

EVIDENCIAS DE PARAGÉNESIS EN CUEVAS KÁRSTICAS DE LA VERTIENTE CANTÁBRICA (NORTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA)



M. Arriolabengoa^(1,2), D. Ballesteros⁽³⁾, I. Álvarez⁽⁴⁾, A. Aranburu^(1,2), P. Bilbao^(1,2), M. del Val^(1,2,5), E. Iriarte^(2,6), M. Jiménez-Sánchez⁽⁷⁾

(1) Dpto. Mineralogía y Petrología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea. Barrio Sarriena s/n. 48940-Leioa. martin.arriolabengoa@ehu.eus

(2) Centro GeoQ, Aranzadi Zientzia Elkartea, barrio Sarriena s/n, 48940 Leioa.

(3) IDEES UMR 6266, Université de Rouen-Normandie y CNRS. Mount Saint-Aignan CEDEX, Francia.

(4) Dpto. de Expresión Gráfica y Proyectos de Ingeniería, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Paseo Rafael Moreno 'pitxitxi' 2, 48013-Bilbao.

(5) Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (CENIEH), Paseo Sierra de Atapuerca 3, 09002-Burgos.

(6) Laboratorio de Evolución Humana, Dpto. de Historia, Geografía y Comunicación, Universidad de Burgos. Plaza Misael Bañuelos s/n, Edificio de I+D+i. 09001-Burgos.

(7) Dpto. de Geología, Universidad de Oviedo, c/ Jesús Arias de Velasco s/n 33005-Oviedo.

Abstract (Paragenesis evidence in karst caves of the Cantabrian Margin (North of Iberian Peninsula): Paragenetic process regarding speleogenesis is globally accepted and recognised, but still few studies have established its importance in cave enlargement. Along the Cantabrian Margin (northern Iberian Peninsula), research developed during the last decade reported many paragenetic forms. In the present work, firstly, we compile documented paragenetic evidences in caves of the Cantabrian Margin in order to prove that paragenesis could be a relevant process in cave enlargement in this area. Secondly, we analyse possible factors that would favour the paragenesis. We conclude that this process is more extended in the development of Cantabrian karstic systems than expected until now.

Palabras clave: Sedimentación detrítica, disponibilidad de sedimento, espeleogénesis, sistema kárstico.

Key words: Clastic sediment, sediment supply, speleogenesis, karstic system.

INTRODUCCIÓN

La paragénesis es un proceso espeleogenético propuesto por Pasini (1967) y Renault (1968), que implica la disolución hacia arriba de conductos kársticos saturados en agua, favorecida por la agradación de sedimentos terrígenos en la base (Farrant y Smart, 2011; Pasini, 2012). Este proceso, también llamado “disolución antigravitatoria”, se desarrolla preferentemente en la zona saturada del acuífero kárstico, y es relativamente poco conocido a pesar de que podría desempeñar un papel significativo en el desarrollo de cuevas kársticas (Columbia et al., 2015; Nehme et al., 2016; Dodge-Wan, 2018).

En los últimos años, según ha avanzado la investigación espeleológica y geomorfológica en la Vertiente Cantábrica, las evidencias documentadas de paragénesis en cuevas kársticas han ido en aumento. Este hecho sugiere que la paragénesis constituye un

proceso espeleogenético relevante a considerar en el desarrollo del endokarst.

Este trabajo persigue elaborar una recopilación preliminar de cavidades con morfologías paragenéticas distribuidas a lo largo de la Vertiente Cantábrica. Por último, se compararán las características que tienen en común con el fin de identificar los rasgos más característicos de este proceso en el área de estudio.

VERTIENTE CANTÁBRICA

La Vertiente Cantábrica, también denominada Margen Cantábrico o Cornisa Cantábrica, está formada por los valles de los ríos que vierten al mar Cantábrico (Fig. 1). Por lo general, son valles relativamente cortos que discurren de sur a norte dispuestos paralelamente entre sí. Su clima es de tipo atlántico, templado y húmedo, con veranos frescos y sin estación seca.

