

2017

Patrón de extinción de
los foraminíferos
planctónicos en el límite
Cretácico/Paleógeno en
Loya (sur de Francia)
Extinction pattern of
the planktic
foraminifera at the
Cretaceous/Paleogene
boundary at Loya
(Southern France)



Índice

Abstract.....	2
Introducción.....	2
Objetivos.....	3
Metodología.....	3
Contextos geográfico y geológico.....	4
Presentación de los resultados obtenidos.....	5
Descripciones.....	5
Contexto general.....	12
Discusión de los resultados.....	20
Conclusions.....	22
Referencias bibliográficas.....	22

Abstract

This paper focuses on the identification and semiquantitative analysis of the species of planktic foraminifera found in the Loya Bay (SW France), across the Cretaceous/Paleogene (K/Pg) boundary, in order to know the extinction pattern of the Cretaceous species and the paleoenvironment of the region when the species lived.

The Late Cretaceous presents a great variety of planktic foraminifera with big sizes (from 0.3 to over 1 mm of diameter), indicating a subtropical paleoenvironment until the K/Pg boundary. This situation is followed by a practically complete removal of this species at the beginning of the Paleogene, with very few survivors and new species with a limited variety and amount, as well as a smaller size (generally 0.1 mm). Taking the founded fossils into account, the paleoenvironment would have turned to be temperate.

The fact that it is still possible to find a great amount of the Late Cretaceous planktic foraminifera right before the limit, as well as the comparison of the results of this paper with other various articles about this subject, lead to the conclusion that the pattern of extinction was sudden and catastrophic, probably due to the abrupt change in the water's conditions caused by the meteorite that hit the Earth 66 million years ago.

Introducción

La Bahía de Loya, situada al SW de Francia y a unos pocos kilómetros de la más conocida sección de Bidart, presenta en uno de sus acantilados un yacimiento del tránsito Cretácico-Paleógeno, edad durante la que se produjo la última gran extinción en masa. Este corte fue muestreado por Laia Alegret, Ignacio Arenillas, José Antonio Arz y Eustoquio Molina, pero no llegó a ser estudiado ni publicado.

La causa más aceptada del evento de extinción del tránsito K/Pg es el de la caída de un gran meteorito en lo que en la actualidad es la península de Yucatán, en México. Esta causa se dedujo tras análisis que daban como resultado una anomalía de iridio en varias zonas alrededor del mundo con depósitos de 66 millones de años de edad, coincidiendo con el tránsito K/Pg. Se dedujo que este iridio era de origen extraterrestre y que llegó a la Tierra por medio del impacto de un gran meteorito (Álvarez et al., 1980; Smit y Hertogen, 1980). Este impacto provocó la sexta gran extinción de nuestro planeta, desencadenando la desaparición total o casi total de una gran parte de la flora y la fauna, siendo los dinosaurios el ejemplo más conocido.

Las consecuencias de este evento en la fauna de la época ha sido estudiados en numerosas ocasiones, siendo los foraminíferos un grupo fósil de alta fiabilidad. Varios artículos que han sido consultados para contrastar los datos obtenidos en el presente trabajo se centran en el tipo de patrón de extinción de los foraminíferos durante el tránsito K/Pg, tanto en el golfo de Vizcaya (Apellaniz et al., 1997; Alegret et al., 2004; Gallala y Zaghbib-Turki, 2010) como en el sudeste de España y el norte de Túnez (Smit y Hertogen, 1980; Keller, 1988; Molina et al. 1998; Arenillas et al., 2000b).

Este trabajo se centra en el estudio de los fósiles de foraminíferos planctónicos encontrados en este afloramiento y del tipo de extinción que tuvo lugar durante el límite K/Pg para conocer el patrón de recuperación de las especies tras el descenso brusco del aporte de nutrientes en el tránsito K/Pg. Así como para reconstruir las condiciones paleoambientales.

Objetivos

Los objetivos de este trabajo son:

- 1) Identificar las especies de foraminíferos planctónicos del tránsito Cretácico-Paleógeno en la sección de Loya.
- 2) Clasificar semicuantitativamente estas especies dependiendo en su abundancia relativa en las muestras obtenidas.
- 3) Comprobar si el patrón de extinción del límite K/Pg fue gradual o catastrófico.
- 4) Tratar de averiguar las condiciones paleoambientales durante la época en la que los especímenes vivieron.

Metodología

Se recolectaron en el campo un total de 16 muestras (8 en los últimos 3 metros del Maastrichtiense y otros 8 en los primeros 26 centímetros del Daniense) en un acantilado de la bahía de Loya. Se utilizó una hazada pequeña para eliminar la capa superficial alterada y después se recolectaron las muestras en pequeñas bolsas de plástico, primero con distancias decimétricas y, una vez cerca del tránsito, distancias centimétricas. En el laboratorio, todas las muestras fueron disgregadas en agua con agua oxigenada diluida y lavadas a través de un tamiz de 63 μm .

Los especímenes fueron identificados, contados y montados en microceldillas para un registro permanente. Los foraminíferos planctónicos fueron identificados a nivel de especie siguiendo los trabajos taxonómicos de Loeblich y Tapan (1987), Nederbragt (1991), Olsson et al. (1999) y Robaszynski et al. (1984).

Todas las especies fueron semicuantitativamente clasificadas dependiendo de su abundancia en cada muestra (no presente, raro, escaso, común, abundante). El resultado se plasmó después en una tabla de distribución biostratigráfica (Tabla 1).

El estado de conservación de los ejemplares es muy irregular, desde ejemplares fragmentados o alterados a ejemplares bien conservados.

Para las fotografías de los ejemplares, se usó una cámara-lupa Dinolite de x250 aumentos.

Contextos geográfico y geológico

La sección de Loya está geográficamente situada en los alrededores de Pointe-Sainte-Anne, cerca de Hendaye (SW de Francia). Está situada 19 km al suroeste de la sección de Bidart, cerca de la frontera francesa-española (Fig.1).



Figura 1. Situación geográfica nacional y local del afloramiento de la Bahía de Loya.

Geológicamente se sitúa dentro de la cuenca Vasco-Cantábrica, cuando la cordillera pirenaica no estaba todavía desarrollada. Los aportes sedimentarios provenientes del este eran desplazados hasta una plataforma continental terrígena y carbonatada. Al pie del talud había una serie de abanicos en los que fragmentos del talud eran transportados a la llanura abisal. En esta llanura abisal es donde se sospecha que se situaban los sedimentos del afloramiento investigado) (Fig. 2).

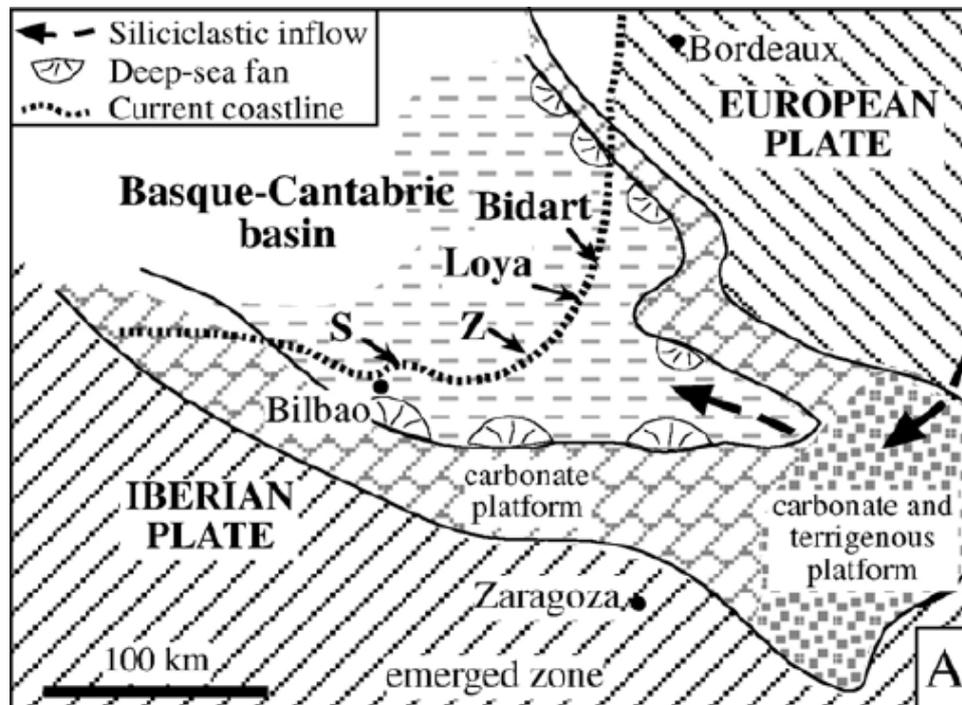


Figura 2. Reconstrucción paleogeográfica de la Cuenca Vasco-Cantábrica durante el Paleoceno (extraído de Alegret, 2007)

