



## CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DEL RELLENO SEDIMENTARIO DE LA CUEVA DEL PINDAL (RIBADEDEVA, ASTURIAS): IMPLICACIONES GEOMORFOLÓGICAS

### Stratigraphic features of sedimentary infill in Pindal Cave (Ribadesella, Asturias): geomorphologic implications

M. Jiménez-Sánchez, N. Canto-Toimil, y S. Anadón-Ruiz

Departamento de Geología. C/ Arias de Velasco, s/n 33005 Oviedo. Universidad de Oviedo

mjimenez@geol.uniovi.es

#### Resumen

El estudio estratigráfico realizado en el relleno sedimentario de la Cueva del Pindal pone de manifiesto la existencia de tres fases de aporte de material: una fase de aportes de detríticos finos (fase 1), otra posterior de aportes más gruesos con un importante incremento de energía (fase 2), y otra final con corrientes esporádicas de baja energía y episodios de inestabilidad por gravedad con caída de bloques (fase 3). Estas han sido correlacionadas en una primera aproximación con los niveles de terrazas 4 y 5 definidos en la cavidad, aunque es precisa la realización de más estudios con vistas a corroborar esta hipótesis. Los resultados permiten reforzar el modelo de evolución de la cueva previamente establecido, matizando el aporte episódico de material detrítico a partir de la sierra culminada por la rasa de Pimiango (125-170 m). El área fuente está en el frente N de dicha sierra, desmantelado por aparatos torrenciales que transportan parte de sus depósitos al interior del macizo kárstico que culmina en la rasa del Pindal (50-64 m).

**Palabras clave:** geomorfología kárstica, cuevas, estratigrafía, Asturias

#### Abstract

The stratigraphic study carried out in the detritical sediment of the Pindal Cave reveals three infill stages: 1) fine sediments, 2) coarser sediments implying an energy increase, and 3) low energy sporadic currents together with gravity instability processes. In a first approach, these stages have been correlated with the 4 and 5 terrace levels defined in the cave, even though it is necessary to make further studies to check this hypothesis. The results enable to consolidate the evolution model which was previously established, although introducing a detritical sediment infill stage coming from the denudation of Pimiango Rasa (125-170 m). These sediments were transported from the North of that range up to the inside of the karstic massif by torrential systems.

**Key words:** karstic geomorphology, caves, stratigraphy, Asturias

#### Introducción

La cueva del Pindal se sitúa en las proximidades de la localidad de Pimiango (Concejo de Ribadedeva), en el Oriente de Asturias, muy cerca del límite con Cantabria (Fig. 1). Las manifestaciones artísticas rupestres de la cueva del Pindal son conocidas ya desde 1908. Sin embargo, en lo que respecta a la geomorfología del entorno de la cueva, durante largo tiempo, los únicos trabajos publicados han sido de carácter regional (Ramírez del Pozo *et al.*, 1976; Martínez García *et al.* 1980; Flor, 1983; Mary, 1983; Marquínez, 1987), hasta que recientemente, se han publicado los primeros datos sobre la geomorfología de la cueva y el macizo kárstico en que se ubica (Jiménez-Sánchez *et al.*, 2002) y, ya fuera del ámbito del karst, los resultados sobre las investigaciones desarrolladas en el vecino estuario de Tina Menor (Fernández-Iglesias y Marquínez, 2002).

Los objetivos del presente trabajo son: en primer lugar, el análisis estratigráfico del relleno sedimentario que aflora en el sector occidental de la cueva y en segundo lugar, el establecimiento de una hipótesis de la relación existente entre la génesis de dicho relleno y la evolución geomorfológica de la cueva y del macizo kárstico en que se ubica.

