

LA CUEVA DE EL SIDRON (BORINES, PILONA, ASTURIAS): PRIMEROS RESULTADOS

J. Fortea¹, M. de la Rasilla¹, E. Martínez², S. Sánchez-Moral³, J. C. Cañaveras⁴,
S. Cuezva³, A. Rosas⁵, V. Soler⁶, R. Julià⁷, T. de Torres⁸, J. E. Ortiz⁸, J. Castro⁶,
E. Badal⁹, J. Altuna¹⁰ y J. Alonso¹¹

RESUMEN

Se exponen los resultados preliminares de las excavaciones arqueológicas llevadas a cabo en la Cueva de El Sidrón entre 2000 y 2002, de acuerdo con los tres objetivos principales que conciernen al registro fósil humano: las características antropológicas, cómo y cuándo llegaron allí y la relación entre fósiles y cultura. Las primeras conclusiones obtenidas son que los restos humanos pertenecen al Neandertal, que el registro arqueológico corresponde a un tecno-complejo del Paleolítico Medio y que están en posición secundaria.

Palabras clave: *Paleolítico medio, Neandertal, geomorfología y sedimentología kárstica, cronometría: paleomagnetismo, U/Th, ARRD, Asturias.*

ABSTRACT

We expose the preliminary results of the archaeological excavations developed between 2000-2002 in Sidrón's Cave, according to the three main objectives that concern the human fossil record: the anthropological characteristics, how and when they arrived there and the relation between fossils and culture. We conclude preliminarily that the record belongs to *Homo Neanderthalensis*, archeological remains to the Middle Paleolithic techno-complex, and they are in a secondary position.

Key words: *Middle Palaeolithic, Neandertal, geomorphology and karstic sedimentology, chronometry: paleomagnetism, U/Th, ARRD, Asturias.*

Introducción

El conocimiento de la cueva de El Sidrón en los ámbitos de la investigación prehistórico-espeleológica arranca con la publicación de T. Pinto (1975) y, entre otros, con el hallazgo fortuito en 1994 de dos hemimandíbulas en una galería interior situada a unos 220 m de la más próxima boca de entrada hoy

practicable. A partir de esa última fecha se inicia un largo expediente administrativo, que culmina con la realización de un primer proyecto en 1999, y de otros posteriores, entre 2000 y 2003, en los que se llevaron a cabo excavaciones arqueológicas (Fortea *et al.*, en prensa).

El primer análisis de dichas hemimandíbulas fue realizado por el Instituto Anatómico Forense (IAF)

¹ Área de Prehistoria. Universidad de Oviedo. 33011 Oviedo, España.

² Departamento de Geología. Universidad de Oviedo.

³ Departamento de Geología. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid.

⁴ Departamento de Geología. Universidad de Alicante.

⁵ Departamento de Paleobiología. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid.

⁶ Instituto de Productos Naturales. CSIC. Tenerife.

⁷ Instituto Jaume Almera, CSIC. Barcelona.

⁸ ETS de Ingenieros de Minas. Universidad Politécnica de Madrid.

⁹ Departamento de Prehistoria y Arqueología. Universidad de Valencia.

¹⁰ Sociedad de Ciencias Aranzadi. San Sebastián.

¹¹ Federación Asturiana de Espeleología.

concluyendo que correspondían a *Homo neanderthalensis* (Prieto *et al.*, 1998). Posteriormente, un segundo análisis efectuado por B. Vandermeersch y M. D. Garralda proponía su adscripción al *Homo sapiens sapiens* con características muy arcaicas. Dada la contradicción entre ambos informes, se solicitó un tercero a E. Aguirre y A. Rosas, según el cual pertenecen al *Homo neanderthalensis* (Rosas y Aguirre, 1999a, b).

En este trabajo se persiguen tres objetivos principales quedando definidos por tres preguntas básicas: 1.^a ¿Cuáles son las características antropológicas de los fósiles de El Sidrón?; 2.^a ¿Cómo llegaron los fósiles allí?; y 3.^a ¿Existe alguna relación entre la cultura humana y los fósiles? Los actuales trabajos de campo asumen como hipótesis el informe y posteriores publicaciones de Rosas y Aguirre sobre los fósiles: *Homo neanderthalensis*, que, además, podrían situarse en un momento relativamente antiguo del proceso de neandertalización (Rosas y Aguirre, 1999a, 1999b, 2000). Otros trabajos generales (Egocheaga, *et al.*, 2000; Prieto *et al.*, 2001) o particulares sobre dientes, un húmero y un hioides, todos procedentes de la colección del IAF, asumen también aquella clasificación. Con todo, la propia adscripción taxonómica y, particularmente, las implicaciones cronológicas aportadas por el estudio comparativo deben ser contrastadas por vías independientes, sin excluir posibles resultados contradictorios.

El contexto físico

Las características geomorfológicas y sedimentológicas del área de El Sidrón

Geológicamente se encuentra situada en el Surco de Oviedo-Infiesto (Gervilla *et al.*, 1978) o Depresión Longitudinal (Martínez García, 1989), constituida por sedimentos mesozoicos y terciarios limitados al N y S por relieves paleozoicos.

En el área de la cueva, la serie sedimentaria muestra la existencia al N de rocas de edad paleozoica. Las más antiguas son las cuarcitas del Ordovícico inferior seguidas por pizarras negras con capas sedimentarias de hierro y manganeso. Se superpone una sucesión carbonífera con calizas rojas, calizas negras laminadas y pizarras con intercalaciones de calizas. En discordancia se halla una sucesión detrítica rojiza de edad pérmica y tras otra discordancia, comienza la sucesión mesozoica, con calizas jurásicas seguidas en discordancia por calizas cretácicas. Por último y también en discordancia, se superponen areniscas y conglomerados del Terciario. En la base del Terciario existen unos 3 ó

4 m de arenas, gravas y arcillas de origen continental y color anaranjado, dispuestas en disconformidad y en contacto tectónico sobre las calizas pseudobrechoides del Cretácico marino. Siguen conglomerados calcáreos predominantes con diversos tamaños de cantos y de grados de rodamiento, en los cuales ha sido excavada la cueva de El Sidrón.

En conjunto puede hablarse, para los materiales terciarios, de una serie alternante de conglomerados carbonatados con niveles de areniscas de grano fino a medio, con claro predominio de los primeros. Las láminas delgadas muestran que en los conglomerados predominan los cantos sobre el cemento, que la mayoría de los cantos son carbonatados y que el cemento es predominantemente calcítico (esparítico y micrítico), hecho que favorece la disolución de estos niveles frente a los niveles areniscos, mucho menos solubles, condicionando la morfología de la cavidad. Los conglomerados incluyen bloques y cantos de rocas jurásicas, cretácicas, pérmicas y carboníferas y, lateralmente, pasan a areniscas limosas con arcilla y cemento carbonatado, de color anaranjado, llegando a alcanzar varios metros de espesor.

Cerca de la base de los conglomerados se encuentra una capa de 1 m de espesor como máximo, que presenta un gran interés como capa guía, tanto desde el punto de vista geológico y espeleológico. Está constituida por bloques y cantos de tamaño muy variable, entre varios decímetros y unos milímetros, que tienen la particularidad de presentar un recubrimiento continuo de color negro, constituido por Fe y Mn principalmente, de grosor milimétrico. En el cemento de la capa predominan los granos de cuarzo, algo de carbonato y abundantes minerales opacos (Fe y Mn). Los constituyentes de la capa están siendo analizados en la actualidad. La peculiaridad de estos cantos los hace fácilmente distinguibles y permiten observar diversas fases hidrodinámicas diferentes en los materiales de relleno de la cavidad. En general, la presencia de estos cantos negros indica episodios de alta energía, que pueden estar directamente relacionados con entradas de material alóctono, como la que representan los sedimentos detríticos de la Galería del Osario.

Los procesos de karstificación que dieron lugar a la formación de la cavidad y todo el sistema en el que se encuadra, afectan fundamentalmente a la serie sedimentaria del Terciario. Dichos procesos se realizaron a partir de una paleored fluvial de dirección predominante NNE-SSW y NW-SE condicionada a su vez por la red de fracturas de edad terciaria y anterior, a la que se superpone a principios del Pleistoceno otra con directriz principal E-W, que sigue fallas de la etapa distensiva. Esto se

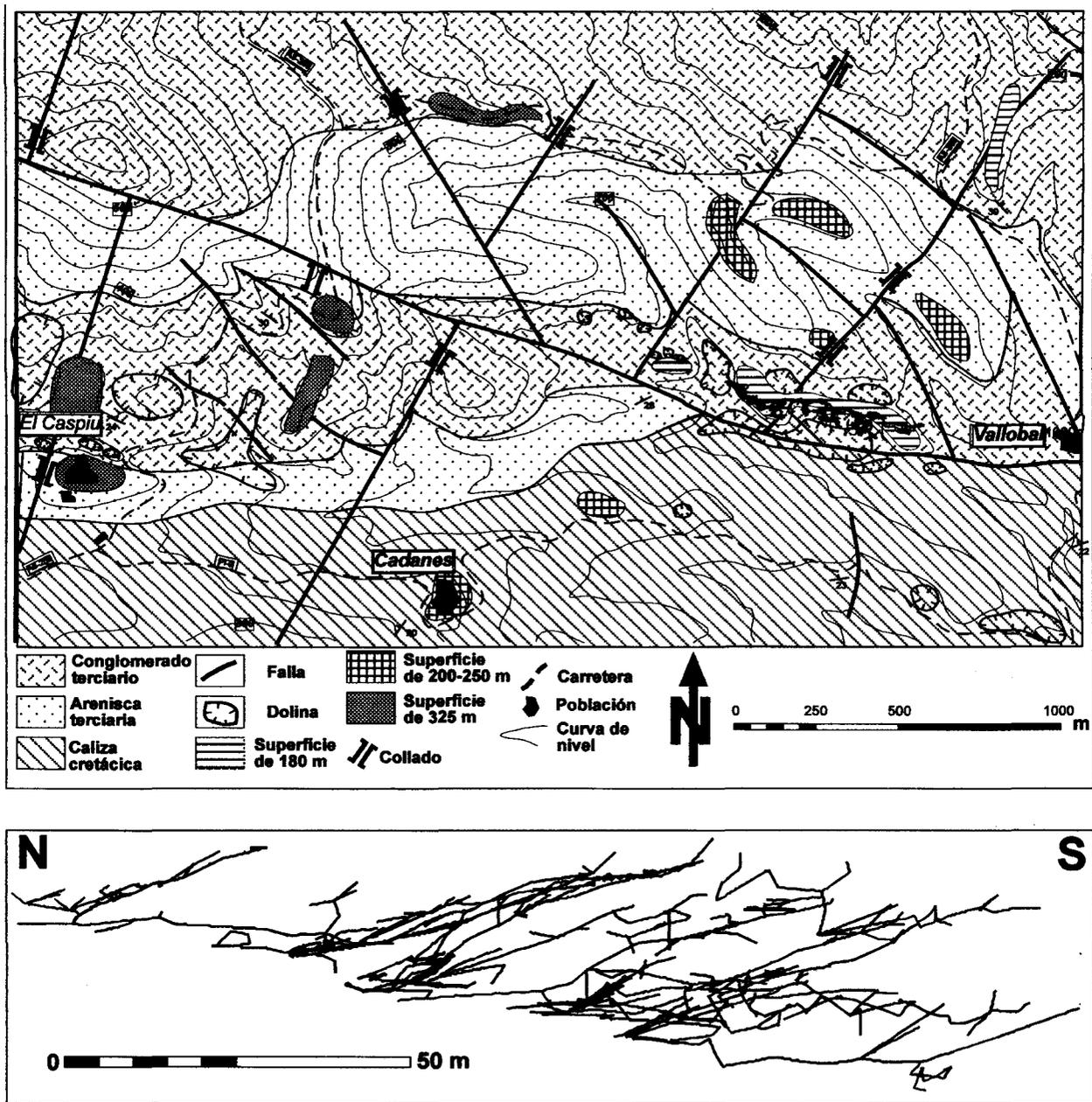


Fig. 1.—Mapa geomorfológico del área de El Sidrón. Perfil proyectado de la cueva.

observa claramente en la disposición de los collados que se encajan en las paleosuperficies de erosión (fig. 1).