En la actualidad, el afloramiento está situado en la Bahía de Loya, cerca de un acantilado en el lado nordeste de la playa (Ilustración 1). La sección cretácica está conformada por un banco de margocalizas rojas a grises, seguido de un contacto neto con la sección paleocena. Los primeros 5 centímetros del Paleoceno están formados por margas gris oscuro seguidos por margas rojas en el resto de la sección estudiada (Lacazediu et al., 1996).



Ilustración 1. Afloramiento del que se recolectaron las muestras posteriormente analizadas en el laboratorio (Autor de la fotografía: E. Molina).

Presentación de los resultados obtenidos

Descripciones

Las siguientes especies fueron identificadas durante el análisis de las muestras y son brevemente descritas, además de indicarse su abundancia relativa y muestras en las que fueron encontradas. Por último, han sido agrupadas según en qué sección o secciones fueron encontradas.

Especies encontradas en la sección cretácica

-*Abathomphalus intermedius*: Pared calcítica hialina. Forma biconvexa a convexoplana. Disposición trocoespiralada baja a moderadamente alta, con 4 a 6 cámaras en la última espira, de crecimiento lento y forma trapezoidal a petaloidea. Abertura extraumbilical-umbilical y pared ornamentada con rugosidades elongadas. Especie muy rara encontrada únicamente en la muestra -300.

-*Archaeoglobigerina blowi*: Pared calcítica hialina. Forma biconvexa. Disposición trocoespiralada baja a plana, con 4 a 5 cámaras en la última espira, de crecimiento muy rápido y forma globular. Abertura umbilical y pared con pústulas. Especie rara encontrada en las muestras -300 y -250, y de nuevo en la muestra 0-2.

-*Archaeoglobigerina cretacea*: Pared calcítica hialina. Forma biconvexa. Disposición trocoespiralada baja a plana, con 5 a 6 cámaras en la última espira, de crecimiento lento y forma

globular. Abertura umbilical y pared con pústulas. Especie rara encontrada en las muestras -50 y -25.

-*Globigerinelloides praerihillensis*: Pared calcítica hialina. Forma bicóncava. Disposición planiespiralada evoluta, con cámaras de forma globular. Abertura terminal y pared lisa. Especie muy rara encontrada únicamente en la muestra -300.

-*Globotruncana arca* (Ilustración 2): Pared calcítica hialina. Forma biconvexa. Disposición trocoespiralada alta, con 6 a 7 cámaras en la última espira, de crecimiento lento y forma medialuna a petaloide. Abertura umbilical y pared con dos carenas en todas las cámaras y pústulas en las primeras cámaras. Especie común encontrada en todas las muestras de la sección (desde -300 hasta 0-2).

-*Globotruncana dupeublei*: Pared calcítica hialina. Forma biconvexa. Disposición trocoespiralada variada, con 7 a 9 cámaras en la última espira, de crecimiento lento y forma trapezoidal/rectangular a petaloide. Abertura umbilical y pared con una carena en todas las cámaras. Especie muy rara encontrada únicamente en la muestra -6-10.

-*Globotruncana esnehensis*: Pared calcítica hialina. Forma convexoplana. Disposición trocoespiralada moderada, con 5 a 6 cámaras en la última espira, de crecimiento rápido y forma trapezoidal a petaloide. Abertura umbilical y pared con una carena a partir de la última espira. Especie relativamente escasa, encontrada en las muestras -300 y -250, y de nuevo en las muestras desde -50 hasta -6-10.

-*Globotruncana falsostuarti*: Pared calcítica hialina. Forma biconvexa. Disposición trocoespiralada variable, con 7 a 8 cámaras en la última espira, de crecimiento lento y forma trapezoidal a petaloide. Abertura umbilical y pared con dos carenas excepto en las últimas cámaras. Especie muy rara encontrada únicamente en la muestra -300.

-*Globotruncana insignis*: Pared calcítica hialina. Forma planoconvexa. Disposición trocoespiralada baja, con 5 a 7 cámaras en la última espira, de crecimiento lento y forma trapezoidal a medialuna/petaloide. Abertura umbilical y pared con una carena en todas las cámaras. Especie muy rara encontrada únicamente en la muestra -50.

-*Globotruncana rosetta*: Pared calcítica hialina. Forma planoconvexa. Disposición trocoespiralada baja, con 4 a 5 cámaras en la última espira, de crecimiento rápido y forma trapezoidal/reniforme a medialuna/petaloide. Abertura umbilical y pared con dos carenas excepto en las dos últimas cámaras. Especie relativamente escasa, encontrada en la muestra -250 y de nuevo en las muestras -50 y -25.

-*Globotruncanella havanensis*: Pared calcítica hialina. Forma biconvexa. Disposición trocoespiralada baja a moderadamente alta, con 4 ½ a 5 cámaras en la última espira, de crecimiento rápido y forma triangular/trapezoidal a petaloide. Abertura extraumbilical-umbilical y pared cubierta por pústulas y algunas rugosidades. Especie muy rara, encontrada únicamente en la muestra -250.

-*Globotruncanella petaloidea*: Pared calcítica hialina. Forma biconvexa a convexocóncava. Disposición trocoespiralada alta, con 4 cámaras en la última espira, de crecimiento muy rápido y forma petaloide. Abertura extraumbilical-umbilical y pared con pústulas dispersas. Especie relativamente escasa encontrada en las muestras -300, -250, -50, -6-10 y 0-2.

-*Globotruncanella pschadae*: Pared calcítica hialina. Forma biconvexa. Disposición trocoespiralada baja a moderadamente alta, con 4 ½ a 5 cámaras en la última espira, de crecimiento rápido y forma triangular/trapezoidal a petaloide. Abertura extraumbilical-umbilical y pared cubiertas por pústulas y rugosidades dispersas, además de una carena formada por una fila de pústulas. Especie muy rara encontrada únicamente en la muestra 0-2.

-*Globotruncanita angulata*: Pared calcítica hialina. Forma planoconvexa. Disposición trocoespiralada muy baja, con 5 a 6 cámaras en la última espira, de crecimiento lento y forma de medialuna a triangular o trapezoidal. Abertura umbilical y pared con una carena en todas las cámaras y pústulas en las primeras cámaras del lado umbilical. Especie rara encontrada en las muestras -2-6 y 0-2.

-*Globotruncanita conica*: Pared calcítica hialina. Forma convexoplana. Disposición trocoespiralada alta, con 6 a 9 cámaras en la última espira, de crecimiento muy lento y forma trapezoidal a subrectangular. Abertura umbilical y pared con una carena en todas las cámaras. Especie relativamente escasa encontrada en la muestra -300 y de nuevo desde la muestra -100 hasta la muestra -6-10.

