. El patrón reconocido en Loya en este trabajo es por cronología, similar al reconocido por estos autores previos en otras secciones cercanas y confirma el patrón de extinción súbito.

**Conclusiones**

En la sección de Loya 3 especies (*A-bathomphalus intermedius*, *Archaeglobigerina cretacea* y *Rosita plicata*) desaparecen a lo largo de los 3 m superiores del Maastrichtense, constituyendo el patrón de extinción normal de fondo. Sin embargo, 36 especies grandes y especializadas de estrategia K se extinguirán en el límite K/Pg. El patrón de extinción de estas especies sería en masa, súbita y catastrófica, y resulta muy plausible establecer la relación de causa y efecto entre el impacto de un gran meteorito y el patrón de extinción súbito.

En el Daniense basal se encuentran 5 especies (*Heterohelix globulosa*, *H. labellosa*, *H. planata*, *Hedbergella holmdelensis* y *Guembelitra cretacea*). Los 3 heterohelícidos serían probablemente reelaborados, pero *Hedbergella* y *Guembelitra* serían supervivientes.

**Agradecimientos**

Agradecemos a Laia Alegret y José Antonio Arz por su ayuda en el muestreo del corte de Loya, y a Estibalz Apellaniz y Manuel Díaz Azpiroz por la revisión del texto. Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto CGL2014-58794P del Ministerio Español de Ciencia y Tecnología (fondos FEDER) y del Grupo Consolidado E05 del Gobierno de Aragón.

**Referencias**

Álvarez, L.W., Álvarez, W., Asaro, F. y Michel, H. V. (1980). *Science* 208, 1095-1108.

Apellaniz, E., Baceta, J.I., Bernaola-Bilbao, G., Núñez-Betelu, K., Orúe-Etxebarria, X., Payros, A., Pujalte, V., Robin, E. y Rocchia, R. (1997). *Bulletin de la Société Géologique de France* 168, 783-793.

Arenillas, I. Arz, J.A., Molina, E. y Dupuis, C. (2000). *Micropaleontology* 46, 31-49.

Arz J.A., Arenillas I. y Molina E. (1999). *Revista Española de Micropaleontología* 31. 297-304.

Gallala, N., Zaghbib-Turki, D., Arenillas, I., Arz, J.A., Molina, E. (2009). *Marine Micropaleontology* 72, 196-209.

Lacazedieu, A., Peybernès, B. y Seyve, C. (1996). *La limite Crétacé-Paléocène: phénomènes biologiques, évènements géologiques d'après les sites de la côte basque*. Ed. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine, Bordeaux, 91 p.

Keller, G. (1988). *Marine Micropaleontology* 13, 239-263.

Luterbacher, H.P. y Pemoli Silva, I. (1964). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 70, 67-128.

Molina, E., Arenillas, I. y Arz, J.A. (1996). *Revue de Micropaleontologie* 39(3), 225-243.

Molina, E., Arenillas, I. y Arz, J.A. (1998). *Bulletin de la Société géologique de France* 169(3), 351-363.

Molina, E., Alegret, L., Arenillas, I., Arz, J.A., Gallala, N., Hardenbol, J., Von Salis, K., Steurbaut, E., Vandenbeghe, N. y Zaghbib-Turki, D. (2006). *Episodes* 29(4), 263-278.

Nederbragt, A. (1991). *Micropaleontology* 37, 329-372.

Olsson, R.K., Hemleben, C., Berggren, W.A. y Huber, B.T. (1999). *Atlas of Paleocene Planktic Foraminifera*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C., 273 p.

Robaszynski, F., Caron, M., González, J.M. y Wonders, A. (1984). *Revue de Micropaleontologie* 26, 145-305.

Smit, J. (1982). *Geological Society of America, Special Paper* 190, 329-352.