Se observa la existencia de varias superficies de erosión sucesivas y encajadas unas en otras a altitudes de 490, 325, 250 y 180 m, situándose el cauce actual de la Riega de La Infiesta a unos 155 m. En la superficie de 180 m se ha desarrollado una inten-

sa actividad de formación de dolinas, las mayores de las cuales tienen formas alargadas NE-SW y el conjunto sigue una orientación E-W, afectando sobre todo a los conglomerados inferiores del Terciario, mientras que las calizas cretácicas situadas más al S presentan sólo dolinas pequeñas y sin orientación clara (fig. 1). El perfil transversal de la cueva muestra que las galerías se desarrollan en

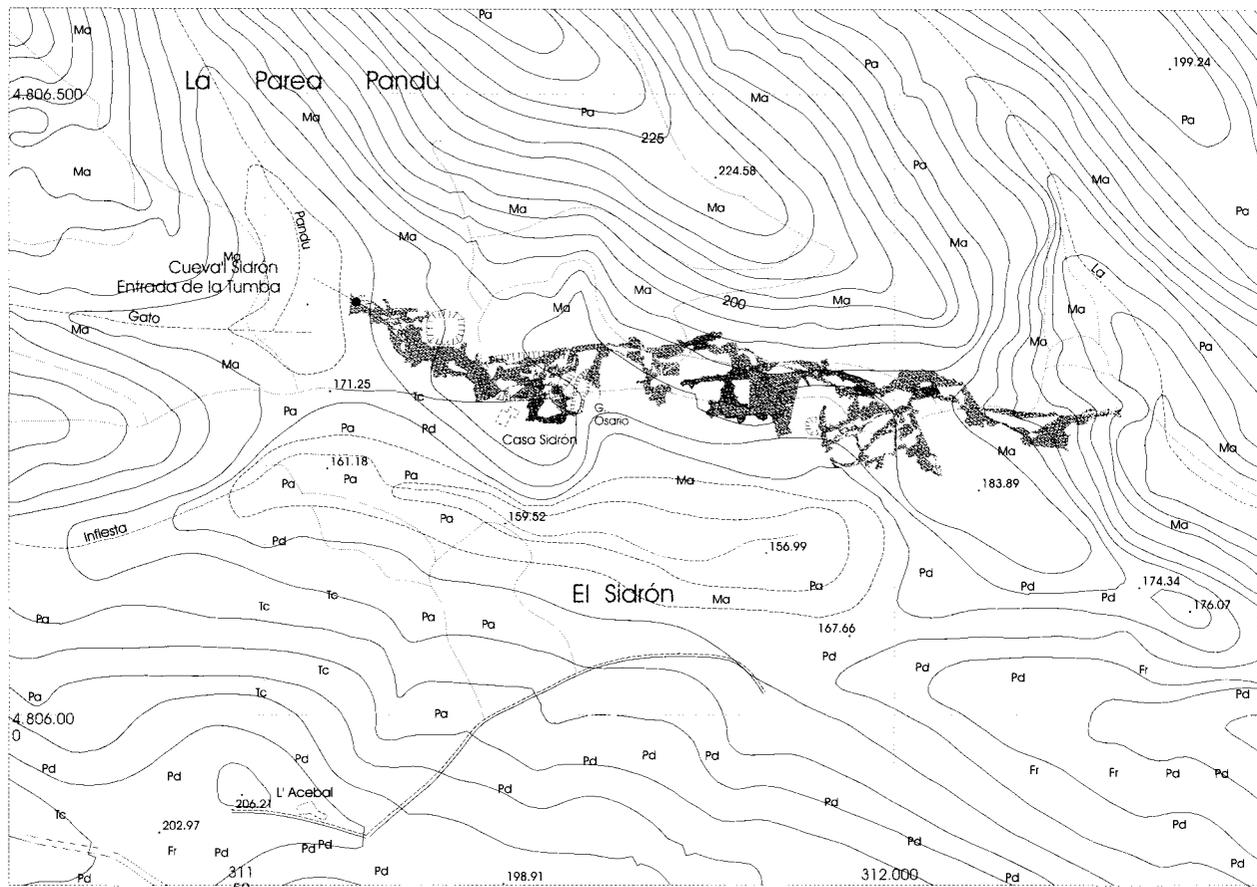


Fig. 2.—Parcial de la hoja Borines, n.º 30/5-6 del mapa 1:5.000, con la superposición de la cueva e indicación de las dolinas más próximas.

altura siguiendo el buzamiento de las capas de areniscas terciarias, de entre unos 20 y 30° hacia el N, por el derrumbamiento de esos materiales poco resistentes (fig. 1).

La cueva se ha ubicado principalmente desde su origen en la zona vadosa del sistema, en la que predominan los fenómenos de disolución sobre los de precipitación y formación de espeleotemas, así como la entrada de materiales detríticos procedentes del exterior. En la actualidad, los procesos de karstificación siguen muy activos, situándose el nivel freático por debajo del nivel de la Cueva de El Sidrón. La entrada de la cueva denominada de La Tumba se sitúa unos 6 m por encima del arroyo de Pandu, antes de la confluencia con el arroyo Gato, al N de un umbral de unos 10 m de altitud y dirección E-W, situado entre dicho sumidero y la Riega de la Infiesta, que corre en dirección E-W a unos 150 m de distancia hacia el S y desaparece también en una gran dolina alargada E-W.

Descripción física de la cavidad y sus conexiones exteriores

Topografía

Los principales tramos son: Sector de Entrada, Galería del Río, Sector de Salida, Laberintos Laterales y Galería del Osario (fig. 2), cuya descripción omitimos aquí salvo la de esta última (fig. 3), que comienza en el lateral sur de la Galería del Río, a unos 220 m de la Entrada de La Tumba (X = 311.572,466; Y = 4.806.332,872; Z = 164,230). Su acceso, actualmente protegido, consta de dos entradas de morfología dispar, la principal con características freáticas, y una secundaria probablemente originada por anastomosis.

Inmediatamente, y tras unos bloques de mediano tamaño, encontramos dos puentes de roca verticales, que marcan el comienzo de la zona sedimentaria actualmente en estudio. Progresando por

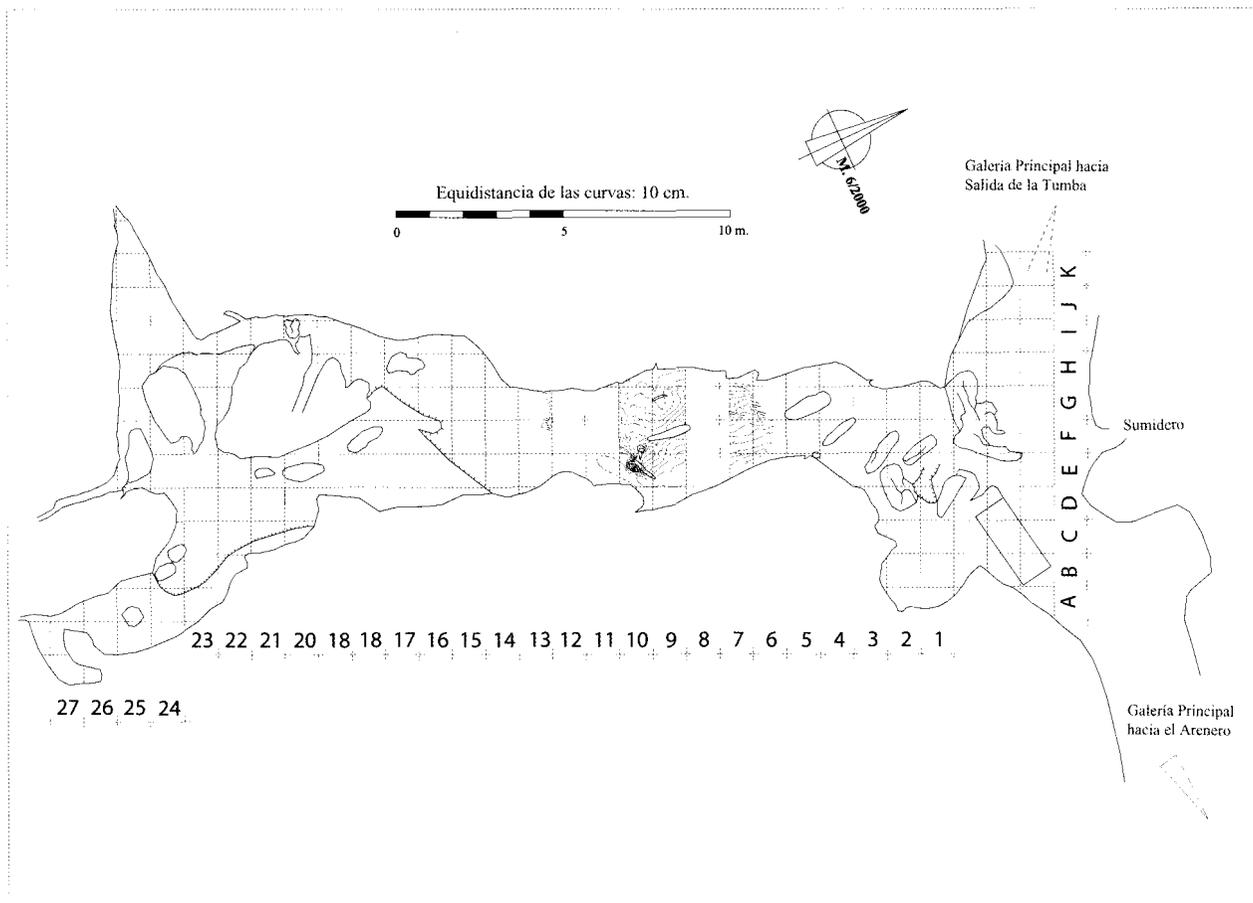


Fig. 3.—Plano de la Galería del Osario.

el lateral izquierdo de la galería, alcanzamos el final de los sedimentos y accedemos a un ensanchamiento concrecionado en el que se hace patente la presencia de una infiltración permanente cuyo origen aún no se ha podido determinar. Progresando hacia el sur, el conducto se bifurca en algunos lugares, volviendo a unirse de nuevo hasta alcanzar un meandro frontal ascendente que se torna impenetrable a los pocos metros. Un laminador lateral progresa hacia el oeste hasta que se colmata de sedimento. Correlacionando la situación de este laminador con la topografía exterior, encontramos una relación evidente con una amplia y profunda dolina que pudo ser el origen de esta galería. Si esta hipótesis es cierta, debe existir un sector del conducto actualmente obstruido y que pudo constituir un acceso antiguo a la cavidad y, en función de la morfología de los pasajes explorados en esta zona, no es descartable que permitieran un tránsito relativamente cómodo y rápido al interior de la cueva.