-*Globotruncanita pettersi*: Pared calcítica hialina. Forma planoconvexa. Disposición trocoespiralada muy baja, con 4 a 5 cámaras en la última espira, de crecimiento rápido y forma de medialuna. Abertura umbilical y pared con una carena en todas las cámaras excepto la última y rugosidades esparcidas en el lado umbilical. Especie relativamente escasa encontrada en las muestras -250, -25, -6-10 y 0-2.

-*Globotruncanita stuarti* (Ilustración 2): Pared calcítica hialina. Forma biconvexa. Disposición trocoespiralada moderada, con 7 a 9 cámaras en la última espira, de crecimiento muy lento y forma trapezoidal a subrectangular. Abertura umbilical y pared con una carena en todas las cámaras. Especie relativamente común encontrada en todas las muestras de la sección cretácica a excepción de la muestra -25.

-*Globotruncanita stuartiformis* (Ilustración 2): Pared calcítica hialina. Forma biconvexa. Disposición trocoespiralada moderada, con 5 a 7 cámaras en la última espira, de crecimiento lento y forma triangular. Abertura umbilical y pared con una carena en todas las cámaras excepto la última. Especie escasa encontrada en todas las muestras de la sección cretácica (desde -300 hasta 0-2).

-*Heterohelix navarroensis*: Pared calcítica hialina. Forma subparalela. Disposición biseriada, con cámaras más anchas que profundas, de forma subglobular. Abertura terminal bordeada por pestañas distintivas y pared finamente perforada y cubierta por costillas finas. Especie relativamente escasa encontrada en la muestra -250 y de nuevo en la muestra 0-2.

-*Heterohelix punctulata*: Pared calcítica hialina. Forma globular. Disposición biseriada, con cámaras más profundas que anchas, de forma subglobular. Abertura terminal en forma de arco ancho rodeado por un cerco, y pared con costillas irregulares y grandes poros. Especie relativamente escasa encontrada en las muestras -300, -250, -50, -2-6 y 0-2.

-*Planoglobulina acervulinoides* (Ilustración 3): Pared calcítica hialina. Forma biconvexa. Disposición de biseriada a multiseriada en 3D. Con cámaras de forma subglobular a globular. Aberturas bordeadas por pequeñas pestañas y pared cubierta por costillas con poros de tamaño

medio. Especie relativamente común encontrada en todas las muestras de la sección cretácica menos en la muestra -50.

-*Planoglobulina carseyae*: Pared calcítica hialina. Forma biconvexa. Disposición de biseriada a multiseriada en un plano, con cámaras más profundas que anchas, de forma globular a reniforme. Aberturas bordeadas por pestañas pequeñas pero distintivas y pared cubierta por costillas finas. Especie rara encontrada únicamente en la muestra -2-6.

-*Planoglobulina multicamerata*: Pared calcítica hialina. Forma planar. Disposición de biseriada a multiseriada en un plano, con cámaras de forma subglobular o en U. Abertura terminal y pared con importante ornamentación vermicular a costada. Especie relativamente escasa encontrada en todas las muestras de la sección cretácica con excepción de la muestra -100.

-*Planoglobulina riograndensis* (Ilustración 3): Pared calcítica hialina. Forma biconvexa. Disposición de biseriada a multiseriada en 3D. Con cámaras de forma globular. Aberturas bordeadas por pequeñas pestañas y pared con ornamentación vermicular fina. Especie relativamente común encontrada las muestras desde -100 hasta 0-2.

-*Pseudoguembelina hariaensis*: Pared calcítica hialina. Forma de la periferia de redondeada a lobada. Disposición biseriada o biseriada a multiseriada en un plano, con cámaras más anchas que profundas, de forma subglobular a globular. Aberturas con forma de arcos altos y estrechos, bordeados por pestañas pequeñas pero distintivas y pared cubierta por costillas finas y discontinuas, con filas de poros de tamaño mediano entre las costillas. Especie muy rara encontrada únicamente en la muestra 0-2.

-*Pseudoguembelina kempensis*: Pared calcítica hialina. Forma de la periferia de angulosa a redondeada. Disposición biseriada, con cámaras apretadas y de forma reniforme. Abertura terminal con forma de arco alto y aberturas accesorias con una extensión en forma de tubo, y pared cubierta por costillas irregulares. Especie muy rara encontrada únicamente en la muestra -300.

-*Pseudotextularia elegans* (Ilustración 3): Pared calcítica hialina. Forma biconvexa. Disposición biseriada, con cámaras claramente más profundas que anchas, de forma oval a subglobular. Abertura terminal con forma de arco amplio y ancho, frecuentemente bordeado por un cerco ancho e imperforado y pared cubierta por costillas gruesas y continuas, con poros de tamaño medio entre las costillas. Especie relativamente común encontrada en todas las muestras de la sección cretácica menos la muestra -25.

-*Pseudotextularia intermedia*: Pared calcítica hialina. Forma bicóncava. Disposición biseriada a multiseriada en 3D en el estadio terminal, con cámaras más profundas que anchas, de forma oval a subglobular. Abertura terminal con forma de arco alto y ancho y aberturas accesorias altas y estrechas. Especie relativamente escasa encontrada en la muestra -250 y de nuevo en las muestras -50 y -25

-*Pseudotextularia nutalli* (Ilustración 4): Pared calcítica hialina. Forma bicóncava a biconvexa. Disposición biseriada, con cámaras más profundas que anchas, de forma oval a subglobular. Abertura terminal con forma de arco ancho y bajo, y pared con finas costillas. Especie relativamente abundante encontrada en todas las muestras de la sección cretácica (-300 a 0-2).

-*Racemiguembelina fructicosa* (Ilustración 4): Pared calcítica hialina. Forma elipsoidal a circular. Disposición de biseriada a multiseriada en 3D, con cámaras de forma subglobular,

últimas cámaras conectadas por puentes y tamices microperforados, sin ornamentación y bordeados por cercos imperforados y pared cubierta por costillas continuas y distintivas y suturas deprimidas. Especie escasa encontrada en las muestras -300, -250 y -100.

-*Racemiguembelina powelli* (Ilustración 4): Pared calcítica hialina. Forma elipsoidal. Disposición de biseriada a multiseriada en 3D, con cámaras de forma subglobular, últimas cámaras conectadas por un puente corto con la misma estructura que el resto de la pared, la cual está cubierta por costillas y suturas deprimidas. Especie relativamente común encontrada en todas las muestras de la sección cretácica excepto en la muestra -2-6.

-*Rosita contusa*: Pared calcítica hialina. Forma convexoplana a convexocóncava. Disposición trocoespiralada muy alta, con 5 a 7 cámaras en la última espira, de crecimiento lento y forma subtrapezoidal a elongada. Abertura umbilical y pared con dos carenas en todas las cámaras excepto la última. Especie rara encontrada en la muestra -300 y de nuevo en la muestra -100.

-*Rosita patelliformis*: Pared calcítica hialina. Forma convexoplana a convexocóncava. Disposición trocoespiralada moderada a alta, con 4 a 5 cámaras en la última espira, de crecimiento rápido y forma trapezoidal a elongada/medialuna. Abertura umbilical y pared con dos carenas en todas las cámaras excepto la última. Especie relativamente escasa encontrada en la muestra -300 y de nuevo en la muestra -50 y en las muestras desde -6-10 hasta 0-2.

-*Rosita plicata*: Pared calcítica hialina. Forma convexoplana a convexocóncava. Disposición trocoespiralada muy alta, con 4 a 6 cámaras en la última espira, de crecimiento rápido y forma subtrapezoidal/elongada a medialuna. Abertura umbilical y pared a veces pustulosa y con dos carenas en todas las cámaras excepto las tres últimas. Especie muy rara encontrada únicamente en la muestra -6-10.

