



Planktic foraminiferal response to the earliest Danian Paleoenvironmental and paleoclimatic events at Caravaca (Murcia)

Respuesta de los foraminíferos planctónicos a los eventos paleoambientales y paleoclimáticos del Daniense inicial en Caravaca (Murcia)

Corresponding author:

V. Gilabert
vgilabert@unizar.es

Journal webpage:

<http://cienciasdaterra.novaidfct.pt/>

Copyright:

© 2021 V. Gilabert *et al.* This is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

V. Gilabert¹, I. Arenillas¹, J. A. Arz¹ & D. Ferrer¹

¹ Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza 50009 Zaragoza.

Abstract

The recovery of ecosystems after the Cretaceous/Paleogene (K/Pg) boundary mass extinction is still highly debated. In order to assess the environmental and climate changes over the first 260 ka of the Danian, we carried out a quantitative study of the planktic foraminiferal assemblages and biometric measurements in three selected planktic foraminiferal species. A rapid evolution of very simple planktic foraminiferal species occurred during the first 32 ka, reoccupying the empty niches after the K/Pg extinction. An increase in the size of the measured species is recorded across the study section, mainly during episodes of environmental stability (probably cooling). The increase in their size halted during the two *Chiloguembelitra* acmes identified, which mark ecological stress episodes. Our results suggest that the environmental perturbations in the most superficial layer of the water column were driven by Deccan volcanic forcing.

Keywords: Deccan volcanism, K/Pg boundary, biometry, ACME.

ISSN: 0254 - 055X
eISSN: 2183 - 4431

1. Introduction

La extinción masiva del límite Cretácico/Paleógeno (K/Pg) sigue suscitando un gran interés en la comunidad científica, en especial determinar cuál fue el principal agente responsable de la extinción, así como los efectos paleoambientales derivados del mismo. Las dos principales causas propuestas son el impacto de Chicxulub y el volcanismo del Decán, siendo la hipótesis del impacto la que más consenso suscita en la comunidad científica (Schulte *et al.*, 2010; Hull *et al.*, 2020). En este trabajo se pretende evaluar cómo fue la respuesta de las asociaciones de foraminíferos planctónicos tras el impacto de Chicxulub y valorar si existen evidencias que soporten un retraso en la recuperación de los ecosistemas debido a la actividad del volcanismo del Decán, tal como sugieren algunos autores (Punekar *et al.*, 2014; Keller *et al.*, 2016). Para ello, se ha realizado un estudio bioestratigráfico y cuantitativo de alta resolución con foraminíferos planctónicos en la sección de referencia internacional del límite K/Pg en Caravaca (Murcia). Se han realizado también

medidas biométricas sobre ejemplares de tres especies de foraminíferos planctónicos para analizar la influencia del clima sobre el tamaño de las conchas en la parte basal del Daniense.

2. Material y métodos

La sección de Caravaca se ubica en el Barranco del Gredero a unos 2 km al Sur de Caravaca de la Cruz, Murcia (38°04'36N", 1°52'42"W). Está constituida por una potente sucesión de margas y calizas margosas hemipelágicas que abarcan desde el Maastrichtiense al Eoceno. En esta sección se realizó un muestreo de alta resolución y se seleccionaron 32 muestras a lo largo de los 4 primeros metros del Daniense. Para el estudio bioestratigráfico se ha utilizado la escala biocronológica de Arenillas *et al.* (2004). El límite magnetoestratigráfico C29r/C29n fue situado por Smit (1982) a 5,1 m sobre el límite K/Pg. De acuerdo a la calibración temporal de la magnetozona C29r establecida por Sprain *et al.* (2018), el intervalo estudiado correspondería a los primeros 260 ka del Daniense.

Las muestras fueron estudiadas cuantitativamente a nivel de género a partir de alicuotas estadísticamente representativas de alrededor de 300 ejemplares, extraídos de la fracción mayor de 63 micras. El estudio biométrico se centró en determinar la anchura y longitud máximas en mil ejemplares de *Eoglobigerina simplicissima* (Blow, 1979), *Praemurica taurica* (Morozova, 1961) y *Globanomalina archeocompressa* (Blow, 1979), extraídos al azar de la fracción mayor de 100 micras, para evitar así la presencia de ejemplares juveniles. Para realizar las medidas biométricas se utilizó el software Stream Image Analysis a partir de imágenes capturadas con una cámara digital Olympus UC30 acoplada a un estereomicroscopio Zeiss Discovery V.20. Para la caracterización paleoambiental de las diferentes especies y géneros se han utilizado los trabajos de Olsson et al. (1999) y Aze et al. (2011).