Evolución de la cavidad

La cavidad se puede considerar como un tubo de presión que se extiende de NNO a SSE unos 600 m, con un tramo central de unos 200 m casi O-E. Las ramificaciones laterales llevan dirección NE-SO a N-S, espaciadas entre 50 y 100 m. Sólo las situadas a unos 150 m de la salida E (zona de Salelagua) llegan a anastomosarse y se complican en un laberinto que sigue direcciones NW-SE y NE-SO aproximadamente, lo que demuestra la existencia de un apreciable control estructural. Ese control también se observa en los perfiles, que muestran un desarrollo vertical siguiendo en su mayor parte la estratificación de los conglomerados terciarios.

Condicionamiento tectónico: se debe al trazado de las fracturas ocurridas en el Terciario, al final de la compresión alpina como hemos dicho antes. La expresión de la falla principal, de trazado E-W, apenas se observa en la superficie, excepto por alguna pared de corte vertical y poca altura en los conglo-

merados, pero se puede seguir fácilmente en el techo de la cueva, observándose a veces el perfil estrecho y alto del tubo. Por otra parte, el tubo muestra la existencia de galerías transversales, generalmente poco desarrolladas, pero que pueden alcanzar una altura considerable, y en el techo de las mismas se observa también la existencia de las trazas de fracturas de menor desarrollo que la principal. Una de ellas es la Galería del Osario, donde se descubrieron los restos humanos. Esa galería transversal se estrecha en su extremo sur, pero existen muchas posibilidades de conexión de la misma con una dolina cercana y su posible cierre posterior debido a desprendimientos o rellenos externos.

Condicionamiento estratigráfico: en general, el tubo adquiere un perfil redondeado en el tercio inferior, pero acuñándose en altura, por la erosión y desprendimientos causados sobre todo a lo largo de la falla en los tramos de areniscas arcillosas. La parte basal del tubo es algo menos cóncava que las paredes y suele coincidir con la capa de cantos y cemento negro que hemos descrito en la estratigrafía. Al buzar la misma unos 20° o 30° hacia el N y ser el espesor de la capa de alrededor de 1 m, el espacio horizontal que ocupa sobre ella el suelo de la cueva es de cerca de 1,35-1,50 m. La pendiente media de la cueva es de 14⁰/₀₀, lo que es una prueba fehaciente del control estratigráfico ejercido por la capa, al ser mucho más resistente que las contiguas y condicionando así el trazado de la cueva y su anchura. En general, se puede observar que las cavidades se desarrollan mucho mejor en los tramos conglomeráticos por disolución, mientras que en los areniscosos progresa por desmoronamiento y arrastre.

La intervención arqueológica

De forma general, el planteamiento de las intervenciones arqueológicas en las campañas realizadas fue, en primer lugar, valorar las remociones no regladas efectuadas en la Galería del Osario desde 1994 hasta su cierre en 1998 y, en segundo lugar, abrir cuatro sondeos en diferentes sectores de la misma para el establecimiento de cortes: I-J/24-25, E/23-24, F-G/11-12 y E-H/7-8 (fig. 3). Además se realizaron veintiséis perfiles de georradar en el sector donde aparecieron los restos óseos (EFGH 6-12) y un sondeo en el relleno de la dolina exterior, que taponaba la entrada sur y las chimeneas de la Galería del Osario.

En ese sondeo se observó que existía una clara relación entre la posición de las simas y cavidades exteriores, con las fracturas detectadas en el interior de la cueva, sobre todo con las fracturas de dirección aproximada N-S. Asimismo se puso de mani-

fiesto que la karstificación ocurría en los niveles conglomeráticos, mientras que los arenosos estaban conservados casi en todo su espesor, existiendo cierta disolución paralela al estrato en el tramo conglomerático situado por encima. Lo más importante fue comprobar que las simas, alineadas N-S, estaban rellenas por arcillas con cantos cuarcíticos de pequeño tamaño, aumentando éste hacia abajo hasta llegar a ser bloques redondeados junto al estrato arenoso, lo que parece demostrar que seguramente existía una circulación hídrica a lo largo de grietas y diaclasas, aunque no se observaran huecos suficientemente grandes para permitir la entrada de individuos. Sin embargo, es muy probable que estas diaclasas y grietas se comunicasen con las existentes en el interior de la Galería del Osario, donde aparecen multitud de cantos negros cuarcíticos iguales a los existentes en el exterior.

Al llegar a la profundidad de 4 m, se siguió la rampa formada por la arenisca rojiza hasta alcanzar a la superficie horizontal primitiva donde ésta erosionaba los tramos inmediatamente infrayacentes, que se encontraban, asimismo, afectados por la karstificación, y en el cual aparecieron simas con amplitud suficiente para permitir el paso de individuos, aunque actualmente están rellenos por arcillas con costras calcáreas. Es casi seguro que esos conductos se comunicaban directamente con la Galería del Osario. A partir de las conclusiones obtenidas en ese sondeo exterior, se determinó efectuar una tomografía eléctrica para reconocer el subsuelo en una extensión mayor. Dicha tomografía fue realizada entre el sondeo exterior y el cauce actual del río Gato, localizándose la falla maestra del bloque N de la Depresión Longitudinal y también que el desnivel actualmente existente al N de la dolina es, en realidad, un escarpe de retroceso de la falla principal, que, muy probablemente, en la etapa de poblamiento del área, era más acusado y muy próximo al río, lo que habría facilitado la entrada de avenidas en la cueva en época de crecidas.

Caracterización del relleno sedimentario de la Galería del Osario

Con objeto de caracterizar los sedimentos que rellenan parcialmente esta galería, en una primera fase se han seleccionado tres de los cortes abiertos en la excavación arqueológica y se han estudiado de forma coordinada con los muestreos llevados a cabo para la realización de dataciones por U/Th, Paleomagnetismo y OSL. La selección de las tres columnas se realizó en función de su posición en la galería y de los resultados previos en cuanto a la recuperación de material antropológico y arqueológico.

Corte 1. Con un espesor de sedimentos accesible para su estudio de 227 cm, se sitúa en la parte más alta del tubo kárstico y con alta probabilidad muy próximo a la zona de entrada de material detrítico procedente de la red fluviokárstica exterior. I-J/24-25 (fig. 4).

Corte 2. Columna de sedimentos de 153 cm correspondiente a un depósito topográficamente por debajo del anterior que rellena un estrechamiento del tubo kárstico. F-G/11 (fig. 4).

Corte 3. Columna de sedimentos de 96 cm de espesor en el momento de su estudio (septiembre, 2002) con mayor anchura que los anteriores y menor pendiente deposicional. En él se localizaron los principales restos fósiles y líticos y es el corte más próximo al entronque de la Galería del Osario con la galería principal. Se levantaron dos perfiles 3-A (E-F/8) y 3-B (G-H/8) (fig. 4).

La identificación de pequeñas discontinuidades composicionales no observables a simple vista, puede ser facilitada mediante la realización de medidas de la susceptibilidad magnética de los sedimentos acumulados. En el caso de rocas y sedimentos es, además, una medida de su contenido en minerales ferromagnéticos y oscila significativamente en función del estado de oxidación en que se encuentran. El entorno ideal para hacer de la susceptibilidad un parámetro con significado medioambiental, lo representan las secciones de sedimentos homogéneos de grano fino o muy fino, en las cuales las diferencias de área fuente, condiciones de transporte y deposición, suelen tener un reflejo en los perfiles de susceptibilidad. Con este fin, en cada perfil se han efectuado medidas de la susceptibilidad magnética de los sedimentos en el propio yacimiento arqueológico mediante un equipo portátil de la firma Bartington modelo MS2, provisto de sensor MS2F para la medida directa sobre los perfiles. En todos ellos se han realizado las mediciones de muro a techo salvo en el Corte 1 debido a las limitadas dimensiones que presenta este perfil en su parte inferior.

A partir de los datos anteriores y de las observaciones directas, en cada uno de los cortes se procedió al levantamiento de una columna estratigráfica de detalle con toma de muestras para la caracterización sedimentológica de cada nivel identificado. Dicha caracterización consistió en la realización de análisis granulométricos mediante cribado en seco de las muestras y empleo de la balanza de sedimentación para la fracción lutítica, así como el análisis de la composición mineralógica. La escala granulométrica utilizada en las descripciones de cada tramo ha sido la siguiente: Arcilla y limos medios/finos (< 22 µm). Limos gruesos (entre 22 y 63 µm). Arenas muy finas y finas (entre 63 y 250 µm). Arenas grano medio y grueso (entre 250 µm-500 µm). Are-

nas grano grueso (entre 0,5 y 2 mm) Gravas finas (entre 2 y 10 mm.). Gravas gruesas (> 10 mm).

La difracción de rayos X ha sido utilizada como método principal de análisis de la composición mineralógica de muestras pulverizadas. Los análisis han sido realizados en un difractómetro de rayos X PHILIPS PW-1710, operando a 40 Kv y 30 mA con radiación monocroma Cu Ka. Las muestras, en polvo total, han sido rodadas desde 3° hasta 65°. En muestras lutíticas se han realizado difractogramas de polvo total (3° a 65°) y un tratamiento especial con la fracción < 64 µm, consistente en la realización de Agregados Orientados (A.O.), tratamiento con Etilenglycol A.O. calentado a 110 °C y a 550°, con un rodaje particular entre 2° y 20°. Asimismo, un microscopio electrónico con *scanning* ambiental Phillips Quanta 200 equipado con sistema analítico de energía dispersiva de rayos X (Oxford), fue utilizado para examinar algunas muestras frescas manteniendo su humedad natural.

Descripción y resultados de los perfiles

Corte 1 – I-J/24-25. 227 cm

Se han distinguido seis tramos diferentes compuestos en su mayor parte por sedimentos detríticos con predominio del cuarzo en su composición mineralógica. De muro a techo son los siguientes:

— Tramo 1. 50 a 55 cm de arcillas limo-arenosas pardas con intercalaciones de laminaciones arenosas claras y algunas acumulaciones de materia orgánica y/o nódulos de Mn. Hacia techo van pasando a arenas con algunas gravas en secuencia granocreciente. El cuarzo es el principal componente mineral en todo el tramo disminuyendo hacia techo e incrementándose la proporción de calcita y caolinita.

— Tramo 2. 5 a 15 cm de gravas granosostenidas en relleno de canal erosivo sobre el paquete anterior. Hacia techo incrementa el tamaño medio de las gravas (de 3 a 5 cm). Las gravas pasan en continuidad sedimentaria a un nivel arcilloso-limoso de tonos anaranjados a crema de 1-2 cm.