-*Rugoglobigerina hexacamerata*: Pared calcítica hialina. Forma biconvexa. Disposición trocoespiralada baja a plana, con 6 cámaras en la última espira, de crecimiento lento y forma globular. Abertura umbilical y pared con costillas y rugosidades. Especie rara encontrada en la muestra -250 y una vez más en la muestra -6-10.

-*Rugoglobigerina macrocephala*: Pared calcítica hialina. Disposición trocoespiralada baja a plana, con 3 a 3 ½ cámaras en la última espira, de crecimiento muy rápido y forma globular. Abertura umbilical y pared con costillas y rugosidades gruesas. Especie muy rara, únicamente encontrada en la muestra -300.

-*Rugoglobigerina pennyi*: Pared calcítica hialina. Forma biconvexa. Disposición trocoespiralada moderada, con 5 a 6 cámaras en la última espira, de crecimiento lento y forma globular. Abertura umbilical y pared cubierta por pústulas y costillas con un patrón meridional. Especie rara encontrada en la muestra -300 y de nuevo en la muestra -25.

-*Rugoglobigerina rotundata*: Pared calcítica hialina. Forma biconvexa. Disposición trocoespiralada baja, con 4 ½ a 6 cámaras en la última espira, de crecimiento lento y forma globular. Abertura umbilical y pared cubierta por pústulas y rugosidades. Especie rara encontrada en la muestra -50 y nuevamente en la muestra 0-2.

-*Rugoglobigerina rugosa*: Pared calcítica hialina. Forma biconvexa. Disposición trocoespiralada baja a plana, con 4 a 5 cámaras en la última espira, de crecimiento rápido y forma globular. Abertura umbilical y pared con costillas y rugosidades gruesas. Especie rara encontrada en la muestra -250 y una vez más en la muestra -25.

Especies encontradas en ambas secciones (supervivientes)

-*Hedbergella holmdelensis* (Ilustración 5): Pared calcítica hialina. Forma biconvexa. Disposición trocoespiralada muy baja, con 5 a 6 cámaras en la última espira, de crecimiento rápido y forma globular a trapezoidal. Abertura extraumbilical-umbilical arqueada y bordeada por un fino labio, y pared lisa. Especie relativamente escasa encontrada en las muestras -250, -25, 0-2, 0+3, +5+8 y +8+11.

-*Heterohelix globulosa* (Ilustración 5): Pared calcítica hialina. Forma globular. Disposición biseriada, con cámaras de forma subglobular. Abertura terminal con forma de arco simple bordeado por un cerco delgado o imperforado, y pared con costillas de finas a distintivas. Especie abundante encontrada en todas las muestras comprendidas entre la muestra -300 y la muestra 0+3.

-*Heterohelix labellosa* (Ilustración 5): Pared calcítica hialina. Forma globular. Disposición biseriada, con cámaras de forma subglobular a reniforme. Abertura terminal con pequeñas pestañas, ambas rodeadas por un labio, y pared con costillas distintivas y continuas, con poros finos a medios entre las costillas. Especie común encontrada en todas las muestras comprendidas entre la muestra -300 y la muestra 0+3.

-*Heterohelix planata* (Ilustración 6): Pared calcítica hialina. Forma globular. Disposición biseriada, con cámaras más anchas que profundas, de forma ovalada. Abertura terminal bordeada por pestañas pequeñas pero distintivas. Especie escasa encontrada en las muestras -300, -100 a -25, -2-6, 0-2, +5+8 y +8+11.

Especies encontradas en la sección paleógena

-*Chiloguembelina morsei* (Ilustración 6): Pared calcítica hialina. Forma de la periferia de redondeada a lobulada. Disposición biseriada, con cámaras más anchas que profundas, con forma subglobular. Abertura terminal alta y arqueada, con pestañas laterales distintivas y pared con pústulas finas. Especie relativamente común encontrada en las muestra +5+8 y de nuevo en las muestras desde +11+14 hasta +22+26.

-*Eoglobigerina eobuloides* (Ilustración 6): Pared calcítica hialina. Disposición trocoespiralada moderada, con 4 a 4 ½ cámaras en la última espira, de crecimiento moderado y forma globular. Abertura umbilical y pared con pústulas y poros muy finos. Especie escasa encontrada en la muestra +3+5 y nuevamente desde la muestra +8+11 hasta la muestra +18+22.

-*Globanomalina archeocompressa*: Pared calcítica hialina. Forma bicóncava. Disposición trocoespiralada baja, con 5 ½ cámaras en la última espira, de crecimiento lento y forma subglobular. Abertura extraumbilical-umbilical, con forma de arco bajo y bordeado por un labio bien marcado, y pared muy finamente perforada. Especie relativamente escasa encontrada desde la muestra +3+5 hasta la muestra +8+11 y de nuevo en las muestras +18+22 y +22+26.

-*Globanomalina planocompressa* (Ilustración 7): Pared calcítica hialina. Forma de la periferia subpoligonal. Disposición trocoespiralada, con 5 cámaras en la última espira, de crecimiento moderado y forma de globular a ovoide. Abertura extraumbilical-umbilical y pared lisa. Especie escasa encontrada desde la muestra +5+8 hasta la muestra +22+26.

-*Guembelitra cretacea*: Pared calcítica hialina. Forma globular. Disposición triseriada, con cámaras de forma subglobular. Abertura terminal bordeada por un labio distintivo y pared microperforada. Especie rara encontrada únicamente en la muestra +3+5.

-*Parasubbotina pseudobulloides*: Pared calcítica hialina. Forma rotaliforme. Disposición trocoespiralada baja, con 5 cámaras en la última espira, de crecimiento rápido y forma globular. Abertura extraumbilical-umbilical y pared con pústulas. Especie rara encontrada en las muestras +11+14 y +14+18.

-*Parasubbotina* aff. *pseudobulloides*: Pared calcítica hialina. Disposición trocoespiralada muy baja, con 4 ½ a 5 cámaras en la última espira, de crecimiento rápido y forma globular. Abertura extraumbilical-umbilical y pared con pústulas. Especie relativamente escasa encontrada en la muestra +8+11 y de nuevo en las muestras +18+22 y +22+26.

-*Parvularugoglobigerina alabamensis*: Pared calcítica hialina. Disposición de triseriada a trocoespiralada alta, con 3 ½ a 4 cámaras en la última espira, de forma globular. Abertura umbilical y pared con pústulas y poros. Especie relativamente escasa encontrada en las muestras +3+5, +8+11 y +18+22.

-*Parvularugoglobigerina eugubina* (Ilustración 7): Pared calcítica hialina. Forma simétrica con ambas caras planas. Disposición trocoespiralada baja a moderada, con 6 cámaras en la última espira, de crecimiento gradual y forma subglobular. Abertura umbilical y pared ligeramente rugosa. Especie escasa encontrada entre la muestra +5+8 y la muestra +18+22.

-*Praemurica pseudoconstans*: Pared calcítica hialina. Forma biconvexa. Disposición trocoespiralada baja, con 6 cámaras en la última espira, de crecimiento lento y forma subglobular. Abertura extraumbilical-umbilical con otras aberturas relictas y confluentes con la principal, y pared perforada fina y densamente. Especie relativamente escasa encontrada desde la muestra +5+8 hasta la muestra +11+14.

-*Praemurica taurica*: Pared calcítica hialina. Disposición trocoespiralada muy baja, con 5 a 6 cámaras en la última espira, de crecimiento rápido y forma globular a ligeramente ovoidal. Abertura extraumbilical-umbilical y pared lisa. Especie relativamente escasa encontrada en la muestra +3+5 y nuevamente en la muestra +8+11 y entre las muestra +14+18 y la muestra +22+26.

-*Subbotina trivialis*: Pared calcítica hialina. Disposición trocoespiralada baja, 3 ½ cámaras en la última espira, de crecimiento muy lento y forma globular. Abertura umbilical y pared ligeramente ornamentada. Especie rara encontrada en las muestras +11+14 y +14+18.