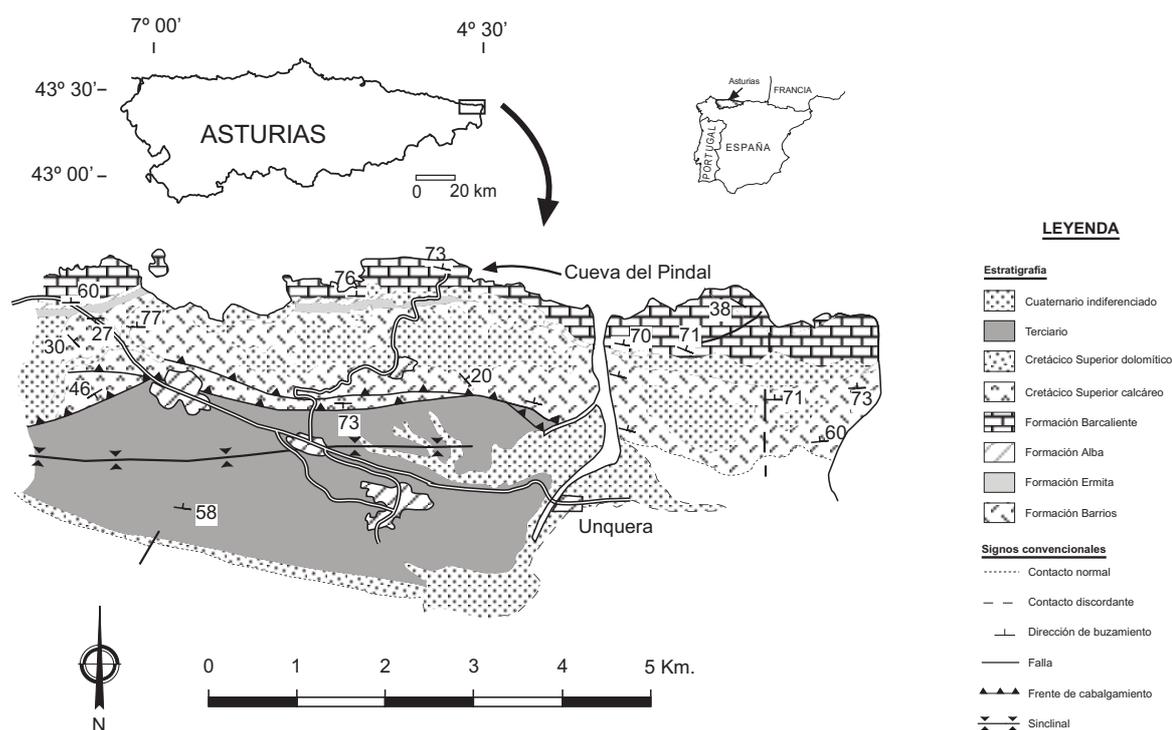


Figura 1. Situación geográfica del área de estudio.

*Geographical and geological setting of the study area.*

## Zona de estudio

### Marco geológico

El sustrato geológico del entorno de la cueva (Ramírez del Pozo *et al.*, 1976; Martínez García *et al.* 1980; Marquínez, 1987) está compuesto por rocas paleozoicas, que de más antiguo a más moderno, son las formaciones detríticas de la Cuarcita de Barrios, de edad ordovícica, la sucesión detrítica devónica de La Formación Ermita y las formaciones carbonatadas carboníferas de la Caliza de Alba y la Caliza de Barcaliente, siendo en esta última en la que se desarrolla el macizo kárstico del Pindal. Estas formaciones presentan rumbos aproximadamente E-O y buzamientos hacia el N de más de 70°. Por el S, estos materiales paleozoicos están en contacto con los materiales del Cretácico y Terciario mediante un cabalgamiento subvertical de dirección aproximadamente E-O, de edad alpina. En los límites N y S de la cavidad, existen dos fracturas subverticales de dirección E-O, cuyo largo trazado cartográfico permitiría interpretar como fallas (Jiménez-Sánchez *et al.*, 2002).

### Descripción morfométrica de la cueva

La cueva del Pindal posee una planta lineal, con orientación E-O en su sector oriental (sector turístico) y 110° N (ONO-ESE) en su sector occidental, no abierto al público (sector oculto). Según Obeso *et al.* (1996) el desarrollo vertical total es de 24 m y la pendiente media de 4°. La cota más elevada está en el extremo occidental (30 m snm, +6 m respecto a la boca) y la más baja en el sífon localizado en el sector más oriental, en la vertical del punto de entrada (6 msnm, -18 m respecto a la boca de entrada). El desarrollo horizontal total de la cavidad es de 590 m, siendo 276 m para el sector oculto, que posee una anchura media de 5 m, y 314 m para el sector turístico, con una anchura media de 25 m, que es en el que se ha centrado este estudio.