— Tramo 3. 60 a 70 cm de un depósito caótico de cantos principalmente carbonáticos que en la base presentan pátinas negras ricas en óxidos de Mn. No presenta estructuras ni rasgos de corriente. A techo aparece una fina colada estalagmática centimétrica de composición mayoritariamente calcítica.

— Tramo 4. 20 a 25 cm de arenas muy finas limo-arcillosas de tonos ocres que presentan laminación paralela y estratificación cruzada. Las arenas aparecen dispuesta en niveles centimétricos con intercalaciones de niveles de 1 a 3 mm de arenas blancas algo más gruesas y bien seleccionadas. Hacia techo van haciéndose progresivamente más finas en una secuencia granodecreciente. Composicionalmente y en contraste con los tramos anteriores, destaca la aparición de pequeñas proporciones de feldespato potásico en un depósito mayoritariamente compuesto por cuarzo.

— Tramo 5. 10 a 13 cm de gravas granosoportadas similares a las del Tramo 2, pero mejor seleccionadas y con matriz arenosa. Lateralmente pasan a arenas gruesas. Entre las gravas, con un tamaño medio de 2 a 3 cm, aparece algún canto con pátina negra. El tramo queda bien definido por un incremento significativo de los valores de susceptibilidad magnética.

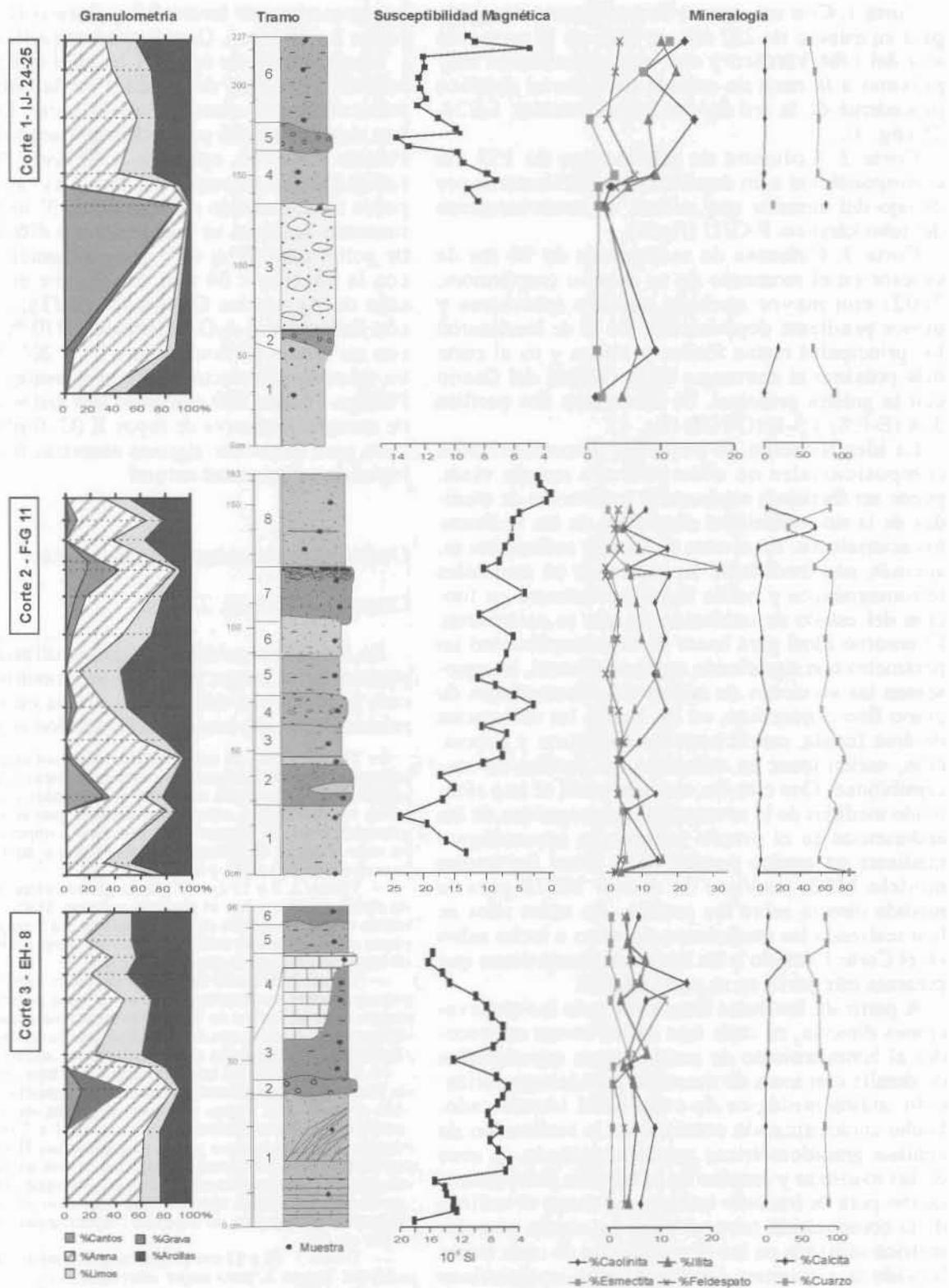


Fig. 4.—Perfiles estratigráficos de los principales cortes estudiados en los que se representan las características granulométricas, mineralógicas y propiedades magnéticas de los niveles identificados.

— Tramo 6. Arenas limo-arcillosas (con abundante caolinita) a muro que progresivamente van pasando a lutitas arenosas de color ocre y predominio de esmectitas entre los filosilicatos y con laminación paralela e intercalaciones de finos niveles arenosos blancos bien seleccionados, que muestran valores muy bajos de susceptibilidad magnética. Son similares a la parte alta del tramo 4. Son comunes las estructuras de escape de fluidos en las zonas de alternancia lutita/arena.

Corte 2 – F-G/11. 153 cm

De muro a techo se han distinguido ocho tramos detríticos diferentes, con el cuarzo como principal constituyente mineral y caolinita e illita como minerales de la arcilla más abundantes:

— Tramo 1. 25 a 30 cm de alternancia de arenas limosas y lutitas arenosas pardas dispuestas en niveles centimétricos. A muro se distingue laminación paralela muy marcada en los tramos más arcillosos. Hacia techo va aumentando el tamaño de las arenas en secuencia granocreciente.

— Tramo 2. 20 cm de gravas finas a gruesas (1-2 cm) con matriz arenosa y selección pobre, alternado con niveles limo-arenosos en rellenos de canal. Entre los paquetes de gravas aparece algún canto mayor de 10 cm. A techo, arenas claras bien seleccionadas.

— Tramo 3. 10 a 12 cm de arenas limosas con laminación paralela y selección moderada a buena.

— Tramo 4. 13 a 15 cm de lutitas arenosas con cantos centimétricos (de 2 a 10 cm) muy mal seleccionadas y sin estructuras sedimentarias aparentes.

— Tramo 5. 15 a 17 cm de arcilla limosa ocre con algún canto centimétrico disperso.

— Tramo 6. 15 a 17 cm de limos arcillosos que se hacen más arenosos lateralmente y con pequeños canales de grava a techo.

— Tramo 7. 20 a 25 cm. En contacto netamente erosivo con el tramo anterior, material grosero que comienza con arenas gruesas mal seleccionadas con gravas finas y gruesas (1 cm) y lutitas, en las que se aprecian acumulaciones de óxidos de Mn. Hacia techo en secuencia granocreciente pasan a gravas gruesas arenosas con grandes cantos centimétricos (2-3 cm) y siguen hasta gravas muy gruesas con cantos que llegan a los 20 cm en la parte superior del depósito. En esa zona se observan abundantes restos de material carbonoso (turba) y un fuerte incremento de la illita entre los filosilicatos.

— Tramo 8. 35 a 40 cm. Limos arenosos a muro, con laminación paralela difusa e intercalaciones de niveles arenosos de tonos blancos y una costra blanca carbonatada (calcítica) hojaldrada. Hacia techo en secuencia granodecreciente arcillas arenosas ocre con algunos cantos blandos rojizos culminando en una nueva costra carbonatada hojaldrada.

La equivalencia de los tramos del Corte 2 con los niveles arqueológicos es: 1 = VI. 2 = V. 3,4,5 = IV. 6 = III. 7 = IIA/IIB. 8 = IA/IB.

Corte 3 – 3-A (E-F/8). 96 cm

— Tramo 1. 36 a 40 cm de alternancia de arenas finas claras y arcillas limosas pardas. Se distinguen dos zonas que varían lateralmente de espesor: una inferior de 18 a 40 cm laminada; y una superior de 18 cm. La zona inferior del tramo consiste en una alternancia de arena fina bien seleccionada con niveles pardos de entre 3 y 5 cm de limos arcillosos con laminación paralela. Lateralmente y hacia techo se reduce la potencia de los niveles arenosos con un aumento de la fracción lutítica sobre la arenosa. Sobre todo en la parte inferior, los niveles arenosos presentan a techo tonalidades rojas que terminan en una lámina negra. La zona superior es más arenosa, con finos niveles arci-

llo-limosos pardos con laminación cruzada y morfologías de depósito de acreción lateral.

— Tramo 2. En contacto erosivo con el tramo 1, entre 3 y 10 cm de gravas bien seleccionadas con cantos y matriz arenosa algo lutítica (limo-arcillosa). Tanto los cantos como las gravas presentan en algunas zonas pátinas negras y acumulaciones de óxidos de Mn. Lateralmente aparecen intercalaciones de 0,5-1,5 cm de espesor de arenas finas de tonos ocre. La composición de este tramo es mayoritariamente cuarzo con pequeñas proporciones de filosilicatos y feldespato potásico.

— Tramo 3. 12 a 30 cm de arenas finas anaranjadas en relleno de canal erosivo sobre el tramo anterior y arcillas limosas pardas. Este tramo está formado por un nivel inferior de 6 cm de arenas finas anaranjadas arcillo-limosas que en continuidad sedimentaria pasan a un nivel arcillo-limoso/limo-arcilloso pardo algo arenoso de entre 3 y 15 cm de espesor, con estructuras de escape de fluidos y deformaciones por carga. A continuación, hacia techo, otro nivel arenoso fino anaranjado, más arcillo-limoso que el primero, afectado por las mismas deformaciones. A techo un nivel arcillas limosas pardas algo arenosas de entre 2 y 6 cm de espesor con laminación y finos niveles negros. Composicionalmente, en este tramo, es de destacar, en contraste con los tramos anteriores, la aparición de pequeñas proporciones de carbonato, así como un pequeño aumento en la proporción de feldespatos, más destacado en el segundo nivel arenoso, en el que además disminuyen relativamente los filosilicatos (aunque con un aumento relativo de la caolinita). En el último nivel arcilloso aumentan significativamente los filosilicatos, debido fundamentalmente por un gran aumento en la proporción de caolinita.

— Tramo 4. 2 a 26 cm de depósito caracterizado por una carbonatación masiva de aspecto tobáceo. Presenta contacto erosivo con el tramo 3. Granulométricamente se trata de una arcilla arenosa algo limosa en la que se han observado restos óseos y acumulaciones de materia orgánica. En este tramo aumenta considerablemente la proporción de calcita, con respecto a los demás tramos del corte, en detrimento de los componentes detríticos, principalmente el cuarzo. Con proporciones de feldespatos y filosilicatos ligeramente superiores que en el caso de los filosilicatos destaca el incremento de la illita frente a la desaparición de la esmectita. A techo son abundantes los agregados carbonosos formados por fragmentos vegetales muy porosos, con relleno de calcita y cuarzo.

