

# Dataciones cronológicas con U-Th en la Cueva del Pindal (Asturias, N España): implicaciones geomorfológicas

M. Jiménez-Sánchez (1), A. Moreno (2,3), H. Stoll, (1), A. Aranburu (4), J. Uriarte (5) E. Iriarte (6), M. J. Domínguez-Cuesta (1) y B. L. Valero-Garcés (2)

- (1) Departamento de Geología, Universidad de Oviedo, C/ Arias de Velasco, s/n 33005 Oviedo; mjimenez@geol.uniovi.es
- (2) Instituto Pirenaico de Ecología – CSIC, Apdo. 202, 50080 Zaragoza.
- (3) Limnological Research Center, University of Minnesota, 310 Pillsbury Drive SE, Minneapolis, MN 55455 (EEUU)
- (4) Departamento Mineralogía y Petrología. Universidad del País Vasco, Ap. 644-48080, Bilbao
- (5) Departamento de Geodinámica. Universidad del País Vasco, Ap. 644-48080, Bilbao, Spain
- (6) E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de Cantabria. Avda. Los Castros s/n, 39005 Santander

## Abstract

### U-Th dating of speleothems from El Pindal Cave (Asturias, N Spain): geomorphological implications.

Pindal Cave (4°30'W, 43°23'N, 24 m above sea level) is developed in a karstic massif reaching its highest surface in a marine terrace located at 50-64 m asl (Asturias, Spain). Geomorphological mapping in the cave distinguishes at least four speleothem generations. New U/Th dates constrain ages of these events. The oldest massive multimeter scale flowstone deposition (Generation 1) began prior to 166,740 BP. The Generation 2 is younger than 37,000 BP. Finally, the most recent generation of small active porous stalagmites is in the last several hundred years (350 yr), according to counts of annual layer couplets. The oldest stalagmite generation suggests tentatively a maximum uplift rates of 0,14 mm/yr for the Cantabrian margin in this area.

**Palabras clave:** cueva, karst, terraza marina, geocronología, U-Th, Costa Cantábrica

**Keywords:** cave, karst, marine terrace, geochronology, U-Th, Cantabrian Coast.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la Costa Cantábrica de España, las terrazas marinas (rasas) son un elemento destacado del relieve (Flor, 1983, Mary, 1983) para el que sólo muy recientemente (Jiménez-Sánchez et al. 2006, Alvarez-Marrón et al., 2007) se han realizado aproximaciones geocronológicas. En la costa Cantábrica oriental, se desarrollan buenos ejemplos de terrazas marinas en relación con macizos kársticos, siendo un buen ejemplo el macizo donde se encuentra la cueva del Pindal, culminado por una rasa de 57 m de altitud media (50-64 m.s.n.m.). Las investigaciones geomorfológicas desarrolladas durante los últimos años han permitido proponer

un modelo cualitativo de evolución de la cueva y su entorno (Jiménez-Sánchez et al., 2002), actualizado y modificado posteriormente mediante el desarrollo de investigaciones paleoclimáticas (Stoll et al., 2007) y geocronológicas (Jiménez-Sánchez et al. 2006), que han proporcionado los primeros datos geocronológicos absolutos sobre el karst y una referencia temporal para el desarrollo de las rasas en este sector de la costa cantábrica centro-oriental. Asimismo, las investigaciones realizadas en el marco del proyecto CAVECAL, han conducido a la obtención de nuevos datos geocronológicos, al tiempo que a establecer las características del registro paleoclimático de la cavidad (Moreno et al. 2008).

El objetivo de este trabajo es presentar los últimos datos geocronológicos obtenidos en los espeleotemas de la cueva del Pindal y discutir su interés en la evolución regional de la Costa Cantábrica.

## 2. LA CUEVA DEL PINDAL: INVESTIGACIONES PREVIAS

La Cueva del Pindal se localiza en el Este de Asturias (N España), 4°30'W, 43°23'N (Fig. 1). Presenta una longitud de 590m, y orientaciones E-O y 110° N, con la boca de entrada a 24 m.s.n.m. Una síntesis de los trabajos realizados en ella puede consultarse en Jiménez-Sánchez et al. (2006).



Fig. 1. Situación de la Cueva del Pindal en el Norte de la Península Ibérica.