### Metodología de trabajo

Para la realización de este trabajo, se partió de la información preexistente acerca de la geomorfología de la cueva y su entorno (Jiménez-Sánchez *et al.*, 2000; 2002), que incluía la cartografía geomorfológica del macizo kárstico del Pindal y de la cueva (a escalas respectivas de 1:10.000 y 1:500), el análisis del estado de fracturación de la caliza en la cueva y en su entorno próximo, el establecimiento de una serie tipo de niveles de

depósitos aluviales en una sección vertical del oeste de la cueva y el establecimiento de una hipótesis preliminar sobre la evolución de la misma. Con el fin de complementar la información anterior y, dada la existencia de afloramientos del relleno sedimentario de la misma en dos trincheras localizadas en el sector suroccidental de la cueva, se levantaron en ellas un total de siete columnas estratigráficas. Estas columnas fueron interpretadas y correlacionadas con los niveles de depósitos observados en la mencionada sección tipo. Finalmente, los resultados se integraron en el modelo previamente establecido.

## Resultados y discusión

### Geomorfología de la cueva y de su entorno

La geomorfología del entorno de la Cueva del Pindal resulta de la actuación de procesos torrenciales, de gravedad, kársticos y litorales, (Jiménez-Sánchez *et al.* 2002). La distribución espacial de las formas se presenta en la Fig. 2).

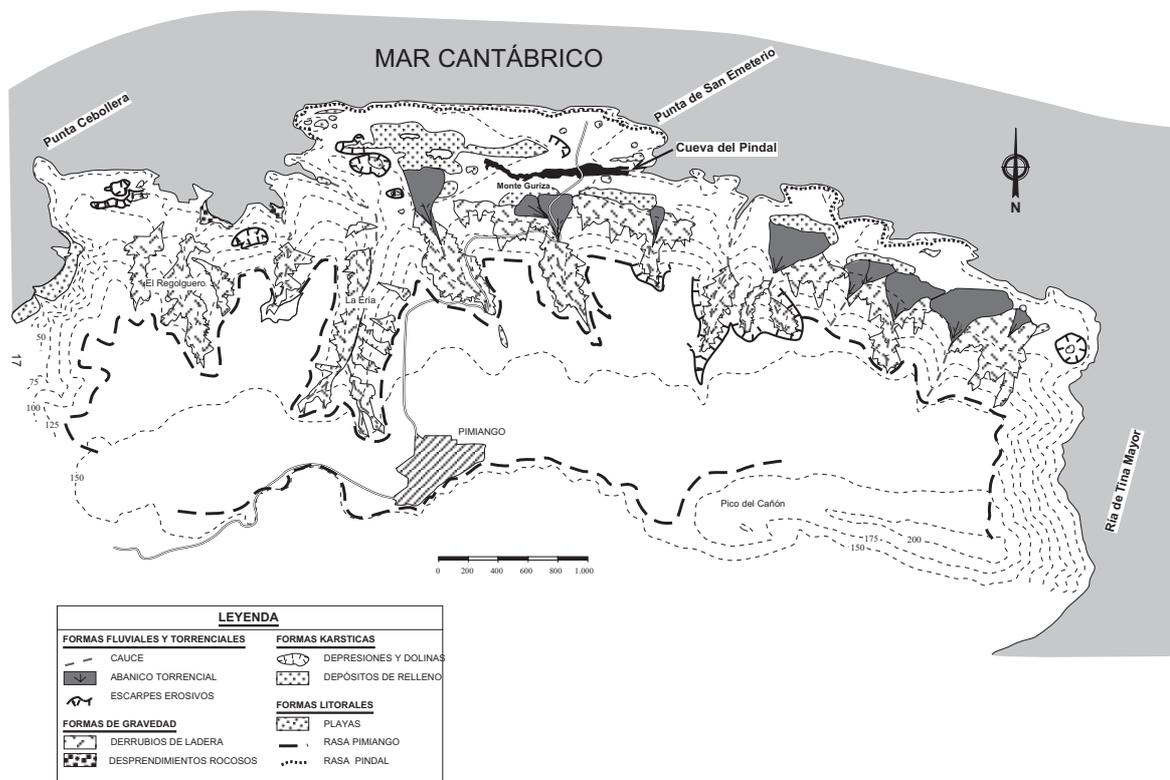


Figura 2. Mapa geomorfológico del entorno de la Cueva del Pindal.