— Tramo 5. 6 a 9 cm de arcillas limosas pardas con finas laminaciones limo-arenosas más claras que aumentan hacia techo. Composicionalmente está formada por cuarzo mayoritariamente por cuarzo con pequeñas proporciones de filosilicatos, feldespato potásico y carbonato.

— Tramo 6. Es un nivel de 5 hasta 30 cm de material que parece removido.

Se han excluido de la descripción las acumulaciones de cantos y bloques de tamaño centimétrico situadas próximas a la pared oeste. Estos cantos probablemente sincrónicos al episodio que dio lugar al tramo 3 serían acumulados en zonas de «trampa natural» delimitadas por grandes bloques de roca encajante situados en la zona de escorrentía.

La equivalencia de los tramos del Corte 3 con los niveles arqueológicos es: 1 = IVB. 2 = IVA. 3 = IIID. 4 = IIIC. 5 = IIIB. 6 = IIIA.

Modelo interpretativo preliminar del relleno sedimentario de la Galería del Osario

Las observaciones realizadas *in situ* y los datos obtenidos mediante las diferentes metodologías de

estudio empleadas, permiten realizar una primera interpretación de las condiciones en las que se produjo el relleno sedimentario de la galería en la que se han localizado los restos óseos. Nuevas campañas de estudio en coordinación con futuras campañas de excavación, permitirían la reprofundización de los cortes estudiados hasta llegar a los depósitos basales del relleno en todos ellos, así como llevar a cabo con mayor precisión y detalle los muestreos de niveles que aún plantean dudas en cuanto a su deposición y evolución diagenética temprana.

La columna de sedimentos del Corte I-J/24-25 (C-1) corresponde a una zona relativamente próxima al punto de conexión de la galería kárstica interna con el exterior. El primer tramo individualizado nos indica que la galería funcionaba como colector del sistema fluviokárstico y tributario de otro colector principal, en un régimen hidrodinámico de energía media con entrada intermitente de arenas, probablemente en épocas de incremento de flujo en la parte externa del sistema. Es muy probable que la dolina se encontrará ya ligeramente por encima del nivel freático medio y que en épocas de crecida se produzca su inundación y la entrada de material siliciclástico. Hacia el final se producirían pequeños colapsos en la zona externa que quedan representados por una mayor proporción de fragmentos de roca encajante en el depósito y la consiguiente disminución del cuarzo como consecuencia de una menor influencia del sistema fluvial y mayor peso del encajante en el aporte de material al relleno sedimentario. Esos pequeños colapsos podrían provocar estancamientos esporádicos del agua en la dolina externa conectada a la galería.

La parte alta del tramo 1 de C-1 nos indica un aumento de la energía. Este cambio hidrodinámico queda bien reflejado en las secuencias granocrecientes del tramo 6 de C-2 y del tramo 1 de C-3. En esta zona de la galería más alejada de la entrada, se registra una variación de flujo en régimen de baja energía en su parte inferior a un flujo con mayor velocidad de corriente en su parte más alta. En ese momento, la corriente presentaba ya una mayor intensidad/velocidad de flujo en el margen este del corte como indica la existencia de estructuras sedimentarias de mayor energía (estratificación cruzada), así como una tendencia al encajamiento del flujo hacia ese margen izquierdo del corte con formación de estructuras de acreción lateral hacia esa zona. En el margen oeste se producía una mayor acumulación de material lutítico, hasta un 50-60%, con depósito de arena (hasta 60%) en la zona este.

El incremento de energía se confirma con la aparición de las gravas del tramo 2 en C-1 de ese mismo perfil, que representarían una fuerte crecida en el sistema fluviokárstico externo y que quedarían

representada en la parte inferior del tramo 7 de C-2 y en el tramo 2 de la C-3. Este episodio de alta energía muestra una fuerte entrada de material alóctono más grosero y erosivo. Está constituido fundamentalmente por gravas bien seleccionadas sin estructuras sedimentarias reconocibles y cuya composición es íntegramente siliciclástica y con un predominio total del cuarzo (90%). En el margen oeste se observan finos niveles arenosos, que indicaría momentos de disminución de la energía de la corriente, al menos en este sector del canal, mientras que en el margen este del canal, donde la erosión del depósito anterior ha sido más intensa, hay presencia de algunos cantos centimétricos con pátina negra.

Las arcillas a techo de las gravas del tramo 2 de C-1 sellan el depósito representando la bajada del caudal punta de la crecida. Durante toda esa fase, la dolina quedaría inundada por un lapso de tiempo mayor que en anteriores momentos, debido a que la acumulación de bloques de las primeras fases de colapso impide la entrada de flujos de alta energía. Este hecho favorecería la acumulación de materia orgánica en el fondo de la dolina, los fenómenos de óxido-reducción con desarrollo y fijación de pátinas de oxi-hidróxidos de Mn y Fe alrededor de los cantos acumulados por la acción fluvial y el incremento de la tasa de disolución de la roca encajante.

Estos fenómenos son previos y favorecedores del gran colapso representado en el tramo 3 de C-1 en cuya base pueden observarse algunos cantos ennegrecidos junto a bloques de roca encajante. Estos materiales son producto del desmantelamiento del cúmulo principal del colapso, y localmente se pueden ver delgadas coladas estalagmíticas que cubren parcialmente el caos de bloques; el desarrollo de estas costras es típica de un período postcolapso, debido a que la zona hundida actúa como colector preferente para la infiltración de la escorrentía superficial.

El desmantelamiento de esa acumulación de bloques podría producirse de forma gradual en los primeros estadios representados por el tramo 4 de C-1 cuya base va adaptándose a los diferentes deslizamientos que tienen lugar en el caos de bloques. Esto provocaría la entrada progresiva de material acumulado en la dolina externa y el transporte de los materiales acumulados en la parte más alta de la galería prácticamente colapsada que da lugar al desarrollo del tramo 3 en C-3, en el que se han localizado restos óseos.

El tramo 5 de C-1 representa por una nueva crecida en el sistema fluviokárstico externo (similar a la del tramo 2) que probablemente provocó un fuerte aumento de la presión de carga sobre la dolina

semicolapsada en la que se habría producido una gran acumulación de material detrítico y orgánico durante un largo período de tiempo. Esta nueva reactivación en el relleno sedimentario de la galería provocó una entrada brusca de materiales mezclados procedentes de la red fluvial externa y de la acumulación producida en la zona colapsada, que queda bien representada por el tramo 4 de C-3 y a techo del tramo 7 del C-2. Estos tramos en su conjunto parecen representar un episodio de incremento de energía con fuerte entrada de material alóctono marcada por un fuerte incremento de la proporción de illita como arcilla alóctona y potencia suficiente para erosionar parte de los sedimentos acumulados previamente. Este episodio termina con una pérdida de energía relativamente rápida que favorece la deposición de las arcillas, junto a cantos y niveles de material carbonoso. El tramo 4 de C-3 se sitúa en contacto netamente erosivo sobre el tramo infrayacente más estrecho y especialmente encajado en la parte este del corte. Este canal tiene un relleno muy mal seleccionado constituido por una componente siliciclástica, fundamentalmente arenas, arcillas limosas, cantos centimétricos dispersos y gran número de restos óseos.

Acontecimientos de este tipo pueden producirse en un sistema kárstico como consecuencia de un fuerte aumento de caudal en la red de drenaje superficial por precipitaciones torrenciales, que pueden provocar la inundación de los conductos que conectan el exokarst con el endokarst debido a la imposibilidad de evacuar caudales punta por sus limitadas dimensiones. Situaciones similares a ésta se producen en la actualidad con relativa frecuencia en la Cueva de Tito Bustillo (ej.: el 2 de agosto de 1988, en Martínez, E., 1990) cuya cuenca de recepción presenta pendientes pronunciadas y morfología alargada, características que condicionan un tiempo de respuesta y de concentración muy bajo, de forma que en muy poco tiempo la zona de desagüe (cueva de Tito Bustillo) puede recibir grandes cantidades de agua procedente de toda la superficie de la cuenca, con el consiguiente riesgo de avenidas que esto supone. Tanto en el caso de El Sidrón como de Tito Bustillo, el conjunto de conductos kársticos, comunicados entre sí, tienen y/o tuvieron comunicación con el exterior allí donde algún conducto fue cortado por la erosión de la vertiente, o cuando se conectó el fondo de una dolina con el techo de alguna galería, actuando como colector preferencial de la esorrentía superficial.

Un episodio de este tipo podría explicar la entrada rápida de restos óseos acumulados en la zona de conexión exo-endokárstica sin sufrir un excesivo desgaste y su acumulación aguas abajo en un área con menor pendiente como la zona del corte 3,

especialmente en su margen oeste donde la velocidad de flujo es menor. Su preservación tendría lugar en la zona de inundación mientras en la zona de canal serían eliminados hacia la galería inferior y colector principal. La presencia de goteos cenitales junto al estancamiento de agua en esta zona de menor pendiente favorecería la precipitación de carbonato cálcico y podría favorecer, asimismo, la fijación preferente de los restos en esta zona.

Tras la desobstrucción de la zona alta de la galería, el relleno sedimentario continúa en un régimen más tranquilo con eventos esporádicos de incremento de la energía de flujo en los que se removiliza y transporta parte del material acumulado en fases previas.

Materiales recuperados

Aparte de unas pocas piezas óseas y líticas encontrados en las visitas realizadas por la Comisión de Estudio entre 1998 y 1999, la mayoría de los restos aparecidos en las campañas de 2000, 2001 y 2002 proceden de las bandas de cuadros 7 y 8.

Los óseos totalizan 669 números de inventario. De entre ellos, más de 492 pertenecen a *Homo sp.* y son susceptibles de estudio, repartiéndose (salvo modificaciones ulteriores a la clasificación y recuento preliminar) en 122 huesos del esqueleto craneal, 102 del axial y 268 del apendicular. La mayor parte de los efectivos del cráneo y del esqueleto apendicular lo integran, respectivamente, dientes y falanges, con buena representación de tarsianos y carpianos. Por lo común, los huesos están fragmentados (salvo los más pequeños). Algunos tienen pátina de manganeso, y no es infrecuente que estén recubiertos de una fina costra calcárea; a veces, algún hueso o algún bloque cementado con huesos está recubierto por otra costra, de matriz y coloración diferente, provista de alveolos producidos por la fermentación de materia verosíblemente vegetal. A título ilustrativo, en la figura 5 ofrecemos un bloque cementado en cuyo anverso (según su posición estratigráfica) aparece una sección vertebral con costillas de inmaduro, una tibia, fragmentos craneales (entre ellos, de maxilar) y dientes; en su reverso, un pie y el otro lado de la sección vertebral. La figura 6 muestra un frontal derecho de adulto con arco superciliar, y la figura 7 otro frontal derecho de inmaduro con marca, aparentemente de descarnamiento, en el toro supraorbitario; marcas similares aparecen en al menos otro fragmento craneal. Existen también buenos trozos de parietal, temporal y occipital y, posiblemente, de huesos de la cara, pero la mayoría de los huesos craneales son pequeños fragmentos.