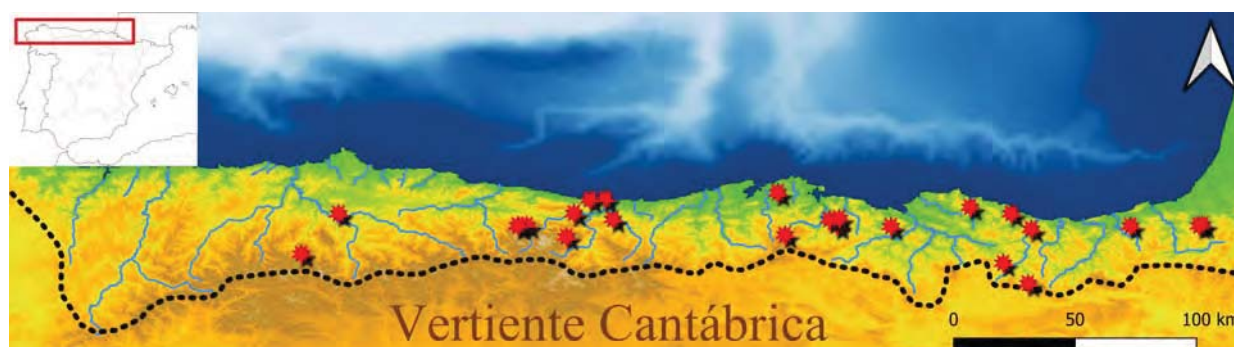


Fig. 1: Cavidades de la Vertiente Cantábrica con rasgos paragenéticos identificados en este trabajo.

La Cornisa Cantábrica destaca a nivel internacional por la presencia de >5.000 cuevas con 1.000 km de conductos documentados por equipos espeleológicos, y que se han desarrollado fundamentalmente en calizas del Carbonífero y del Cretácico a lo largo del Plio-Cuaternario.

CAVIDADES CON RASGOS PARAGENÉTICOS EN LA VERTIENTE CANTÁBRICA

Determinar el origen y los procesos espeleogenéticos de todas las cavidades de la vertiente Cantábrica es, por ahora, una tarea inabarcable. Para este trabajo, se ha realizado una recopilación de las cavidades kársticas con evidencias significativas de paragénesis distribuidas por provincias (Tabla 1) en base a la documentación espeleológica y geomorfológica existente y al trabajo de campo.

Las morfologías paragenéticas identificadas en estas cavidades aparecen generalmente ligadas a conductos freáticos y epifreáticos horizontales que representan niveles de cuevas. Estas cuevas incluyen cavidades litorales con desarrollo marcadamente horizontal (Jiménez-Sánchez et al., 2006; Aranburu et al., 2015; Ballesteros et al., 2017; Arriolabengoa et al., 2018a), cuevas horizontales desarrolladas en zonas de valle (Delannoy y Morverand, 1989; Expósito et al., 2015; Rossi et al., 2016; Arriolabengoa et al., 2018b; in press), y cuevas formadas en zonas de alta montaña y que se caracterizan por el desarrollo de conductos verticales (Ballesteros et al., 2015; 2019).

Tabla 1: Evidencias de paragénesis en las cuevas de la vertiente Cantábrica.

Provincia/Región	Nombre de la cavidad	Referencia
Nafarroa	Sistema Alkerdi-Zelaieta	Arriolabengoa et al., in press
Nafarroa	Zugarramurdi	-
Gipuzkoa	Cuevas del valle de Oterreta	Expósito et al., 2015
Gipuzkoa	Okola 6	Arriolabengoa et al., 2014
Gipuzkoa	Cuevas de Aitzbitarte	Busselo et al., 2017
Gipuzkoa	Aizkoltxo	Tobajas et al., 2018
Bizkaia	Goikoetxe	Aranburu et al., 2015
Bizkaia	Atxurra	Arriolabengoa et al., 2018a
Bizkaia	Arenaza	Calvo y Jiménez, 2017
Bizkaia	Santa Isabel de Ranero	Arriolabengoa et al., 2018b
Cantabria	RN 103	G.A.E.S., 2001
Cantabria	Red del Silencio	G.A.E.S., 2002
Cantabria	La Garma	Arias y Ontañón, 2014

Cantabria	El Soplaio	Rossi et al., 2016
Cantabria	Torca de los Senderos	Smart, 1986
Cantabria	Cueva Fresca	Delannoy y Morverand, 1989
Asturias	El Pindal	Jiménez-Sánchez et al., 2006
Asturias	Cobiñeru	Ballesteros et al., 2017
Asturias	Coímbre	Meléndez-Asensio y Ballesteros, 2017
Asturias	Torca La TexaPozuLLucia El Frailín de Camplengu	Ballesteros et al., 2019
Asturias	Cueva de Trapa	-
Asturias	Cueva Güerta	-