La evolución geomorfológica del entorno de la cueva es el resultado de la actuación de procesos fluviales, de gravedad, kársticos y marinos, destacando la presencia de dos terrazas marinas (rasas): Pimiango (125-170m) y Pindal (50-64m). Esta última culmina el macizo kárstico en que se desarrolla la cueva. La evolución geomorfológica de la cavidad está asociada a procesos de gravedad, fluviotorrenciales y precipitación química de al menos cuatro generaciones de espeleotemas, clasificadas de acuerdo con criterios morfométricos y/o de superposición. Hasta ahora, se conocen datos de edad para las generaciones 1 y 3 (U-Th) y la 4 (contaje basal de láminas). La Generación 1 incluye grandes

espeleotemas (frecuentemente coladas estalagmíticas) de más de 2m de anchura y 3 de altura que recubren depósitos aluviales y depósitos de colapso, siendo mayormente inactivos y con edades más antiguas de 124 ka; la Generación 2 agrupa estalactitas y estalagmitas decimétricas a métricas superpuestas a los anteriores, activas ocasionalmente; la Generación 3 incluye estalactitas y estalagmitas decimétricas a centimétricas, activas en su mayoría, con edades holocenas para el inicio de su formación ( $2.7 \pm 0.5$  ka). Finalmente, la Generación 4 incluye estalagmitas activas de tonos muy blancos y tamaños centimétricos que precipitan sobre los anteriores, con edades máximas de 200 años.

## 3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Con el fin de profundizar en el conocimiento de la evolución temporal de la cavidad, se realizó un sondeo en un espeleotema de la Generación 1 (La Cebolla), donde ya se disponía de dataciones U-Th de entre  $124,2 \pm 1,5$  kyr BP y  $73,1 \pm 0,9$  kyr BP obtenidos a partir de un bloque de 75 cm de espesor desgajado de la parte más externa del espeleotema. El 3 de marzo de 2006 se realizó un sondeo con un taladro Hilti, modelo DD-160E y una broca de diamante de 50mm de diámetro (sondeo 1, Fig. 2) sobre la parte descubierta del espeleotema. La perforación alcanzó 102 cm de profundidad, recuperándose 93 cm de testigo. Por motivos técnicos, no se pudo llegar al núcleo del espeleotema. Parte de la base del testigo del sondeo se tomó para su datación por U-Th, ya que, con seguridad, sería más antigua de 124 ka.

En el transcurso del estudio paleoclimático desarrollado en el marco del proyecto CALIBRE, se seleccionaron y muestrearon tres espeleotemas atribuidos a la Generación

2 y uno a la Generación 4. La datación de los espeleotemas se llevó a cabo mediante U-Th en la Universidad de Minnesota, siguiendo el procedimiento establecido por Edwards et al. (1986).



Fig. 2. Realización del sondeo 1 en el espeleotema "La Cebolla" (Generación 1).

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### **Dataciones**

En el caso del testigo de sondeo, con el objetivo de confirmar la datación, se obtuvieron dos muestras para la base del testigo que dieron como resultado  $166.737,3 \pm 3284,7$  BP y  $163.261,3 \pm 8613,5$  BP. Debido a que el contenido en Th de origen detrítico es mayor en la segunda fecha, el primer valor es el más aceptable. Esta datación indica la edad mínima más antigua obtenida para los espeleotemas de la generación 1 de la cueva, y nos permite asignar también una edad mínima al karst.

Las muestras de los espeleotemas Candela y María, interpretados como pertenecientes a la Generación 2, dieron respectivamente resultados de  $37.165 \pm 1430$  BP a  $7825 \pm 75$  BP y  $13.785 \pm 250$ BP a  $4370 \pm 160$  BP. Asimismo, PIN3, una estalagmita rota presuntamente por una gran caída de bloques, presenta una edad de  $10549 \pm 177$  a  $4201 \pm 84$  BP.

El conteo basal de pares de láminas realizados sobre espeleotemas de la generación 4 permitió obtener una

aproximación a su edad asumiendo que se trata de ciclos anuales.

##### **Secuencia cronológica de espeleotemas**

Combinando los datos más recientes con los disponibles en trabajos previos (Jiménez-Sánchez et al. 2006), podemos interpretar que la secuencia cronológica de las generaciones de espeleotemas preestablecidas en la cavidad es la que se describe a continuación:

Generación 1: se iniciaría con anterioridad a 166 BP, siendo mayormente inactivos en el presente. Generación 2: espeleotemas más jóvenes de 37 ka, que pueden continuar activos en el presente.

Generación 3: espeleotemas iniciados en el Holoceno, entre  $2,7 \pm 0,5$  BP y actualidad, aunque las estimaciones realizadas sobre una estalagmita activa superpuesta a uno de los colapsos de la cueva, sugiere edades de entre 0,1 y 3 ka considerando la velocidad de caída de goteo y tasas de saturación.

Generación 4: espeleotemas entre 350 años y actualidad.