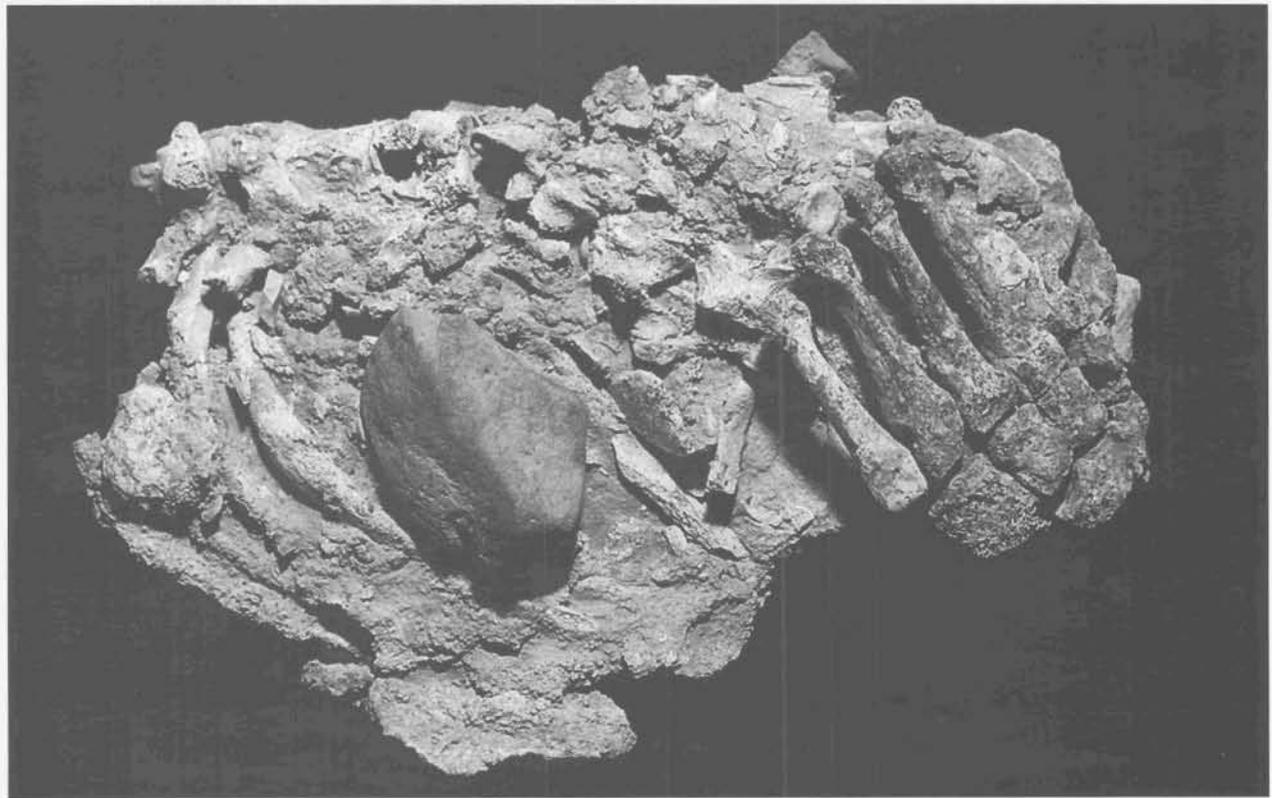
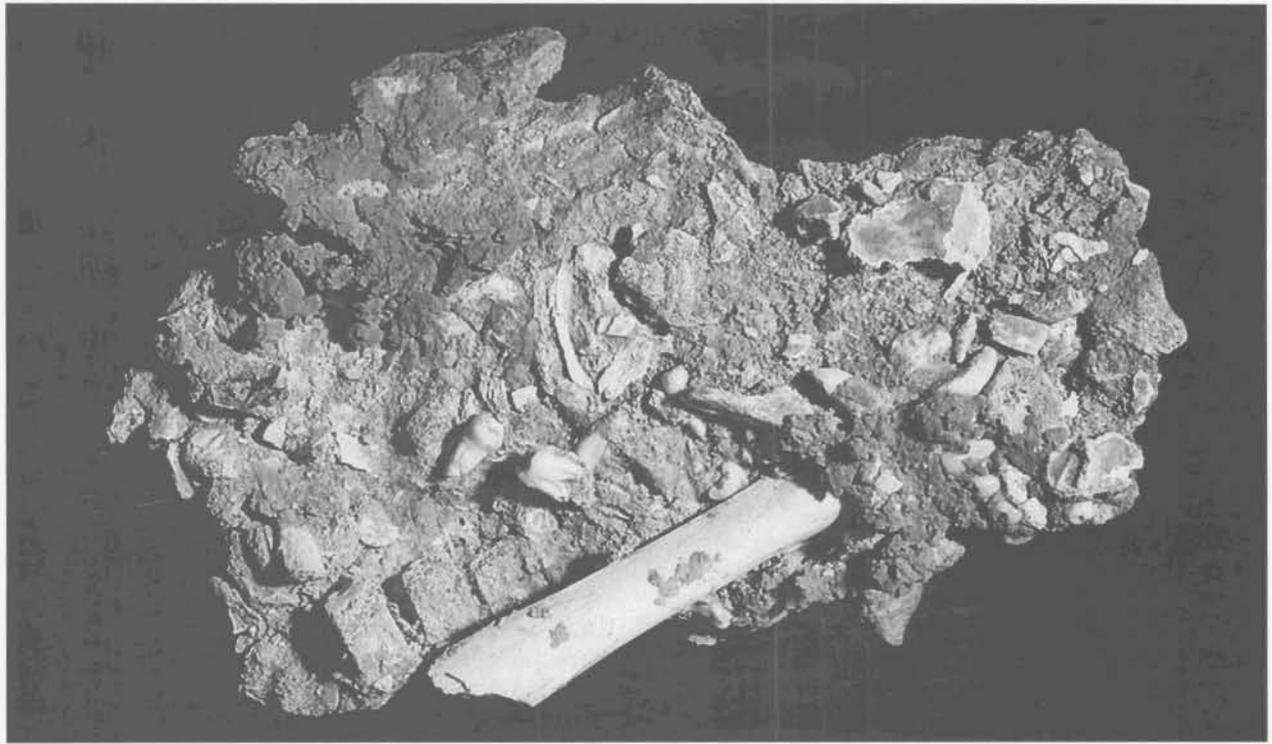


Fig. 5.—Bloque cementado con huesos, anverso y reverso.

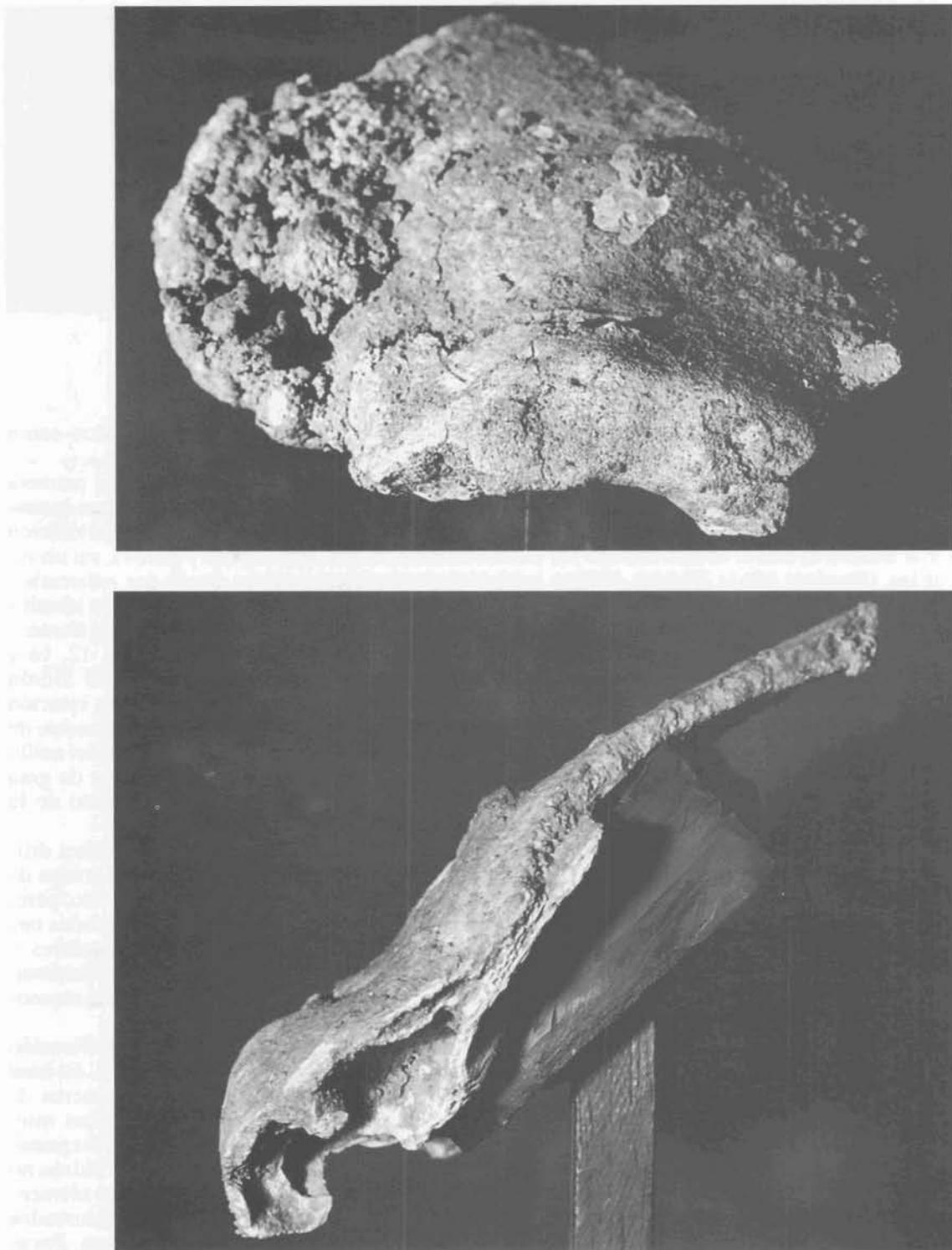


Fig. 6.—Hemifrontal derecho de adulto, vistas frontal y sagital.



Fig. 7.—Hemifrontal derecho de inmaduro, vistas frontal y sagital.

Los restos **paleontológicos** son muy escasos. Destacan unos pocos huesos de gran herbívoro y algunos de ciervo, en ocasiones con pátina de manganeso. Hay evidencias de micromamíferos y de elementos malacológicos.

Respecto a la **industria lítica**, se han hallado los siguientes útiles (Bordes, 1961; Boëda, 1993 y 1994): dos cuchillos de dorso natural, nueve raederas, nueve denticulados, un bifaz, dos piezas de muesca, un bec, una lasca levallois, una lámina levallois, dos puntas levallois y un núcleo levallois. Se observa que para el lascado se aprovecha la forma tabular con que frecuentemente se presenta la materia prima empleada, percutiendo bipolarmente sobre los dos planos preexistentes; además de lascas, el aprovechamiento de aristas previas produjo dos elementos laminares. Hay pequeños núcleos globulosos e informes en su último estado de reducción. Algunas lascas abogarían por un tallado centrípeto o multidireccional, y también cruzado, pues alguna arista fue utilizada como plano de percusión; un núcleo es groseramente de tipo discoide. Este panorama no difiere del resultante en el examen de la colección del IAF, descrita en Prieto *et al.* (2001).