EPISODIOS PARAGENÉTICOS EN LAS CUEVAS DE LA VERTIENTE CANTÁBRICA

En las cavidades del margen Cantábrico en las que se ha estudiado su evolución en detalle, se observa una marcada variación de procesos sedimentarios y erosivos vinculados con los cambios ambientales (Aranburu et al., 2015; Arriolabengoa, 2015; Arriolabengoa et al., 2018c; Ballesteros et al., 2017; 2019). Según estos estudios, en los periodos cálidos se favorece la formación de espeleotemas, en la transición de estadios cálidos a fríos proliferan los procesos de erosión, y en periodos de transición de frío a cálido predominan los procesos fluvio-kársticos en cuevas. Como la paragénesis está ligada a la sedimentación terrígena en cuevas, es de suponer que el desarrollo de cuevas por paragénesis pudo predominar durante las transiciones de condiciones frías a cálidas, sin embargo, el estudio cronológico de este proceso está aún por resolver.

Por otro lado, la disponibilidad de sedimento es fundamental para la generación de los procesos paragenéticos. En otras áreas, diferentes autores han señalado los procesos de deglaciación y retroceso de los glaciares como la causa en el aumento de la disponibilidad de sedimento que posteriormente han promovido los procesos paragenéticos (Lauritzen, 2013). En este sentido, en las altitudes más elevadas de la cornisa Cantábrica, como los Picos de Europa, se ha documentado sedimentación terrígena en cuevas asociada a glaciares (Smart, 1984; Ballesteros et al., 2017). Sin embargo, en zonas de valle no glaciadas se desconocen los mecanismos que pudiesen haber favorecido la disponibilidad de sedimento. En este sentido, cabe destacar la importante presencia de suelos que cubren buena parte de la superficie de la cornisa Cantábrica, debido en parte al clima regional húmedo y templado. La erosión de estos suelos puede ser la fuente del relleno detrítico endokárstico (Arriolabengoa et al., 2015), cuya erosión puede estar favorecida en los tránsitos climáticos de relativamente más fríos y áridos a más templados y húmedos (Arriolabengoa, 2015). Por último, en zonas litorales del Oriente de Asturias, el desarrollo de abanicos aluviales

cuarcíticos al pie de las sierras litorales ha proporcionado sedimento terrígeno a las cuevas desarrolladas sobre las terrazas marinas calcáreas, como las cuevas de Pindal y Cobiheru (Jiménez-Sánchez et al., 2006; Ballesteros et al., 2019)

CONCLUSIONES

Se ha puesto de manifiesto la existencia de abundantes evidencias paragenéticas en cuevas situadas en la Vertiente Cantábrica, que apuntan a que la paragénesis pudo jugar un papel relevante en el desarrollo de los sistemas kársticos. Hipotéticamente, su participación pudo ocurrir durante el tránsito de condiciones relativamente frías y áridas a cálidas y húmedas. En áreas glaciadas, el sedimento terrígeno necesario para el desarrollo de la paragénesis pueden estar ligado a la actividad glaciaria; en áreas no glaciares de valle los sedimentos pudieron proceder de la erosión de suelos bien desarrollados; y en algunas áreas litorales los sedimentos fueron proporcionado por abanicos aluviales instalados sobre las rasas marinas.

Agradecimientos: Agradecemos la labor y colaboración desinteresada de los equipos espeleológicos que trabajan y facilitan la documentación de las distintas cuevas que exploran y documentan. También a la Universidad del País Vasco /Euskal Herriko Unibertsitatea por el apoyo al grupo de investigación IT1026-16.