-*Woodringina claytonensis*: Pared calcítica hialina. Forma globular. Disposición triseriada a biseriada, con cámaras de forma subglobular. Abertura terminal en forma de arco bajo y bordeado por arriba por un fino labio, y pared finamente perforada. Especie relativamente escasa encontrada únicamente en la muestra +22+26.

-*Woodringina hornerstownensis* (Ilustración 7): Pared calcítica hialina. Forma globular. Disposición triseriada a biseriada, con cámaras más anchas que profundas, de forma subglobular. Abertura terminal en forma de arco bajo y rodeada por un fino labio, y pared microperforada. Especie escasa encontrada en las muestras +8+11, +11+14 y +14+18, y de nuevo en la muestra +22+26.

Contexto general

Tras estas descripciones, el contexto general que se puede extraer de los datos obtenidos es el siguiente:

El final del Maastrichtiense en la región próxima a Loya se caracteriza por formar parte de la biozona *A. mayaroensis* siguiendo la clasificación que Arz y Molina (2002) realizaron en los cortes de Zumaya, Tercis, Caravaca y Aïn Settara. Los foraminíferos planctónicos son abundantes y variados, además de tener un tamaño considerable (0.3 a 1 mm). Las especies más comunes encontradas en esta sección son *H. globulosa*, *Pst. nutalli*, *H. labellosa* y *G. arca*. Además de estas especies, se puede observar una gran variedad de: heterohelícidos, ya sean biseriados o multiseriados; y globotruncánidos, ya sean carenados o globulares (Tabla 1).

El comienzo del Daniense en la región próxima a Loya se conforma por las biozonas *Gt. cretacea* (primeros 5 centímetros) y *Pv. eugubina* (siguientes 21 centímetros) siguiendo la clasificación de Arenillas et al. (2004) realizada en los cortes de Zumaya, Caravaca, Agost, El Kef, Ellès y Aïn Settara. El tránsito al Daniense se caracteriza por la desaparición prácticamente total de los foraminíferos planctónicos cretácicos. El tamaño medio de las nuevas especies es mucho menor (0.1 mm por lo general) al de sus ancestros cretácicos, y son menos abundantes que los bentónicos, los cuales resistieron mejor los cambios en las condiciones de las aguas. En los primeros 3 centímetros es muy difícil encontrar especímenes planctónicos, y se tratan de especies supervivientes o ejemplares retrabajados. En los siguientes centímetros aparecen nuevos géneros de foraminíferos planctónicos como *Eoglobigerina*, *Globanomalina*, *Parvularugoglobigerina* y *Praemurica* primero y, continuando la columna, *Chiloguembelina*, *Woodringina*, *Subbotina* y *Parasubbotina* (Tabla 1). Las especies más abundantes encontradas en esta sección son *Ch. morsei*, *Glob. planocompressa* y *Pv. eugubina*.

A continuación se presenta una tabla con la distribución bioestratigráfica de todas las especies identificadas en el corte de Loya según su abundancia relativa en las muestras que se recolectaron.

PERÍODOS	CRETÁCICO SUPERIOR							PALEÓGENO INFERIOR							PERÍODOS		
EDADES	MAASTRICHTIENSE SUPERIOR							DANIENSE INFERIOR							EDADES		
BIOZONAS	<i>A. mayaroensis</i>							<i>Gt. cretacea</i>			<i>Pv. eugubina</i>				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>A. intermedius</i>	R	-	-	-	-	-	-	-	-	E	-	-	-	-	-	-	<i>Gt. cretacea</i>
<i>Psg. kempensis</i>	R	-	-	-	-	-	-	-	-	R	-	E	-	-	E	-	<i>Pv. alabamensis</i>
<i>Gbg. praerihillensis</i>	R	-	-	-	-	-	-	-	-	R	-	E	R	E	E	-	<i>E. eobulloides</i>
<i>G. falsostuarti</i>	R	-	-	-	-	-	-	-	-	R	E	C	-	-	R	R	<i>Glob. archeocompressa</i>
<i>Rgg. macrocephala</i>	E	-	-	-	-	-	-	-	-	R	-	R	-	R	R	R	<i>Pr. taurica</i>
<i>R. contusa</i>	R	-	R	-	-	-	-	-	-	-	R	E	R	-	-	-	<i>Pr. pseudoconstans</i>
<i>Rcm. fructicosa</i>	E	C	R	-	-	-	-	-	-	-	E	E	E	R	R	-	<i>Pv. eugubina</i>
<i>Rgg. pennyi</i>	E	-	-	-	R	-	-	-	-	-	R	R	E	E	E	R	<i>Glob. planocompressa</i>
<i>G. esnehensis</i>	R	R	-	R	E	R	-	-	-	-	E	-	E	E	E	E	<i>Ch. morsei</i>
<i>Gnita. conica</i>	R	-	E	R	R	R	-	-	-	-	R	-	-	E	E	E	<i>Ps. aff pseudobulloides</i>
<i>Gnita. stuarti</i>	E	E	C	R	-	E	E	R	-	-	-	R	E	E	-	E	<i>W. hornerstownensis</i>
<i>R. patelliformis</i>	R	-	-	R	-	R	E	R	-	-	-	-	R	R	-	-	<i>S. trivialis</i>
<i>Plg. multicamerata</i>	R	R	-	R	R	R	R	R	-	-	-	-	R	R	-	-	<i>Ps. pseudobulloides</i>
<i>Pst. elegans</i>	C	E	C	R	-	E	E	R	-	-	-	-	-	-	-	C	<i>W. claytonensis</i>
<i>G. arca</i>	R	C	E	C	C	C	E	C	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Gnita. stuartiformis</i>	E	E	E	R	R	E	R	R	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Glla. petaloidea</i>	R	R	-	R	-	R	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Pst. nutalli</i>	C	A	C	A	C	E	C	R	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>H. punctulata</i>	R	R	-	R	-	-	R	R	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>A. blowi</i>	R	R	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Plg. acervulinoides</i>	E	E	C	-	E	E	C	E	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Rcm. powelli</i>	E	C	E	E	E	R	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Glla. havanensis</i>	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Pst. intermedia</i>	-	E	-	R	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>G. rosetta</i>	-	E	-	R	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Rgg. rugosa</i>	-	R	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Rgg. hexacamerata</i>	-	R	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>H. navarroensis</i>	-	E	-	-	-	-	-	E	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Gnita. pettersi</i>	-	R	-	-	E	E	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Plg. riograndensis</i>	-	-	E	E	E	E	E	C	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>G. insignis</i>	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>A. cretacea</i>	-	-	-	R	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Rgg. rotundata</i>	-	-	-	E	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>R. plicata</i>	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>G. dupeublei</i>	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Plg. carseyae</i>	-	-	-	-	-	-	E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Gnita. angulata</i>	-	-	-	-	-	-	R	R	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Psg. hariaensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Glla. pschdae</i>	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>H. globulosa</i>	A	A	A	A	A	C	A	A	E	-	-	-	-	-	-	-	
<i>H. labellosa</i>	E	E	E	C	E	E	C	C	R	-	-	-	-	-	-	-	
<i>H. planata</i>	R	-	R	R	R	-	R	E	-	-	R	R	-	-	-	-	
<i>Hlla. holmdelensis</i>	-	R	-	-	R	-	-	R	R	-	R	R	-	-	-	-	

Tabla 1. Distribución bioestratigráfica de las especies según su abundancia relativa en cada muestra. (A = abundante, C = común, E = escaso, R = raro, - = no presente)

A continuación se presentan una serie de fotografías (aumento x250) realizadas a los ejemplares fósiles de las especies más comunes identificadas y guardadas en microceldillas. Esta serie se compone de 10 especies exclusivas de la sección cretácica, las 4 especies supervivientes y 4 especies exclusivas de la sección paleógena.