3. Resultados

El análisis cuantitativo de los géneros de foraminíferos planctónicos ha permitido identificar los *Planktic Foraminiferal Acme Stages* (PFAS) de Arenillas et al. (2006), que caracterizan la

evolución global de las asociaciones de foraminíferos planctónicos del Daniense temprano (Fig. 1A). El acmé-estadio PFAS1 se caracteriza por la abundancia del género superviviente *Guembeltria* y ocupa los 6 primeros cm de la sección. En este trabajo se ha identificado por primera vez un episodio de apogeo del género *Pseudocaucasina* que coincide con el PFAS1 (Fig. 1A). El PFAS2 se sitúa entre 6 y 75 cm por encima del límite K/Pg y está caracterizado por la proliferación de los pequeños géneros trocoespinalados *Parvularugoglobigerina* y *Palaeoglobigerina*. Desde el centímetro 75 hasta el techo de la sección estudiada se extiende el PFAS3, que se caracteriza por el predominio de los géneros biseriados *Woodringina* y *Chiloguembelina*. El género triseriado *Chiloguembeltria* prolifera a lo largo del PFAS3 en dos intervalos: entre los centímetros 115 y 220 y entre 295 y 345 sobre el límite K/Pg.

Mediante correlación estadística, se han comparado los valores medios de anchura y longitud de las especies seleccionadas (Fig. 1B) con la abundancia relativa de los géneros *Woodringina*, *Chiloguembelina* y *Chiloguembeltria* (Fig. 2). Existe una fuerte correlación positiva entre el tamaño (anchura y longitud) de *E. simplicissima*, *G. archeocompressa*