REFERENCIAS

- Aranburu, A., Arriolabengoa, M., Iriarte, E., Giral, S., Yusta, I., Martínez-Pillado, V., del Val, M., Moreno, J., Jiménez-Sánchez, M. (2015). Karst landscape evolution in the littoral area of the Bay of Biscay (north Iberian Peninsula). *Quaternary International*, 364, 217–230.
- Arias, P., Ontañón, R. (2014). *La Gama: un proyecto orientado al estudio del arte paleolítico, su contexto y su conservación*. En: Cien años de arte rupestre paleolítico (Eds.: Corchón M.S. y Menéndez, M.). Ediciones Universidad Salamanca, Salamanca, 173-194.
- Arriolabengoa, M. (2015). *Evolución Geológica Cuaternaria del valle del río Deba (Gipuzkoa)*. Tesis Doctoral UPV/EHU, Bilbao, 211 pp.
- Arriolabengoa, M., Richard, L., Eraña, C., Azkoaga, X., Abarrategi, B., Ugarte, S., Pereda, L., Dorado, J., Olalde, A., Lotina, A., Ormaetxea, I., Ugarte, I. (2014). Okola 6, kobazulo epigeniko baten gora beherak. *Karaitza*, 22, 2-17.
- Arriolabengoa, M., Iriarte, E., Aranburu, A., Yusta, I., Arrizabalaga, A. (2015). Provenance study of endokarst fine sediments through mineralogical and geochemical data (Lezetxiki II cave, northern Iberia). *Quaternary International*, 364, 231–243.
- Arriolabengoa, M., Intxaurbe, I., Bilbao, P., Aranburu, A., Rios-Garaizar, J., Medina-Alcaide, M.A., Rivero, O., Libano, I., Garate, D. (2018a). *Geomorfología de la cueva Atxurra-Armiña (Berriatua, Bizkaia)*. En: Geomorfología del Antropoceno. Efectos del cambio global sobre los procesos geomorfológicos (Eds.: García, C., Gómez-Pujol, L., Morán-Tejeda, E., Batalla, R.J.). UIB, SEG, Palma, 95-98.
- Arriolabengoa, M., Arlegi, M., Martínez-Braceras, N., Martínez-Pillado, V., Gómez-Olivencia, A. (2018b). *Evolución de la cueva Santa Isabel de Ranero (Bizkaia) y la formación del yacimiento paleontológico*. En: Geomorfología del Antropoceno. Efectos del cambio global sobre los procesos geomorfológicos (Eds.: García, C., Gómez-Pujol, L., Morán-Tejeda, E., Batalla, R.J.). UIB, SEG, Palma, 91-94.
- Arriolabengoa, M., Iriarte, E., Aranburu, A., Yusta, I., Arnold, L.J., Demuro, M., Arrizabalaga, A. (2018c). Reconstructing the sedimentary history of Lezetxiki II cave (Basque Country, northern Iberian Peninsula) using micromorphological analysis. *Sedimentary Geology*, 372, 96–111.
- Arriolabengoa, M., Hermoso de Mendoza, A., Abendaño, V., Álvarez, I., Aranburu, A., Bodego, A., Calvo, J.I., Garate, D., Ibarra, F., Iriarte, E., Legarrea, J., Tapia, J., del Val, M., Agirre, J. (in press). Sistema kárstico multi-nivel Alkerdi-Zelaieta (Urdazubi/Urdax, Nafarroa): bajada del nivel freático frente a la (re)sedimentación. *Geogaceta*, in press.
- Ballesteros, D., Rodríguez-Rodríguez, L., González-Lemos, S., Giral, S., Álvarez-Lao, D.J., Adrados, L., Jiménez-Sánchez, M. (2017a). New evidence of sea-level low stands and paleoenvironment during MIS 6 and 4 in the Cantabrian coastal karst: the Cobiheru cave (North Iberia). *Earth Surface Processes and Landforms*, 42, 1704–1716.
- Ballesteros, D., Jiménez-Sánchez, M., Giral, S., DeFelipe, I., García-Sansegundo, J. (2017b). Glacial origin for cave rhythmites during MIS 5d-c in a glaciokarst landscape, Picos de Europa (Spain). *Geomorphology*, 286, 68–77.
- Ballesteros, D., Giral, S., García-Sansegundo, J., Jiménez-Sánchez, M. (2019). Quaternary regional evolution based on karst cave geomorphology in Picos de Europa (Atlantic Margin of the Iberian Peninsula). *Geomorphology*, 336, 133-151.
- Busselo, J., Lauburu, S., Rodríguez, A., Zabala, A., Busselo A. (2017). Estudio de monitorización de Aizpitarte IV: Febrero 2016-Febrero 2017. *Karaitza*, 25, 18-27.
- Calvo, A., Jiménez, P. (2017). El karst de hierro de los Montes de Triano y Galdames. *Karaitza*, 25, 44-59.
- Columbu, A., De Waele, J., Forti, P., Montagna, P., Picotti, V., Pons-Branchu, E., Hellstrom, J., Bajo, P., Drysdale, R. (2015). Gypsum caves as indicators of climate-driven river incision and aggradation in a rapidly uplifting region, 43, 539-542.
- Delannoy, J.J., Morverand, P. (1989). Contribution a la connaissance de la karstogenese du massif de la Pena Lavalle. En: *Trenteannées d'exploration dans le Cueto et la Coventosa (Cantabria, Espagne)* (Morverand, P., Ed.). Spéléo-Club de Paris, Paris, 81–95.
- Dodge-Wan, D. (2017). The Trades' Cave (NW Borneo): morphology and features as indicators of speleogenesis and karstification. *Carbonates Evaporites*, 33, 315-329.
- Expósito, J.M., Arriolabengoa, M., Azkoaga, X., Dorado, J., Zabaleta, P., Bereibar, A., Esperasate, J.L., Abarrategi, B., Eraña, C., Ugarte, S., Pereda, L., Richard, L., Olalde, A. (2015). Desarrollo de niveles kársticos en el valle de Bostiturrieta (Arrasate). *Karaitza*, 23, 14-23.
- Farrant, A.R., Smart, P.L. (2011). Role of sediment in speleogenesis; sedimentation and paragenesis. *Geomorphology*, 134, 79–93.
- G.A.E.S. (2001). *El karst de Rasines, Cantabria*. Grupo de Actividades Espeleológicas GAES, Bilbao, 160 pp.
- G.A.E.S. (2002). La Red del Silencio en el karst de Rasines. *Subterránea*, 15, 16-22.
- Lauritzen, S.E. (2013). Paragenesis: The "Royal Mark" of subglacial speleogenesis. *ICS Proceedings*, 366-367.
- Lauritzen, S.E. y Lauritsen, A. (1995). Differential diagnosis of paragenetic and vadose canyons. *Cave and Karst Science*, 21, 55-59.
- Meléndez-Asensio, M., y Ballesteros, D. (2017). *La geomorfología de la cueva de Coímbre (Asturias, España): ubicación del yacimiento arqueológico en la evolución del karst*. En: La cueva de Coímbre (Peñamellera Alta, Asturias), Ocupaciones humanas en el valle del Cares durante el Paleolítico superior (Eds.: Álvarez-Alonso D. Y Yravedra J.). Fundación María Cristina Masaveu Peterson, 159-169.
- Nehme, C., Jailliet, S., Voisin, C., Hellstrom, J., Gérard-Adjizian, J., Delannoy, J.J. (2016). Control of cave levels in Kanaan, Kassarat and Jeita karst systems (Central Mount Lebanon). *Zeitschrift für Geomorphologie*, 60, 2, 95-117.