Ilustración 2. Ejemplares de la sección cretácica. Arriba: *G. arca*; centro: *Gnita. stuarti*; abajo: *Gnita. stuartiformis*.



Ilustración 3. Ejemplares de la sección cretácica. Arriba: *Plg. acervulinoides*; centro: *Plg. riograndensis*; abajo: *Pst. elegans*.

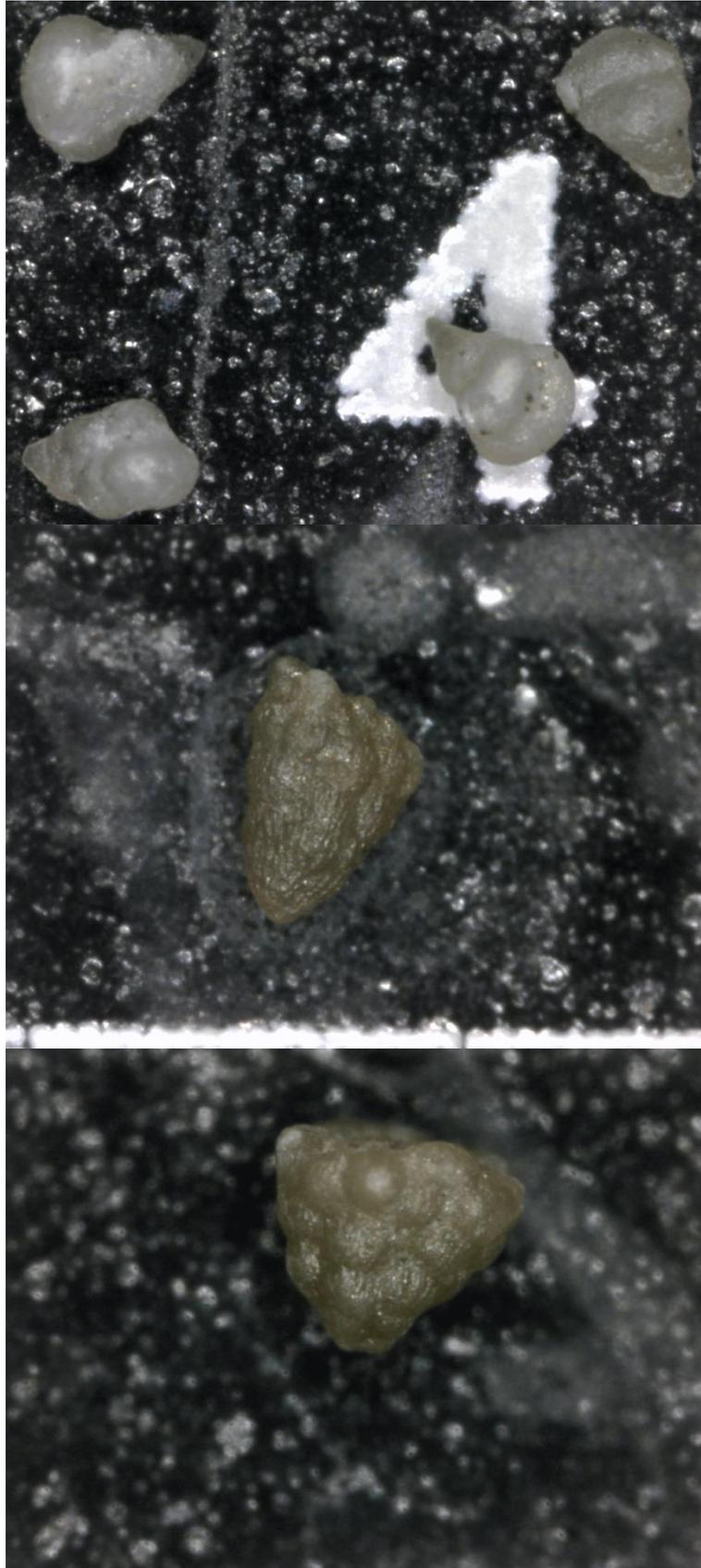


Ilustración 4. Ejemplares de la sección cretácica. Arriba: *Pst. nutalli*; centro: *Rcm. fruticosa*; abajo: *Rcm. powelli*.

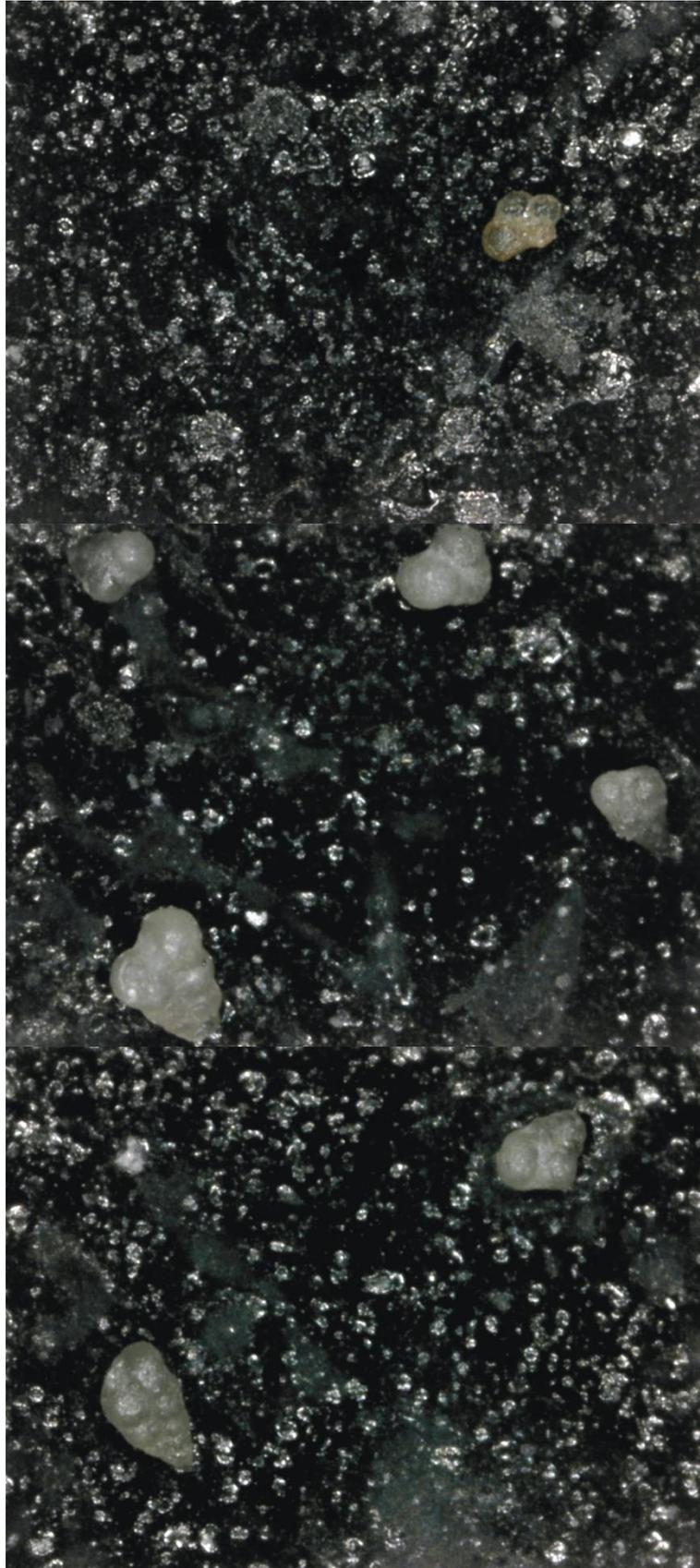


Ilustración 5. Ejemplares supervivientes. Arriba: *Hilla holmdelensis*; centro: *H. globulosa*; abajo: *H. labellosa*.