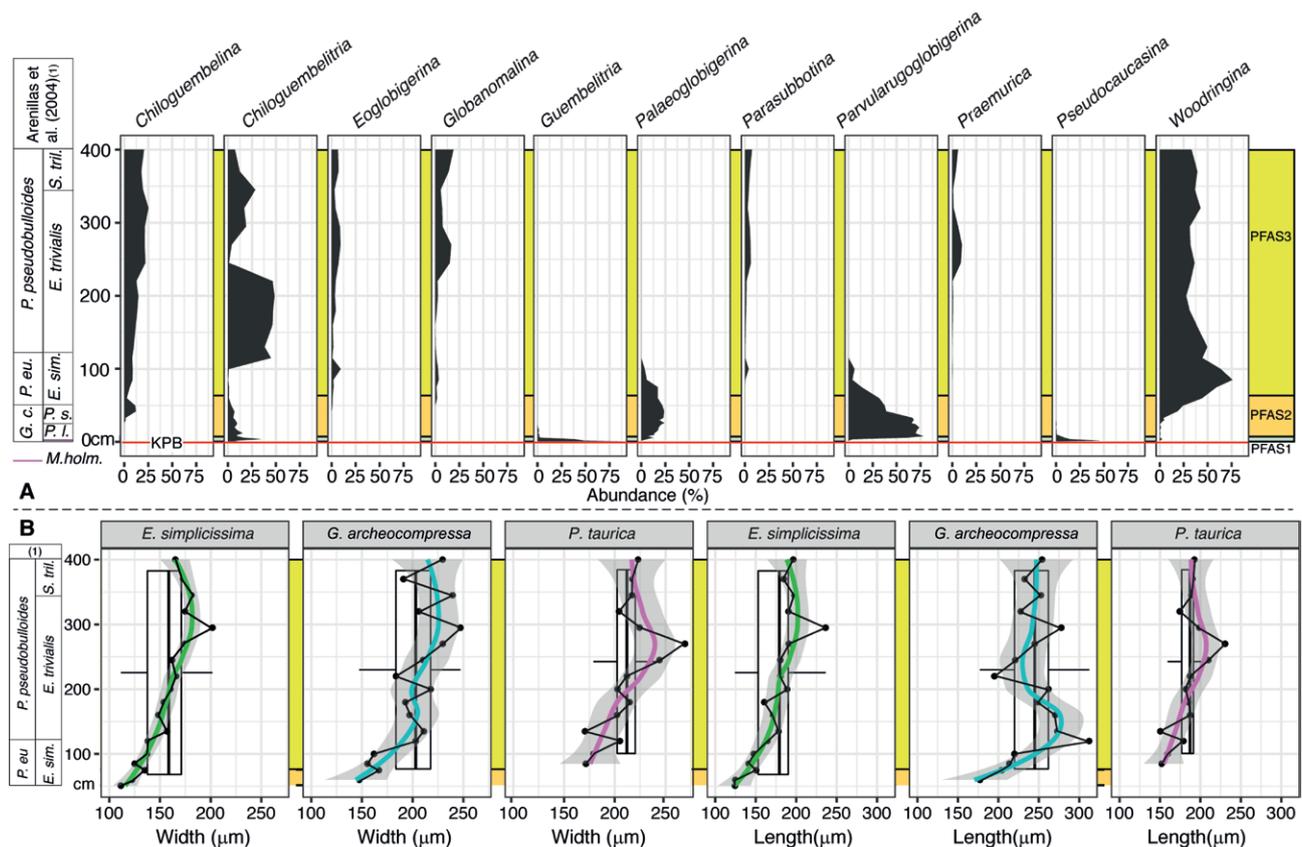


Fig. 1. -A-Relative abundance of the Danian genera. *S. tril.* = *Subbotina triloculoides*; *E. sim.* = *E. simplicissima*; *P. s.* = *Parvularugoglobigerina sabina*; *P. l.* = *P. longiapertura*; *P. eu.* = *P. eugubina*; *G. c.* = *Guembeltria cretacea*; *M. holm.* = *Muricohedbergella holmdelensis*. B-Biometrics with smoothed curves indicating the overall trend and mean values of each species.