- Renault, P. (1968). Contribution à l'étude des actions mécaniques et sédimentologiques dans la spéléogenèse. *Annales de Spéléologie*, 23, 529-596.
- Rossi, C., Villalain, J.J., Lozano, R.P., Hellstrom, J. (2016). Geomorphology Paleo-water table definition using cave ferromanganese estromatolites and associated cave-wall notches (Sierra de Arnero, Spain). *Geomorphology*, 261, 57–75.
- Pasini, G. (1967). Nota preliminare sul ruolo speleogenetico dell'erosione "antigravitativa". *Le Grotte d'Italia*, 4, 297-322.
- Pasini, G., 2012. Speleogenesis of the "Buco dei Vinchi" inactive swallow hole (Monte Croara karst sub-area, Bologna, Italy), an outstanding example of antigravitative erosion (or "paragenesis") in selenitic gypsum. An outline of the "post-antigravitative erosion". *Acta Carsologica*, 41 (1), 15–34.
- Smart, P.L. (1986). Origin and development of glacio-karst closed depressions in the Picos de Europa, Spain. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 30, 423-443.
- Tobajas, A.M., Rodríguez, E., Vargas, J. (2018). *Bajo el suelo de Mendaro por sus cuevas y simas*. Morkaikoko Leizarpe Espeleologia Taldea, 405 pp.