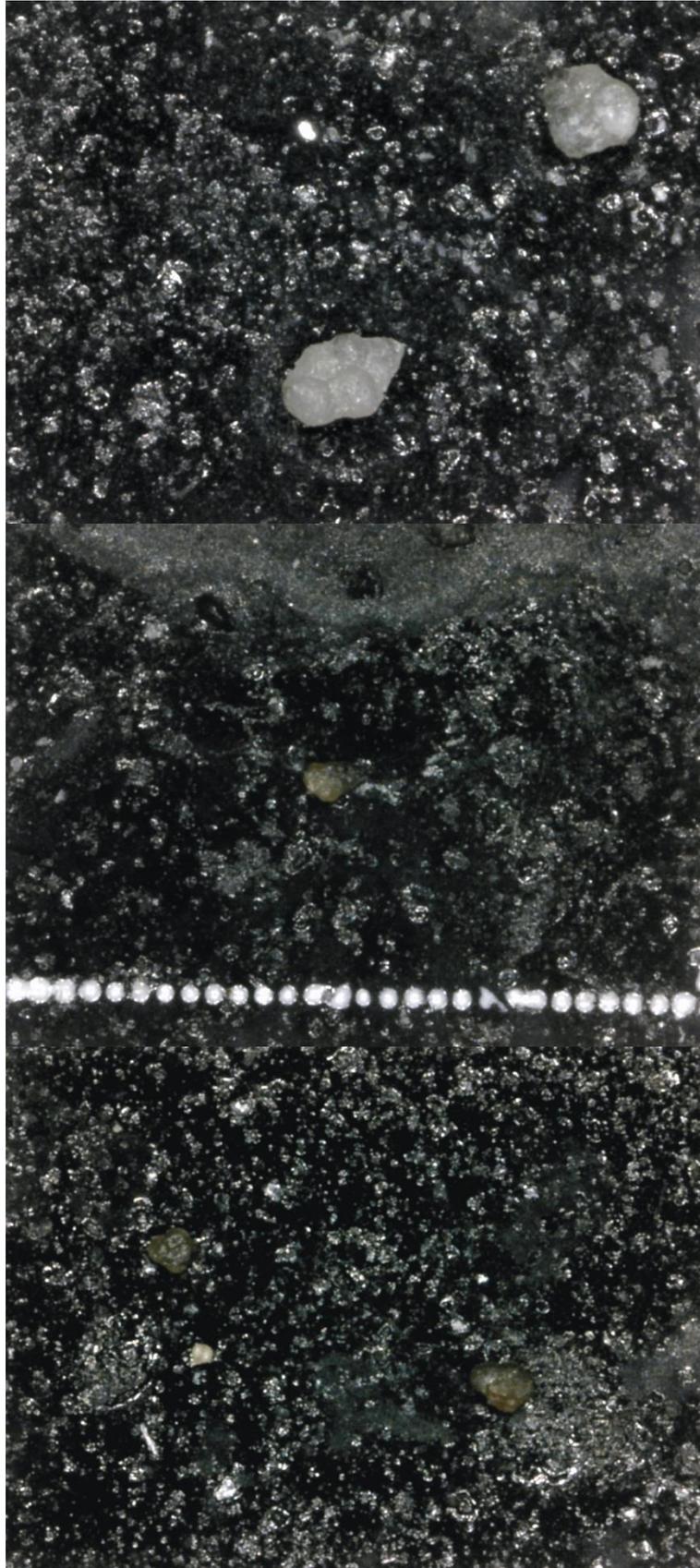


Ilustración 6. Ejemplar superviviente (arriba) y ejemplares de la sección paleógena (centro y abajo). Arriba: *H. planata*; centro: *Ch. morsei*; abajo: *E. eobulloides*.



Ilustración 7. Ejemplares de la sección paleógena. Arriba: *Glob. planocompressa*; centro: *Pv. eugubina*; abajo: *W. hornerstownensis*.

Discusión de los resultados

Teniendo en cuenta que, de acuerdo con Arenillas et al. (2004), la biozona *Pv. eugubina* comienza con la primera aparición de *Pv. eugubina*, podría ser que los ejemplares encontrados en las muestras +5+8 y +8+11 sean en realidad pertenecientes a una especie previa a *Pv. eugubina* no listada en Olsson et al. (1999).

La gran variedad de foraminíferos planctónicos en la sección cretácica indican unas condiciones ambientales muy favorables para la vida de estas especies. Por ello, se concluye que las condiciones ambientales de esa época eran subtropicales. En cambio, la abundancia relativa en la sección paleógena de géneros típicos de aguas menos cálidas, como *Chiloguembelina*, da a entender que el paleoambiente pasó a ser templado (Arenillas et al., 2000a).

Un total de 23 especies de foraminíferos planctónicos identificadas alcanzan el límite K/Pg, de las cuáles sólo 4 sobreviven y aparecen en el Paleógeno, implicando por tanto un 83% de extinción en el tránsito K/Pg. Este gran porcentaje de extinción en una cantidad de tiempo prácticamente instantánea sugiere que el patrón no fue lento y gradual, sino rápido y brusco. Esto lleva a pensar que tuvieron lugar una serie de cambios ambientales lo suficientemente notables como para provocar una extinción catastrófica. Sin embargo, hay que notar que las otras 20 especies identificadas en la sección cretácica no fueron encontradas en la última muestra de la sección, lo que podría indicar: 1) un patrón de extinción de fondo de estas especies; 2) un patrón de extinción gradual durante el tránsito; 3) una falta en la búsqueda de especies en la última muestra (efecto Signor-Lipps); 4) la ausencia local de estas especies.

Ante estas diferentes posibilidades, se procederá a contrastar los datos y el posible patrón de extinción obtenidos en este trabajo con los de otros autores que publicaron artículos sobre el patrón de extinción en otros afloramientos, tanto en el actual golfo de Vizcaya (Loya, Bidart y Zumaya) como en el sudeste de España (Caravaca y Agost) y en Túnez (El Kef), con el objetivo de concluir si el patrón de extinción del afloramiento analizado en este trabajo se puede calificar como catastrófico o si es en realidad gradual.

En el artículo realizado por Apellaniz et al. (1997) se estudiaron varios cortes a lo largo de la costa de lo que en la actualidad es el golfo de Vizcaya, siendo los cortes de Bidart y Zumaya parte de los mejores registros. 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 lleva a pensar en un patrón de extinción catastrófico, aunque cabe mencionar que algunas de las especies sufrieron un gran descenso en número de ejemplares antes de alcanzar el final del Cretácico, lo que se podría deber a ciertos cambios ambientales en esta región ya en el Maastrichtense.

Gallala y Zaghbib-Turki (2010) realizaron un análisis de alta resolución centrado en el afloramiento de Bidart. En su análisis, un total de 72 especies de foraminíferos planctónicos alcanzan el límite, de las cuáles solamente son registradas 19 en la sección paleógena, y se sugiere que buena parte de estas sean exclusivamente ejemplares re TRABAJADOS. Además, solo una especie se extinguió antes del límite, lo que sugiere con bastante fiabilidad que el patrón de extinción no fue gradual.

En cuanto a los afloramientos con registro del tránsito K/Pg en la zona del sureste de España y el norte de Túnez, se generó una notable controversia a lo largo del final del siglo XX sobre cuál era el tipo de patrón de extinción de los foraminíferos planctónicos.

El estudio de Smit y Hertogen (1980) en el corte de Caravaca es uno de los primeros en los que se sugiere que los datos obtenidos (desaparición repentina de la gran mayoría de especies de microfósiles y una anomalía de iridio de origen extraterrestre) indican una prueba relativamente fiable de que el patrón de extinción fue catastrófico, mientras que las teorías de extinción gradual pierden credibilidad una vez se realizan estudios más detallados.