*Geomorphological map of Pindal Cave surrounding area.*

Los elementos dominantes en el relieve son dos superficies erosivas, que de N a S han sido denominadas: rasa del Pindal (50-64 m), desarrollada sobre los materiales de la Caliza de Montaña y rasa de Pimiango (125-170 m), sobre la cuarcita ordovícica. Estas superficies de erosión corresponden a dos de los niveles de rasa ampliamente descritas en trabajos como los de Flor (1983) y Mary (1983) para las que no existen datos de edad de carácter concluyente. La rasa de Pimiango culmina el macizo kárstico en el que se ubica la cueva del Pindal, que es la principal manifestación endokárstica de la zona. El exokarst está representado por dolinas de planta circular a elíptica, un valle seco en el sector occidental de la zona, probablemente asociado a la coalescencia de varias dolinas en dirección aproximadamente ENE-OSO y dos sumideros.

El frente N de la rasa de Pimiango, la más elevada, se encuentra dismantelado parcialmente por la acción de procesos torrenciales, que han originado la aparición de cuencas y abanicos torrenciales, cuyos

afloramientos muestran clastos de cuarcita angulosos a subredondeados, con estratificación grosera y ocasionalmente con estructuras de canales.

La geomorfología de la cueva del Pindal se caracteriza principalmente por la presencia de formas fluviokarísticas, de gravedad y de precipitación química, aunque existen otras formas de origen antrópico y de origen mixto. Su distribución espacial se presenta en el mapa de la Fig. 3. Como se puede observar en dicha figura, las formaciones que afloran en la mayor parte del mapa son espeleotemas que, genéricamente han sido clasificados en dos grupos, siguiendo a Ford y Williams (1989): tipo *dripstone* y tipo *flowstone*, aunque existe un tercer grupo que incluye formas complejas, que corresponden a masas estalagmíticas afectadas por numerosas fracturas que llegan a individualizar bloques de tamaño métrico con evidencias de rotación y colapso. Las formas de gravedad incluyen escarpes e incisiones, depresiones cerradas y depósitos de colapso. Las formas fluviokarísticas incluyen *roof pendants* en las paredes de la cavidad y otros elementos que se describen expresamente en el apartado dedicado al análisis estratigráfico, ya que es sobre los depósitos fluviales antiguos donde se han realizado las secuencias anteriormente descritas.

Tal como se puede apreciar en el mapa de la Fig. 3, en la cueva existe un canal fluvial de morfología meandriforme, que se bifurca para desembocar en dos sumideros. Sobre el mapa, se han distinguido dos tipos diferentes de depósitos de origen aluvial: depósitos sobre el lecho fluvial actual y depósitos fluviales antiguos.

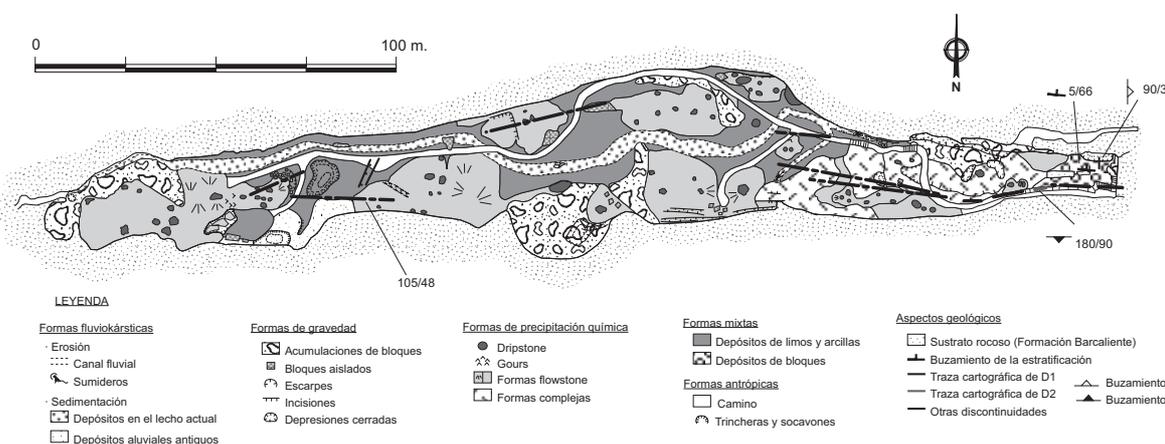


Figura 3. Mapa geomorfológico de la Cueva del Pindal.

*Geomorphological map of Pindal Cave.*

### Estudio de los depósitos de origen aluvial: caracterización estratigráfica

Como se puede apreciar en el mapa de la Fig. 3, en la cueva existe un canal fluvial de morfología meandriforme, que se bifurca para desembocar en dos sumideros. Sobre el mapa, se han distinguido dos tipos diferentes de depósitos de origen aluvial: depósitos sobre el lecho fluvial actual y depósitos fluviales antiguos.