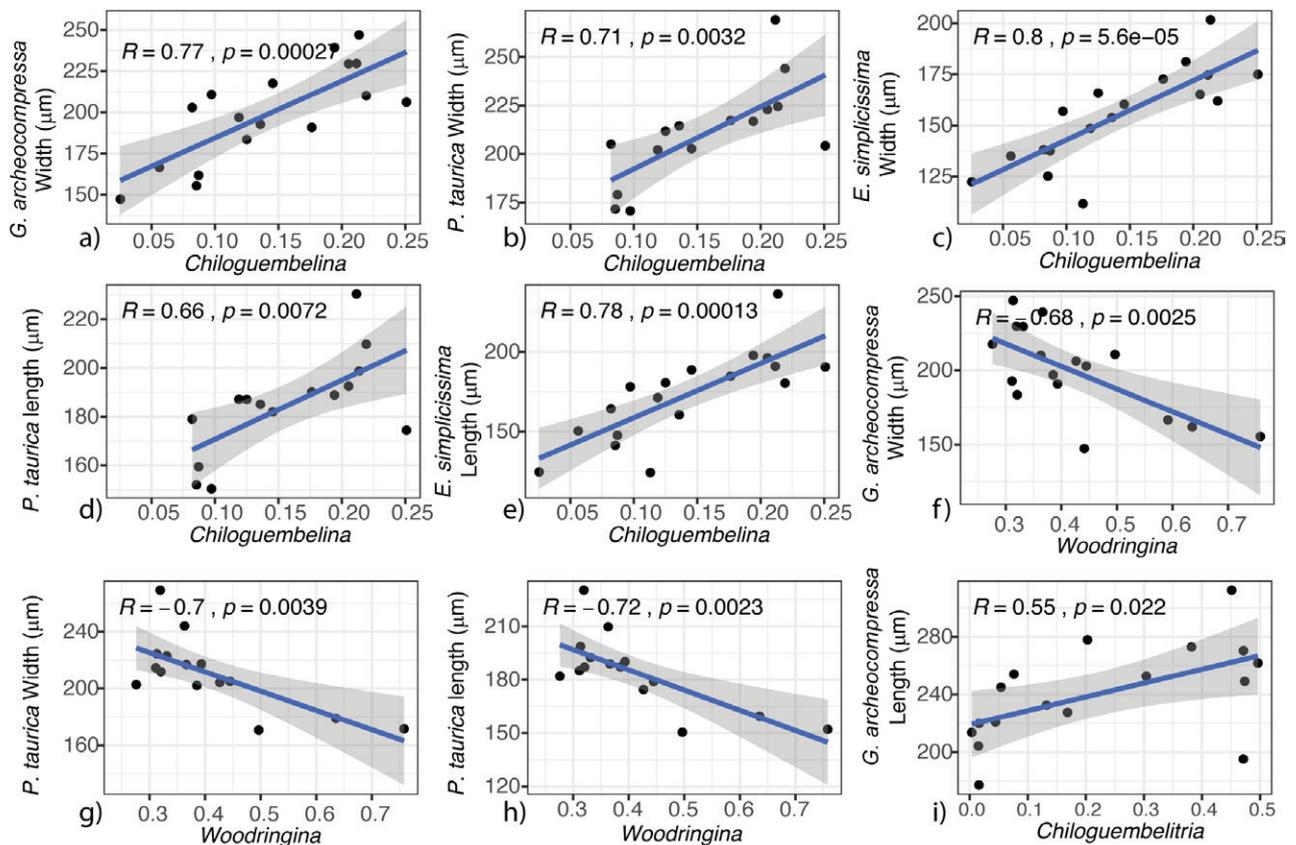


Fig. 2. -Crossplots of biometrics against the genera *Woodringina*, *Chiloguembelina* and *Chiloguembelitra*. Only graphs with high correlation coefficient values are illustrated.

y *P. taurica* y la abundancia de *Chiloguembelina* (Fig. 2A-E). La correlación de la abundancia de *Woodringina* es fuertemente negativa con el tamaño de *P. taurica* y con la anchura de *G. archeocompressa* (Fig. 2F-H), y negativa pero débil con el tamaño de *E. simplicissima*. La abundancia de *Chiloguembelitra* presenta correlación positiva significativa con la longitud de *G. archeocompressa* (Fig. 2I), y es posible identificar un aumento significativo de tamaño de las especies biométricamente analizadas entre el final del primer apogeo de *Chiloguembelitra* en 220 cm sobre el límite K/Pg y el inicio del segundo en 295 cm (Fig. 1B). Tras este intervalo, el tamaño medio de las especies retorna a los valores del primer acmé de *Chiloguembelitra* y se estanca hasta el final de la sección.

4. Discusión y conclusiones

La respuesta ecológica de los géneros dominantes en los episodios de apogeo PFAS1 y 2 fue la reocupación de los nichos ecológicos vacíos tras la extinción. Es especialmente significativa la identificación en Caravaca del apogeo de *Pseudocaucasina* en PFAS1, el cual es considerado por Arenillas & Arz (2017) como el ancestro de

gran parte de los nuevos linajes de foraminíferos planctónicos danienses. Los géneros dominantes en PFAS1 y 2 son rápidamente reemplazados en PFAS3 por nuevos géneros como *Eoglobigerina*, *Parasubbotina*, *Globanomalina* y *Praemurica*, además de por los predominantes *Woodringina* y *Chiloguembelina*. De acuerdo a las señales isotópicas de *E. simplicissima*, *G. archeocompressa* y *P. taurica* reportadas por Olsson et al. (1999) y Aze et al. (2011), las dos primeras serían habitantes de la termoclina y la última de la capa de mezcla. La correlación positiva entre la abundancia de *Chiloguembelina*, habitante de aguas profundas y/o frías, y el tamaño de *E. simplicissima*, *G. archeocompressa* y *P. taurica* sugiere que el aumento en tamaño de estas especies se asocia a condiciones relativamente frías y/o de estabilidad en la columna del agua.

Por el contrario, un aumento en la abundancia de *Woodringina* parece relacionarse con condiciones relativamente cálidas, al menos en la parte superficial de la capa de mezcla. Como hemos mencionado anteriormente, la correlación negativa de la abundancia de *Woodringina* con el tamaño de *G. archeocompressa* es más fuerte que con el tamaño de *E. simplicissima*. Dado que ambas especies son habitantes de la

termoclina, esta diferente correlación puede estar relacionada con la adaptación de *E. simplicissima* al carnivorismo (primera especie cenozoica con espinas en su concha). El género *Chiloguembelitra* es considerado el descendiente directo de *Guembelitra* y debió ocupar el mismo nicho ecológico en la capa más superficial del océano, proliferando en condiciones de estrés ambiental (Arenillas *et al.*, 2017). Sus apogeos podrían estar relacionados con los cambios ambientales provocados por incrementos puntuales en la actividad del Decán. Los episodios volcánicos del Decán debieron afectar especialmente a la capa más superficial del océano, donde habitaban las especies de *Chiloguembelitra*, pero no tanto al resto de la capa de mezcla y a la termoclina donde vivían las especies biométricamente analizadas, ya que su influencia en el tamaño de las conchas ha resultado ser bastante baja.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos: PGC2018-093890-B-I00 (MCIU/AEI/FEDER, UE), y Grupo E33_17R (Departamento. de Educación y Ciencia del Gobierno de Aragón/ESF,UE). Vicente Gilabert disfruta del contrato predoctoral MEIC, BES-2016-077800.