En la figura 8 aparecen proyectados sobre el corte estratigráfico únicamente los restos óseos y líticos aparecidos en la campaña de 2002 dentro de una banda longitudinal de 33 cm contigua al corte, al objeto de evitar distorsiones proyectivas debidas al buzamiento.

En la matriz sedimentaria de todo lo anterior aparecieron lentículas de materia vegetal carbonizada susceptibles de análisis **antracológico**. La totalidad de las 16 muestras estudiadas (Área de Prehistoria, Universidad de Valencia), procedentes de los cuadros F y G-8, muestra un grado de conservación deficiente, la mayoría tenían incrustaciones de arcillas y otros elementos que dificultaron su observa-

ción, tanto en el microscopio metalográfico como en el electrónico de barrido.

El método de análisis consistió en una primera observación visual. Las muestras que estaban constituidas por un gran fragmento de carbón se dividieron directamente en dos; uno se pesó y guardó, sin observación microscópica, para ser datado por radiocarbono y el resto siguió el protocolo típico para su identificación botánica. La flora identificada es la siguiente:

Quercus caducifolia: muestras 6, 7, 10, 12, 16 y 18. Todos los *Quercus* identificados en El Sidrón son caducifolios, ya que al principio de la estación de crecimiento tienen un anillo de vasos grandes, de más 250 μm de diámetro. Por la curvatura del anillo podemos saber que corresponden a troncos de gran calibre y en un caso se trataba de un nudo de la ramificación del árbol.

La carencia de una identificación específica dificulta hacer una valoración ecológica. Los robles de hoja caduca tienen una gran resistencia al frío, pero, por el contrario, son muy sensibles a las heladas tardías. Por otro lado, necesitan lluvias regulares y abundantes para su desarrollo. En el norte peninsular son frecuentes sus restos en yacimientos arqueológicos del Holoceno.

Leguminosae: muestras 1 y 3. La identificación genérica de las leguminosas es muy difícil, en base a criterios anatómicos, ya que muchos géneros de esta familia presentan unas características muy similares. A esto hay que unir que los dos fragmentos identificados como leguminosas de El Sidrón no presentaban una buena conservación de sus elementos anatómicos. En ambos casos se han observado fenómenos de fusión de las paredes celulares. Pocas precisiones ecológicas se pueden obtener a partir de una identificación tan laxa como es *Leguminosae*. Probablemente se trate de arbustos y matas leñosas asociadas a las formaciones de robles o a zonas abiertas de dichos bosques.

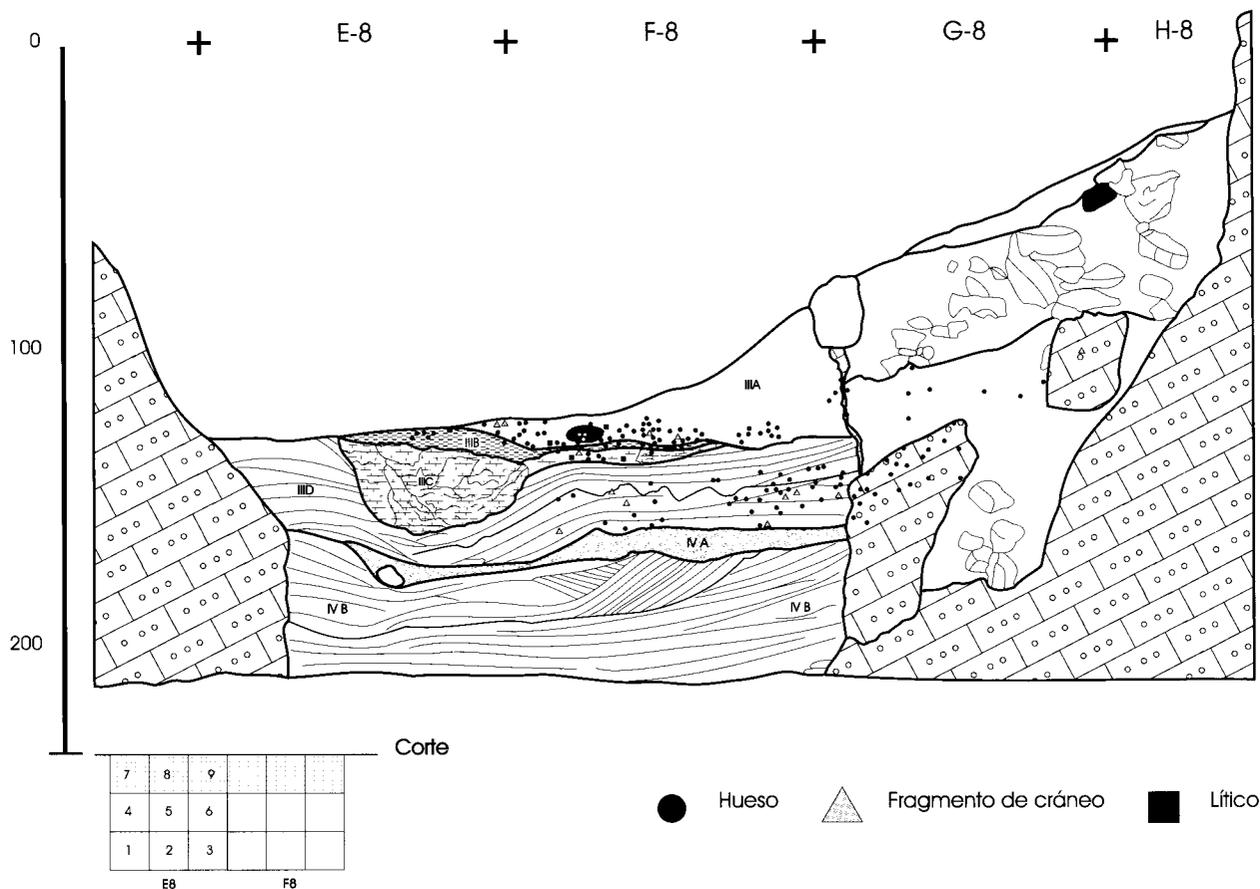


Fig. 8.—Proyección sobre el corte estratigráfico de los restos óseos y líticos aparecidos en los subcuadros 7, 8 y 9 de los cuadros E, F, G y H8.

Fragmentos de semilla: muestra 13. La semilla no conservaba su morfología externa y su apariencia era la un fragmento de carbón. Por la disposición celular se trata, sin duda, de un fragmento de semilla, pero es imposible saber a qué género o especie botánica pertenece.

Angiosperma: muestras 4, 8, 11, 14, 15, 17 y 19. Son restos de plantas angiospermas, pero requieren un análisis más minucioso, ya que su mal estado de conservación no ha permitido observar todos los planos anatómicos.

Cronometría

Las implicaciones cronológicas del estudio comparativo de los fósiles de El Sidrón (neandertales y, quizá, relativamente antiguos) abre una dilatada horquilla temporal cuya concreción tiene que hacerse por procedimientos estrictamente cronométricos. El tramo superior de la horquilla está cubierto por el ¹⁴C

y su, con mucho, mayoritario resto, mediante el concurso de diferentes técnicas, ya que ninguna de las disponibles bastaría por sí sola y es mejor el contraste entre varias. Las especiales características de este yacimiento, con los restos óseos y líticos ubicados en el interior de una cavidad y depositados en un lugar hoy alejado de la superficie, aconsejan establecer el marco geocronológico, tanto para los mencionados restos como para los sedimentos que los albergan.

La batería de técnicas cronométricas aplicables incluye, entre otras, Paleomagnetismo, ¹⁴C AMS, Uranio/Thorio (U/Th), Luminiscencia Ópticamente Estimulada (OSL), Resonancia Spin de Electrones (ESR) y Racemización de Aminoácidos (AARD). Se han realizado muestreos para la aplicación de todas esas técnicas, pero de momento sólo disponemos de los resultados preliminares del Paleomagnetismo, del U/Th sobre espeleotemas y costras, y de la Racemización de Aminoácidos sobre dientes de *Homo sp.* y de gasterópodos contenidos en el depósito.

Paleomagnetismo

(Instituto de Productos Naturales, CSIC. Tenerife)

Para el estudio paleomagnético se tomaron un total de doce testigos orientados repartidos en el Corte 2 entre los niveles IB y III (cuadrículas G11 y F11) y el nivel VI (cuadrícula G12), y en el Corte 3 en el nivel III (cuadrícula E8). De cada testigo se obtuvieron dos muestras que se sometieron a procesos de desmagnetización térmica hasta 550 °C, y por campos alternantes hasta 300 mT. A cada paso se midió la remanencia magnética con un magnetómetro tipo «spinner» modelo JR4 y en el caso de las muestras sometidas a tratamiento térmico, se midió la susceptibilidad magnética con un equipo KLY-2.

Todas las muestras, para las que se ha podido establecer una dirección paleomagnética, son de **polaridad positiva**. Por su parte, la respuesta a los tratamientos de desimagnación fue muy desigual, resultando mejor el tratamiento en campos alternantes decrecientes. En el caso del tratamiento térmico, se observó, en la mayoría de los casos, un fuerte incremento de la susceptibilidad magnética, asociada a transformaciones de fases minerales, tras el calentamiento a 300 °C.

Determinaciones de U/Th

(Instituto Jaume Almera, CSIC. Barcelona)

Esta metodología está basada en el desequilibrio que se produce en la cadena de desintegración del uranio una vez precipitado, y quedar sellado a posibles nuevas incorporaciones de radioisótopos. Dada su solubilidad, el uranio es un elemento relativamente abundante en el agua, mientras que el torio queda fácilmente retenido en las arcillas y su concentración en el agua es prácticamente nula. De este modo, en el momento de formación de un espeleotema sólo precipita uranio (^{238}U y ^{234}U) y el reloj radiométrico se pone a cero. A partir de ese momento, el contenido de ^{230}Th respecto al ^{234}U del que procede depende del tiempo transcurrido, hasta el restablecimiento de las condiciones de equilibrio tras algo más de 350.000 años. Hasta aquí la situación es ideal. Muchas veces, en la práctica, existen aportes originales de torio que, en forma de contaminación, dificultan y llegan incluso a anular la aplicación del método.

Toma de muestras

El muestreo de capas estalagmíticas para su datación por el método de desequilibrio de la serie del ^{238}U en El Sidrón, ha tenido siempre presente dos

objetivos. En primer lugar, se trata de determinar la edad de los pequeños depósitos de carbonato interstratificados en los cortes donde aparecen los restos fosilíferos. En segundo lugar, y frente a la existencia de diferentes fases de desarrollo kárstico, delimitar la ventana temporal de la posible removilización de los sedimentos y su contenido fósil.