#### *Depósitos sobre el lecho fluvial actual*

Se trata de depósitos de tamaño canto a bloque y, ocasionalmente, arena con morfología subredondeada a angulosa sin que exista una relación entre el tamaño y la morfología de los clastos. El calibrado del depósito es muy bajo. La litología es cuarcítica, aunque también se aprecia la existencia de espeleotemas de tipo dripstone y algún fragmento de masa estalagmítica. Se aprecia que parte del depósito se encuentra cementado por una masa estalagmítica con desarrollo de *gours*.

#### *Depósitos detríticos antiguos*

Los depósitos detríticos antiguos han sido estudiados en el relleno del sector suroccidental de la cueva levantando columnas estratigráficas representativas de los mismos cuya situación esquemática se presenta en la Fig. 4 y sus características en la Fig. 5. La correlación entre las columnas 1, 3, 2 y 6 proporciona una

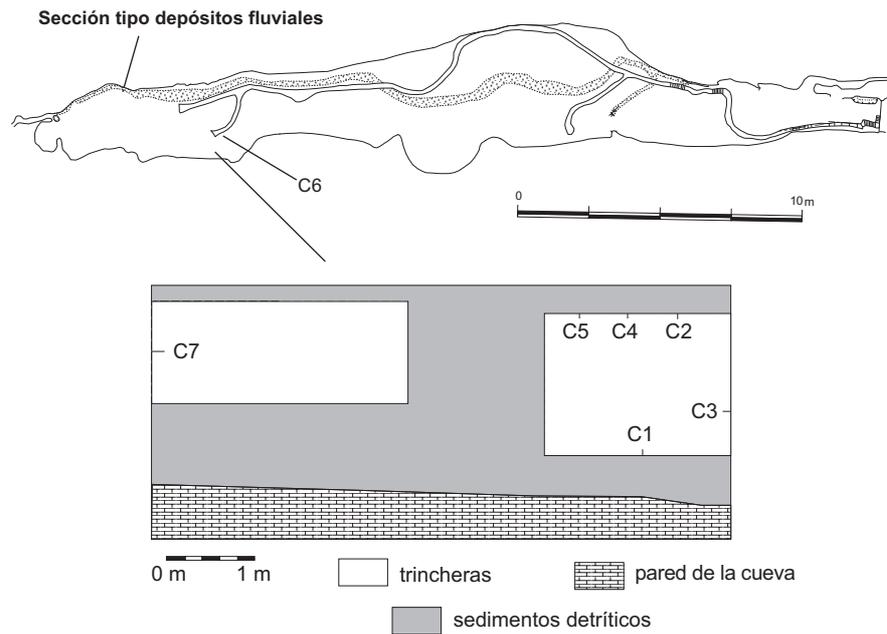


Figura 4. Esquema de localización de las columnas estratigráficas elaboradas y de la sección tipo de niveles aluviales.

*Sketch showing location of the stratigraphic sequences and alluvial deposits section.*

idea sobre la variación lateral de las facies en un corte transversal a las paredes de la cueva en dirección N-S, mientras que la correlación entre las columnas 2, 4 y 5 ilustra la distribución espacial de los distintos niveles en dos secciones paralelas a las paredes de la cueva (dirección E-O). Ambas propuestas de correlación, que deberían ser confirmadas con la realización de otros estudios posteriores, se sintetizan en la Fig. 6. Las secuencias observadas son complejas, con bruscos cambios laterales de facies que evidencian, a grandes rasgos, la existencia de una fase de aportes de detríticos finos (fase 1), otra posterior de aportes más gruesos y un importante incremento de energía (fase 2), y otra fase en la que existen corrientes esporádicas de baja energía y, lateralmente, episodios de inestabilidad por gravedad con caída de bloques (fase 3).