Referencias

- Arenillas I. & Arz J. A. (2017) - Benthic origin and earliest evolution of the first planktonic foraminifera after the Cretaceous/Paleogene boundary mass extinction. *Hist. Biol.* 29, 25–42.
- Arenillas I., Arz J. A. & Molina E. (2004) - A new high-resolution planktic foraminiferal zonation and subzonation for the lower Danian. *Lethaia* 37, 79–95.
- Arenillas I., Arz J. A., Grajales-Nishimura J. M., Murillo-Muñeton G., Alvarez W., Camargo-Zanoguera A., Molina E. & Rosales-Dominguez C. (2006) - Chicxulub impact event is Cretaceous/Paleogene boundary in age: new micropaleontological evidence. *Earth Planet. Sci. Lett.* 249, 241–257.
- Arenillas I., Arz J.A. & Gilabert V. (2017) - Revalidation of the genus *Chiloguembelitra* Hofker: Implications for the evolution of early Danian planktonic foraminifera. *J. Afr. Earth Sci.* 134, 435–456.
- Aze T., Ezard T. H. G., Purvis A., Coxall H. K., Stewart D. R. M., Wade B. S. & Pearson P. N. (2011) - A phylogeny of Cenozoic macroperforate planktonic foraminifera from fossil data. *Biol. Rev.* 86, 900–927.
- Hull P. M., Bornemann A., Penman D. E., Henehan M. J., Norris R. D., Wilson P. A., Blum P., Alegret L., Batenburg S. J., Bown P. R., Bralower T. J., Cournede C., Deutsch A., Donner B., Friedrich O., Jehle S., Kim H., Kroon D., Lippert P. C., Lorocho D., Moebius I., Moriya K., Peppe D., Ravizza G. E., Röhl U., Schueth J. D., Sepúlveda J., Sexton P. F., Sibert E. C., Śliwińska K. K., Summons R. E., Thomas E., Westerhold T., Whiteside J. H., Yamaguchi T. & Zachos J. C. (2020) - On impact and volcanism across the Cretaceous-Paleogene boundary. *Science* 367, 266–272.
- Keller G., Punekar J. & Mateo P. (2016) - Upheavals during the Late Maastrichtian: Volcanism, climate and faunal events preceding the end-Cretaceous mass extinction. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 441, 137–151.
- Olsson R. K., Berggren W. A., Hemleben C. & Huber B. T. (1999) - *Atlas of Paleocene Planktonic Foraminifera*. Smithsonian Contributions to Paleobiology, 252 p.
- Punekar J., Keller G., Khozyem H. M., Adatte T., Font E. & Spangenberg J. (2014) - Late Maastrichtian-early Danian high-stress environments and delayed recovery linked to Deccan volcanism. *Cretac. Res.* 49:, 63–82.
- Smit J. (1982) - Extinction and evolution of planktonic foraminifera after a major impact at the Cretaceous/Tertiary boundary. *Geological Society of America Special Paper*, 190, 329–352.
- Schulte P., Alegret L., Arenillas I., Arz J. A., Barton P. J. Bown P. R., Bralower T. J., Christeson G. L., Claeys P., Cockell C. S., Collins G. S., Deutsch A., Goldin T. J., Goto K., Grajales-Nishimura J. M., Grieve R. A. F., Gulick S. P. S., Johnson K. R., Kiessling W., Koeberl C., Kring D. A., MacLeod K. G., Matsui T., Melosh J., Montanari A., Morgan J. V., Neal C. R., Nichol D. J., Norris R. D., Pierazzo E., Ravizza G., Rebolledo-Vieyra M., Reimold W. U., Robin E., Salge T., Speijer R. P., Sweet A. R., Urrutia-Fucugauchi J., Vajda V., Whalen M. T. & Willumsen P. S. (2010) - The Chicxulub asteroid impact and mass extinction at the Cretaceous-Paleogene boundary. *Science* 327, 1214–1218.
- Sprain C. J., Renne P. R., Clemens W. A. & Wilson G. P. (2018) - Calibration of chron C29r: New high-precision geochronologic and paleomagnetic constraints from the Hell Creek region, Montana. *Geol. Soc. Am. Bull.* 130, 1615–1644.