En contraposición a este artículo, Keller (1988) realizó un estudio en el corte de El Kef en el que se obtuvieron los siguientes resultados: de las 45 especies de foraminíferos planctónicos identificadas, 14 (un 31%) se extinguieron antes del límite K/Pg, 21 (un 47%) se extinguieron durante el tránsito K/Pg y 10 (un 22%) sobrevivieron varios miles de años en el Paleógeno. También se sospecha la posible presencia de hiatos estratigráficos que ocultaran parte la edad exacta de algunas extinciones. Estos resultados llevaron a la conclusión de que el patrón de extinción era gradual y que las consecuencias del impacto del meteorito no fueron los únicos motivos de extinción durante el tránsito, sino que hubo más causas como el volcanismo, un cambio climático, el descenso del nivel del mar y el incremento de salinidad lo largo del tránsito.

En el artículo de Molina et al. (1996) se analizó el patrón de extinción en el corte de Agost con el objetivo de conseguir alcanzar un resultado claro que terminara con la controversia antes mencionada sobre el patrón de extinción. Se obtuvo como resultado un porcentaje de extinción del 72% en el mismo límite, pero si se añade a las especies supervivientes que desaparecen poco después o bien debido a las consecuencias ambientales del evento producido durante el tránsito K/Pg o bien a que simplemente son ejemplares retrabajados, el porcentaje asciende hasta el 90%. Además, se indica que es más probable que las pocas especies que desaparecen antes del propio límite lo hicieran por un patrón de extinción de fondo y no por un patrón gradual correlacionable con todo el evento de extinción del tránsito K/Pg.

En el artículo de Arenillas et al. (2000b) se continuó el análisis del patrón de extinción estudiando esta vez el afloramiento situado en El Kef, donde Keller (1988) obtuvo sus resultados. De un total de 67 especies de foraminíferos planctónicos identificadas, 6 (un 9%) se extinguieron a lo largo de los últimos metros del Maastrichtiense, 46 (un 69%) se extinguieron en el límite y 15 (un 22%) sobrevivieron a corto plazo. Estos resultados indican una falta de detalle y de rigor científico en el análisis de Keller, pues se identificaron a varias de las especies que supuestamente se habían extinguido durante el Maastrichtiense en el límite mismo. El hecho de que la radiación de nuevas especies ocurre justo tras el límite y no antes, de que las especies supervivientes tenían una abundancia relativamente menor a las nuevas especies, y de que no hay ningún hiato estratigráfico identificable que pudiese ocultar una extinción gradual, llevan a a la conclusión de que en el corte de El Kef el registro muestra también un patrón de extinción brusca con unos pocos casos de extinción de fondo en los últimos metros del Maastrichtiense.

Conclusions

Based on the obtained data, it can be concluded how the great majority (83%) of the species that lived until the exact K/Pg limit went extinct, being then succeeded by the origin of new species different to the Cretaceous ones. This data is compatible with other articles about this subject, which point out extinction percentages between 50 and 90% and a background extinction of a few species during the Maastrichtian, thus refuting the gradual extinction pattern theory. In conclusion, the extinction pattern of the planktic foraminifera at Loya was sudden and catastrophic, consequence of the great changes in the environment and the nutrients supply caused by a huge meteorite impact.

As to the paleoenvironment, the great variety of the Cretaceous planktic foraminifera suggest that the paleoenvironment was subtropical, while the relative abundance in the Paleogene of certain genera, like *Chiloguembelina*, implies that the pass to a temperate paleoenvironment took place.

Referencias bibliográficas

- Alegret, L. (2007). Recovery of the deep-sea floor after the Cretaceous-Paleogene boundary event: The benthic foraminiferal record in the Basque-Cantabrian basin and in South-eastern Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **vol. 255**, p. 181–194.
- Alegret, L., Kaminski, M. A. y Molina, E. (2004). Paleoenvironmental recovery after the Cretaceous/Paleogene boundary crisis: evidence from the marine Bidart section (SW France). *Palaios*, **vol. 19**, p. 574-586.
- Alvarez, L. W., Alvarez, W., Asaro, F. y Michel, H. V. (1980). Extraterrestrial cause for the Cretaceous–Tertiary extinction. *Science*, **vol. 208**, p. 1108–1195.
- Apellaniz, E., Baceta, J. I., Bernaola-Bilbao, G., Núñez-Betelu, K., Orúe-Etxebarria, X., Payros, A., Pujalte, V., Robin, E. y Rocchia, R. (1997). Analysis of uppermost Cretaceous–lowermost Tertiary hemipelagic successions in the Basque Country (western Pyrenees): evidence for a sudden extinction of more than half planktic foraminifer species at the K/T boundary. *Bulletin de la Société Géologique de France*, **vol. 168**, **nº 6**, p. 783–793.
- Arenillas, I., Alegret, L., Arz, J. A. y Molina, E. (2000a). El uso didáctico de los foraminíferos en la enseñanza de Ciencias de la Tierra: su distribución paleoceanográfica en el tránsito Cretácico-Terciario. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, **vol. 8**, **nº 2**, p. 108-118.
- Arenillas, I., Arz, J. A., Molina, E. y Dupuis, C. (2000b). An independent test of planktic foraminiferal turnover across the Cretaceous/Paleogene (K/P) boundary at El Kef, Tunisia: Catastrophic mass extinction and possible survivorship. *Micropaleontology*, **vol. 46**, **nº 1**, p. 31-49.
- Arenillas, I., Arz, J. A. y Molina, E. (2004). A new high-resolution planktic foraminiferal zonation and subzonation for the lower Danian. *Lethaia*, **vol. 37**, p. 79-95.
- Arz, J. A. y Molina, E. (2002). Bioestratigrafía y cronoestratigrafía con foraminíferos planctónicos del Campaniense superior y Maastrichtiense de latitudes templadas y subtropicales (España, Francia y Tunicia). *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **nº 224**, p. 161-195.

- Gallala, N. y Zaghbib-Turki, D. (2010). High resolution biostratigraphy based on planktic foraminifera across the Cretaceous–Paleogene transition at the Bidart section (SW France). *Acta Geologica Polonica*, **vol. 60**, **nº 2**, p. 243-255.
- Keller, G. (1988). Extinction, survivorship and evolution of planktic foraminifera across the Cretaceous/Tertiary boundary at El Kef, Tunisia. *Marine Micropaleontology*, **vol. 13**, **nº 3**, p. 239-263.
- Lacazedieu, A., Peybernès, B. y Seyve, C. (1996). *La limite Crétacé-Paléocène: phénomènes biologiques, événements géologiques d'après les sites de la côte basque*. Ed. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine, Bordeaux. p. 12-15 y 23-26.
- Loeblich, A. R. y Tappan, H. (1988). *Foraminiferal genera and their classification*. Ed. Van Nostrand Reinhold, New York. 2 volúmenes de 970 p. y 1059 p.
- Molina, E., Alegret, L., Arenillas, I. y Arz, J. A. (2005). The Cretaceous/ Paleogene boundary at Agost section revisited: paleoenvironmental reconstruction and mass extinction pattern. *Journal of Iberian Geology*, **vol. 31**, **nº 1**, p. 135–148.
- Nederbragt, A. (1991). Late Cretaceous biostratigraphy and development of Heterohelicidae (planktic foraminifera). *Micropaleontology*, **vol. 37**, **nº 4**, p. 329-372.
- Olsson, R. K., Hemleben, C., Berggren, W. A. y Huber, B. T. (1999). *Atlas of Paleocene Planktic Foraminifera*. Ed. Smithsonian Institution Press, Washington D.C. 273 p.
- Robaszynski, F., Caron, M., González, J. M. y Wonders, A. (1984). Atlas of Late Cretaceous Globotruncanids. *Revue de Micropaléontologie*, **vol. 26**, **nº 3-4**, p. 145-305.
- Smit y Hertogen (1980). An extraterrestrial event at the Cretaceous-Tertiary boundary. *Nature*, **vol. 285**, p. 198-200.