Nivel	Altura sobre lecho fluvial	Descripción
1 (depósitos canal actual)	0	Cantos a bloques subredondeados a angulosos. Calibrado bajo. Litología cuarcítica.
2 (lecho crecida)	12-20 cm	Cantos a bloques subredondeados a angulosos. Calibrado bajo. Litología cuarcítica. Cementado. Fosilizado por colada estalagmítica.
3 (terraza)	37-60 cm	16 cm arena fina de tonos beige, muy bien clasificada, con laminación paralela, que lateralmente pasa a limo. 7 cm de arenas con fangos, 10 cm de cantos subredondeados a angulosos cementados por carbonatos. Litología: cuarcítica.
4 (terraza)	160-200 cm	40 cm de bloques y gravas de cuarcita subredondeados, cementados por carbonato cálcico.
5 (terraza)	340-380 cm	40 cm de cantos de cuarcita subredondeados a angulosos sin matriz, cementados por carbonato cálcico. 10 cm basales con más del 50 % de matriz de arena fina-limo.
6 (terraza)	540-590 / 640 cm	Cantos de cuarcita subredondeados a redondeados, cementados por carbonato cálcico. Estratificación gruesa, ausencia de matriz; calibrado relativamente bajo.

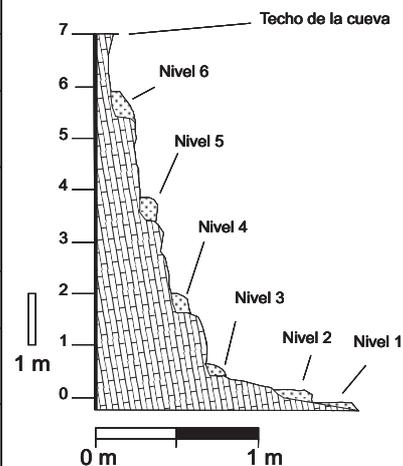


Figura 5. Esquema de la sección tipo y caracterización de los niveles de sedimentos detríticos.

*Sketch showing type-section, field features and interpretation of detrital sediment levels.*

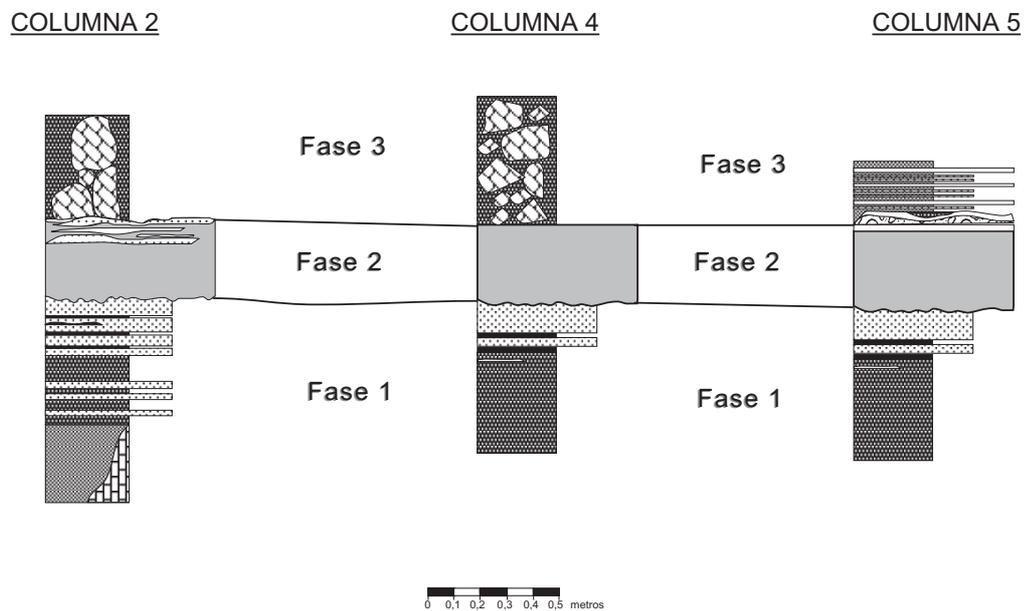
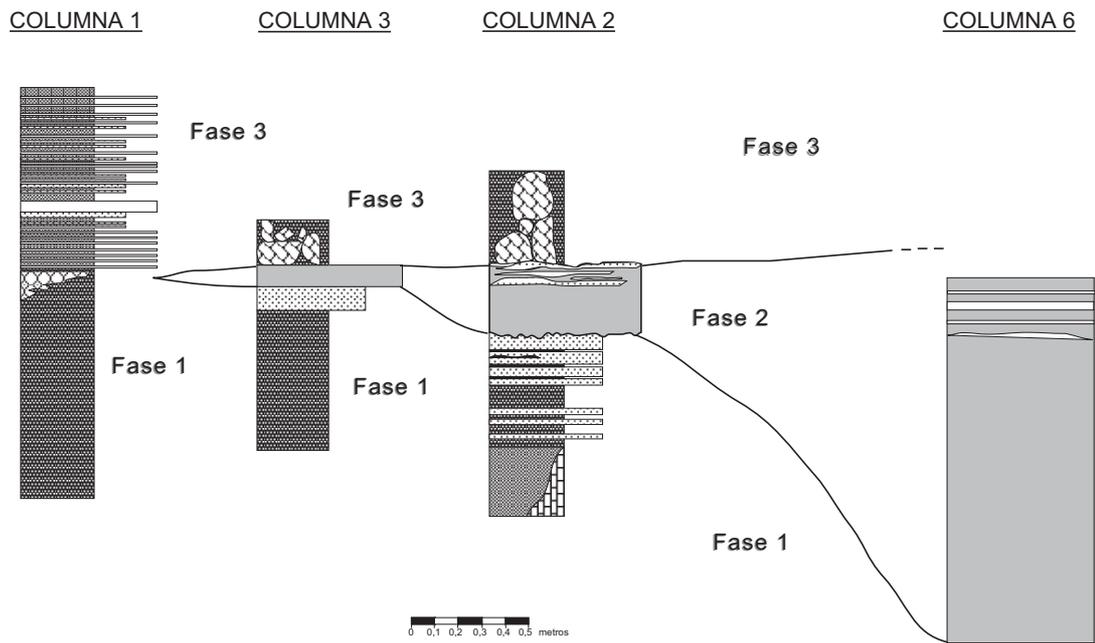