##### **Implicaciones regionales**

La presencia de las rasas es indicativa de una elevación relativa del borde costero (Mary, 1983, Flor, 1983, Alvarez-Marrón et al., 2007), aunque todavía no está claro en qué medida se pueden interrelacionar procesos eustáticos y tectónicos. Asumiendo que la cavidad se inició a una cota similar a la del nivel del mar en el momento de su origen, la altitud actual de la boca de la cueva (24 m) es una base para hacer estimaciones sencillas acerca de las tasas de elevación relativa del borde costero. La edad más antigua obtenida para los espeleotemas de la generación 1 (166,737 ka) proporciona la edad mínima para la apertura de la cavidad. La relación entre ambos datos nos proporcionaría tentativamente, la tasa de elevación máxima del margen

cantábrico en este sector, que sería de 0,14 mm/año. Con esta tasa, la edad mínima de la rasa que culmina el macizo kárstico del Pindal, (57m de altitud media), se cifraría en 0,407 Ma. Aunque se trata de estimaciones tentativas, se sitúan en el rango de los resultados obtenidos establecidos en el occidente de la Costa Cantábrica (entre 0,07 y 0,15 mm/año (Alvarez Marrón et al., 2007), pero la edad estimada para la rasa es algo menor que las inferidas por estos mismos autores mediante datación con isótopos cosmogénicos (entre 1 y 2 Ma) para la rasa occidental de Asturias, localizada a altitudes de 30-100 m.s.n.m.

## 5. CONCLUSIONES

La realización de dataciones U-Th ha permitido asignar una edad a la generación 2 de las cuatro generaciones de espeleotemas definidas en la Cueva del Pindal y asignar una edad más antigua de la conocida hasta el momento para la generación 1. Este dato es relevante porque da una aproximación cronológica a la edad mínima de formación del karst y porque permite estimar tentativamente la velocidad de elevación del margen cantábrico en este sector en 0,14 mm/año. Aunque los resultados son coherentes con las investigaciones que realizan otros autores en el occidente de la Costa Cantábrica, este modelo debe continuar siendo contrastado mediante futuros estudios.

### Agradecimientos

Este estudio está financiado en su mayor parte por los proyectos CALIBRE (subproyecto CAVECAL, CGL2006-13327-C04/CLI, MEC), y 53/2006 (Red de Parques Nacionales). A. Moreno agradece la financiación obtenida con el proyecto IBERABRUPT (Marie Curie OIF). Agradecemos a la Consejería de Cultura del Principado de Asturias las facilidades para el desarrollo de la investigación, especialmente a I. Alonso (Jefe del Servicio de Patrimonio) y a M.G. Pumariega (Responsable de la Cueva).

## REFERENCIAS

- Alvarez-Marrón, J., Hetzel, R., Niederman, S., Menéndez, R., Marquínez, J. (2007): Origin, structure and exposure history of a wave-cut platform more than 1 Ma in age at the coast of Western Spain: a multiple cosmogenic nuclide approach. *Geomorphology*, 93 (3-4), 316-334.
- Edwards, R. L., J. H. Chen, y G. J. Wasserburg (1986):  $^{238}\text{U}$ - $^{234}\text{U}$ - $^{230}\text{Th}$ - $^{232}\text{Th}$  systematics and the precise measurements of time over the past 500.000 years, *Earth and Planetary Science Letters*, 81: 175-192.
- Flor, G. (1983): Las rasas asturianas: ensayos de correlación y emplazamiento. *Trabajos de Geología de la Universidad de Oviedo*, 13: 65-81.
- Jiménez-Sánchez, M., Anadón-Ruiz, S., Farias, P., García-Sansegundo, J. y Canto-Toimil, N. (2002): Estudio preliminar de la Geomorfología de la Cueva del Pindal (Ribadedeva, Oriente de Asturias). *Geogaceta*, 31, 47-50.
- Jiménez-Sánchez, M., Bischoff, J., Stoll, H. y Aranburu, A. (2006): A geochronological approach for cave evolution in the Cantabrian Coast (Pindal Cave, NW Spain). *Z Geomorph.*, N. F. Suppl., 147, 129-141.
- Mary, G. (1983): Evolución del margen costero de la Cordillera Cantábrica en Asturias desde el Mioceno. *Trabajos de Geología Universidad de Oviedo*, 13: 3-35.
- Moreno, A., Stoll, H., Cacho, I. Vadillo, I., Edwards, R. L., Ito, E., Jiménez-Sánchez, M., Valero-Garcés, B. (en prensa) Paleoclimate reconstruction from the North Iberian Peninsula since last deglaciation: the El Pindal Cave speleothem record (Asturias, Spain), *Geotemas*.
- Stoll, H., Jiménez-Sánchez, M., Auer, T. y Martos, E. (2007): Temporal variations in dripwater chemistry in the Cueva del Pindal (Asturias, NW Spain). En: Durán, J. J., Robledo, P. y Vázquez, J. (Eds.): *Cuevas turísticas: aportación al desarrollo sostenible*. IGME, Serie Hidrogeología y Aguas subterráneas, 24:191-198. IGME.