Figura 6. Columnas estratigráficas y correlaciones entre ellas en direcciones N-S y E-O.  
*N-S and E-W stratigraphic sequences correlation.*

La relación entre los depósitos fluviales antiguos y los actuales ha sido observada a unos 5 m de la zona de tránsito entre la galería turística y el sector oculto. En esta zona se ha realizado una sección tipo de la secuencia de los depósitos aluviales observados en la cueva, sintetizada en el esquema de la Fig. 6, donde aparecen reseñados las características de los depósitos, su interpretación y su posición relativa. Como nivel de referencia para la descripción, se considera el del propio lecho fluvial actual, al que se ha asignado como “Nivel 1”.

## Discusión

Los niveles detríticos localizados en el sector suroccidental, a partir de los cuales se han levantado las columnas estratigráficas, podrían ser correlacionados *a priori* con los niveles 4 y 5 de acuerdo con su posición altimétrica, considerando los datos de la secuencia correspondiente a la columna 6, que poseen unas características litológicas similares. Sin embargo, dada la existencia de importantes cambios de facies entre unos depósitos y otros, para realizar una afirmación más fiable sería precisa la realización de dataciones cronológicas y de un estudio más pormenorizado, con la realización de secciones más amplias.

Para explicar el origen de estas secuencias aluviales detríticas reconocidas en el interior de la cueva, se hace preciso recurrir al análisis de la geomorfología del entorno de la cueva del Pindal y enmarcar los datos dentro del modelo propuesto por Jiménez-Sánchez *et al.* (2002). De acuerdo con esta hipótesis, el desarrollo del karst sería anterior y/o simultáneo al desmantelamiento de la alineación montañosa de litología cuarcítica, que culmina en la rasa de Pimiango (125-170 m de altitud), y, probablemente, posterior a la formación de la rasa del Pindal (50-64 m). El factor que determina la génesis de la cueva es la red de anisotropías presentes en el macizo kárstico, principalmente las fracturas subverticales principales de dirección E-O (F1) y su intersección con otro sistema subhorizontal (D1). El origen de la cueva debe incluir una fase de apertura en condiciones freáticas, siguiendo el eje de la cavidad, y otra posterior de carácter vadoso que incluiría la entrada de distintas fases de aporte de sedimentos alóctonos, el ensanchamiento por procesos de colapso en relación con los sistemas de diaclasas anteriormente descritos, y finalmente la precipitación de espeleotemas fosilizando ambos tipos de depósitos.

Como se ha puesto de manifiesto anteriormente, el frente de la rasa de Pimiango se encuentra desmantelado por la actuación de diferentes cursos torrenciales que han originado la aparición de abanicos aluviales superpuestos al macizo calcáreo en que se ubica la cueva. La infiltración de agua procedente de estos cursos torrenciales cargada de sedimentos y su circulación posterior por el interior del macizo kárstico explicaría la presencia de las secuencias de depósitos aluviales observados en el interior de la cueva y descritos en este trabajo.

En lo que respecta a la evolución actual de la cueva, las incisiones lineales y depresiones cerradas existentes, sugieren la existencia de un posible nivel inferior activo de cueva cuyo techo se encuentre en fase de colapso incipiente. La dinámica hídrica está controlada por la actuación de procesos de infiltración y goteo de aguas, precipitación química, procesos de colapso del techo de la cavidad y circulación intermitente del cauce subterráneo, con el retrabajamiento de los depósitos de los niveles 1 y 2 de la secuencia aluvial descrita en la sección tipo.

## Conclusiones

El análisis de los depósitos detríticos de origen aluvial existentes dentro de la cueva del Pindal ha permitido reforzar el modelo preliminar existente acerca de la evolución geomorfológica de la cueva y el macizo kárstico en que se ubica. El estudio realizado hasta el momento constituye la base para la realización de estudios hidrológicos y paleoambientales susceptibles de ser desarrollados en el futuro, resultando imprescindible la realización de dataciones absolutas que proporcionarán una referencia cronológica para los eventos estudiados en la cueva y constituirán edades mínimas para la formación de los niveles de rasa reconocidos.

## Agradecimientos

El presente trabajo presenta parte de los datos obtenidos durante la realización del contrato de investigación CN-98-216-B1 entre el Departamento de Geología de la Universidad de Oviedo y la Consejería de Cultura del Principado de Asturias (1998-99), organismo al que hacemos constar nuestro reconocimiento. Agradecemos a D. Jorge Camino, Arqueólogo de la Consejería de Cultura, su inestimable apoyo a lo largo de la realización del trabajo, y a D<sup>a</sup> María Pumariega y D. Xosé Firmu García, personal responsable de la cueva del Pindal, su amable asistencia durante las tareas de campo. Este trabajo se ha desarrollado dentro de las actividades del Grupo de Trabajo Español del Proyecto ICGP-448 “Correlación mundial de los ecosistemas kársticos” del Programa Internacional de Correlación Geológica, financiado por la UNESCO.

## Referencias

- Fernández-Iglesias, E. y Marquínez (2002). Zonación morfodinámica e incidencia antrópica en los estuarios de Tina Mayor y Tina Menor (Costa Cantábrica). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 15, 141-157
- Flor, G. (1983). Las rasas asturianas: ensayos de correlación y emplazamiento. *Trabajos de Geología*, 13, Univ. Oviedo, 65-81.
- Ford, D. y Williams, P. (1989). *Karst geomorphology and hydrology*. Unwin Hyman.
- Jiménez-Sánchez, M., Anadón-Ruiz, S., Farias, P., García-Sansegundo, J. y Canto-Toimil, N. (2000). *Estudio geomorfológico de la Cueva del Pindal (Pimiango, Ribadedeva)*. Informe inédito. Consejería de Cultura del Principado de Asturias.
- 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.
- Martínez García, E., Corrales, I., Valladares, I., Méndez, I., Ramírez del Pozo, J., van Ginkel, A.C., Lamoida, M., Moreno de Castro, E. y Marcos, A. (1980). *Memoria y Mapa Geológico de la Hoja de Llanes (nº 32)*. Escala 1:50.000 plan MAGNA. IGME. Segunda serie. Primera Edición.
- Marquínez, J. (1987). Estudio geológico del sector SE de los Picos de Europa (Cordillera Cantábrica, NO de España). *Trabajos de Geología*, 10, Univ. Oviedo, 295-308.
- Mary, G. (1983). Evolución del margen costero de la Cordillera Cantábrica en Asturias desde el Mioceno. *Trabajos de Geología*, 13, Univ. Oviedo, 3-35.
- Ramírez del Pozo, J. M., Portero, J. M., Olivé, A., Martín Alafont, J. M., Aguilar, M. J., y Giannini, G. (1976). *Memoria y Mapa Geológico de la Hoja de Comillas (nº 33)*. Escala 1:50.000, plan MAGNA. IGME. Segunda serie. Primera Edición.
- Obeso Amado, R., Rodríguez Calvo, G., Santa Eugenia Morilla, J., Menéndez Rato *et al.* (1996). *La Cueva del Pindal*. Informe preliminar. Consejería de Cultura del Principado de Asturias.