De acuerdo con los dos objetivos propuestos, se han diferenciado dos conjuntos de muestras: **A)** Las correspondientes a pequeñas capas estalagmíticas interstratificadas con los limos y arenas de colmatación del karst que contienen los restos fósiles. **B)** Las muestras de coladas estalagmíticas que soportan o recubren los sedimentos terrígenos o marcan interrupciones en la dinámica kárstica.

A) Los depósitos carbonatados, de espesor máximo 5 cm, presentan laminación por cambios de porosidad y tienen una extensión lateral reducida a unos pocos decímetros. La muestra F8 de la campaña 2001 procede de la cuadrícula F8 (subcuadro 4, capa 5.^a, a partir de ahora denominada como F8-01), y corresponde a una de estas pequeñas capas carbonatadas interstratificadas en los limos y arenas de F8.

B) Las muestras El Sidrón 8a, NM-1(2), NM-1(4) y NM-(4) proceden de la colada estalagmítica (sector G16) muestreada durante la campaña de 2001. Las muestras Corte 1(3') corresponden a una costra estalagmítica que recubre unas gravas y que a su vez soporta 80 cm de limos y arenas laminadas en el Corte 1. La muestra El Sidrón 2 procede de la colada estalagmítica que lateralmente soporta los limos y arenas del sector F en su posición más próxima a la galería principal en la zona del sumidero. Finalmente, las muestras El Sidrón 9a y 9b pertenecen a la colada estalagmítica, topográficamente más alta que las del sector G16, próxima al Corte 1.

Asimismo, se recogió 1,5 litros de agua de goteo del interior de la cueva, justo enfrente del enlace entre la galería principal y la Galería del Osario.

Métodos analíticos

Todas las muestras se trataron por el método de ataque y disolución total (Talvitte, 1972; Bischoff y Fitzpatrick, 1991). Las determinaciones isotópicas se realizaron por espectrometría de radiación alfa y para el cálculo de las edades se utilizó el algoritmo propuesto por Rosenbauer (1991).

Resultados preliminares

En la tabla 1 se exponen los resultados de los doce análisis realizados hasta la fecha. Todas las

Tabla 1.—Contenidos en uranio y torio y relaciones isotópicas de las muestras analizadas

Muestra	Lab-ref	U ppm	Th ppm	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$	$^{234}\text{U}/^{232}\text{Th}$	$^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$
Corte 1 (3')a	303	0,41	1,47	0,99	0,85	0,737	0,865	0,877
Corte 1 (3')b	403	0,55	2,35	1,02	0,75	0,558	0,741	0,727
Corte 1 (3')lixivi	503	0,13	0,53	1,19	0,8	0,714	0,891	0,748
Sidrón-9 ^a	203	0,14	0,71	0,97	1,03	0,617	0,597	0,619
Sidrón-9 ^b	3.202	3,97	12,41	0,99	0,45	0,445	0,987	0,993
Sidrón-8 ^a	3.102	0,18	0,77	0,98	0,98	0,691	0,709	0,72
Sidrón-2	3.002	0,09	0,61	0,99	2,38	1,073	0,45	0,455
Agua	3.302	$5,86 \cdot 10^{-3}$	$4,06 \cdot 10^{-3}$	1,22	0,26	1,428	5,473	4,495
NM-1(2)	6.201	0,11	0,54	0,94	0,94	0,54	0,573	0,607
NM-1(4)	6.301	0,09	0,46	1,01	1,19	0,684	0,577	0,573
NM-(4)	64.011	0,15	0,83	0,97	1,08	0,589	0,546	0,564
F8-01	6.101	0,14	0,85	0,96	1,57	0,772	0,491	0,512

muestras están contaminadas con ^{232}Th , incluso las que parecían a simple vista más esparíticas y blancas contienen este radioisótopo que indica una incorporación de Th en el proceso de formación de los carbonatos. Incluso la muestra de agua contiene una elevada cantidad de Th (1,22 ppm) que hace inviable la utilización directa de este método de datación. Los datos analíticos muestran claramente que el radioisótopo más abundante en los sedimentos de El Sidrón es precisamente el Th.

Los primeros análisis muestran que el agua de goteo está envejecida por contaminación en unos 30.000 años. Pero parece evidente que ésa no es la única fuente de contaminación, ya que la representación de las relaciones isotópicas del agua (como fuente contaminante) frente a las de las restantes muestras daría un abanico de edades muy jóvenes, comprendidas entre 25.000 y 7.000 años. Estos valores, que dependen de la composición de una única muestra de agua, podemos considerarlos como edades mínimas y, en cualquier caso, están sujetas a su confirmación en sucesivas campañas de muestreo que permitan caracterizar debidamente esta agua de infiltración actual. Otro aspecto importante a resaltar es que la presencia generalizada de ^{232}Th hace pensar en unos procesos relativamente rápidos de disolución-escorrentía-precipitación.

Racemización de aminoácidos (ETS. Ingenieros de Minas. UPM)

Se analizaron cuatro muestras de dientes de *Homo sp.* y de tres ejemplares de gasterópodos recogidos durante la excavación. La descripción de las muestras de dientes, todas pertenecientes a *Homo sp.*, es, según el doctor A. Rosas (MNCN. CSIC), la siguiente: BSL-4063 (F-8, sub 5, capa 2.^a, N III): I1 superior der. (incisivo central). BSL-4064 (F-8, sub 6, capa 3.^a, N III): P4 superior izq. (segundo

premolar). BSL-4068 (F-8, sub 9, capa 3.^a, N III): I1 superior izq. (incisivo central). BSL-4069 (F-8, sub 4, capa 2.^a, N III): I2 superior izq. (incisivo lateral). Las tres muestras de gasterópodos, pertenecientes a la familia Helicidae, tienen las siguientes referencias: BSL-4179: G-8, capa 7, sub 2, N III. BSL-4180: G-8, capa 10, sub 7, N III. BSL-4181: G-8, capa 10, sub 7, N III.

Preparación de muestras

Todas las muestras se prepararon según el esquema de limpieza y ataque descrito por Torres *et al.* (1999). Las determinaciones analíticas se llevaron a cabo en un cromatógrafo de gas HP-5890, empleando He como gas portador. El detector es del tipo NPD mantenido a 300 °C. La integración de las áreas de los picos se realizó usando el programa de integración PEAK96 de Hewlett-Packard.

Resultados

Los resultados obtenidos sobre los cuatro dientes de *Homo sp.*, y los tres gasterópodos están recogidos en las tablas 2 y 3, respectivamente.

Estimación de la edad

Gasterópodos:

La edad se calculó introduciendo los valores de los ratios D/L del ácido aspártico, ácido glutámico, fenilalanina e isoleucina obtenido del análisis de las muestras de la cueva de El Sidrón en el algoritmo de cálculo de edad obtenido para los ratios de racemización/epimerización de diversas especies de gasterópodos de la zona central de la Península Ibérica, por Torres *et al.*, 1997. El resultado es 39 ± 7 ka.

Tabla 2.—Contenido en ácido aspártico y grado de racemización de las cuatro muestras de dientes de *Homo sp.*

Muestra aminoácidos	BSL 4063	BSL 4064	BSL 4068	BSL 4069
Peso (mg)	12	16	8,5	5,5
Ac. aspártico	1.393.917	27.337.438	—	89.933.455
D/L asp.	0,062	0,084	—	0,057

El contenido de aminoácidos de la muestra BSL 4068 fue insuficiente para dar señal en el cromatógrafo de gases.

Tabla 3.—Aminoácidos identificados y grado de racemización de las tres muestras de gasterópodos

Muestra aminoácidos	BSL 4179	BSL 4180	BSL 4181
Peso (mg)	80	91,5	67
Alanina	6.871	9.157	3.613
D/L Ala	0,280	0,275	0,360
Valina	12.428	—	5.966
D/L Val	0,351	—	0,285
Leucina	1.272	1.650	729
D/L Leu	—	—	—
Ac. aspártico	10.285	14.738	4.876
D/L Asp,	0,382	0,340	0,404
Ac. glutámico	12.008	16.433	3.023
D/I Glu	0,175	0,148	0,170
Fenilalanina	2.844	3.683	1.275
D/L Phe	0,282	0,234	0,271
Isoleucina	3.068	3.794	1.115
A/I	0,183	0,153	0,158

Dientes:

La edad se calculó introduciendo el valor medio del ratio D/L aspártico ($0,068 \pm 0,014$) obtenido del análisis de las muestras de la cueva de El Sidrón en el algoritmo de cálculo de edad obtenido para los ratios D/L aspártico de la dentina de diversas especies de oso de la Península Ibérica, en la suposición de que no cabe esperar que la velocidad de racemización del ácido aspártico contenido en el colágeno de la dentina sea sustancialmente distinta de la del colágeno de los dientes de oso. El resultado es 32 ± 11 ka.

Valoración preliminar del contexto recuperado

Antracología

La flora documentada es todavía insuficiente para hacer una valoración precisa; no obstante, nos indica que todos los restos conservados son de angiospermas. Siendo los *Quercus* de hoja caduca, las *Leguminosae* y un fragmento de semilla los únicos bien identificados. Todos ellos pueden desarrollarse bajo un clima templado y húmedo. En el norte peninsular se ha identificado madera carbonizada de

Quercus de hoja caduca, tanto en yacimientos pleistocenos como holocenos.

Cabría preguntarse cuál fue el foco de origen de los carbones y cómo llegaron a la cavidad. Las observaciones sedimentológicas indican aportes procedentes del exterior e introducidos por corrientes de agua. Es posible que se deban a incendios naturales, como sucede en otras zonas del norte peninsular. El tipo de carbonización de algunos de ellos hace pensar en un incendio de la vegetación local, pero tal vez sea muy pronto para afirmar esto.

Paleontología

A efectos tafonómicos es relevante la escasez de macrofauna de herbívoros y la inexistencia de grandes carnívoros, que sí aparecieron en otras galerías de la cueva (Galería de los Huesos). Es posible que el estudio de la microfauna, esencialmente de roedores, aporte precisiones cronológicas.

Antropología

La colección de fósiles humanos recuperados en la cueva de El Sidrón constituye una muy valiosa muestra paleoantropológica, en particular en el contexto de la evolución de las poblaciones humanas pleistocenas en la Península Ibérica y en la Cornisa Cantábrica. El elevado número de restos recuperados, la amplia representación de elementos esqueléticos, el número de individuos representados (al menos cuatro), la distribución de edades (incluyendo individuos inmaduros), así como la excelente conservación de algunos de los especímenes, hacen de El Sidrón una muestra cuya auténtica relevancia se pondrá de manifiesto a medida que se vayan realizando los diferentes estudios que este material permite y exige. De especial relevancia es el hecho de haber recuperado diferentes elementos esqueléticos de un pie y una porción de columna vertebral en conexión anatómica.

Los estudios antropológicos publicados hasta la fecha (Rosas y Aguirre, 1999; Egocheaga *et al.*, 2000; Prieto *et al.*, 2001) coinciden en la asignación

de la muestra de El Sidrón (colección IAF) al grupo humano Neandertal (*Homo neanderthalensis*). La abundante muestra procedente de las campañas arqueológicas sistemáticas, si bien aún no ha sido analizada con detalle, permite afirmar que, al menos, algunos de los elementos recuperados presentan características idénticas a la colección del IAF. Entre los caracteres apreciados en una primera inspección de *visu* destaca el fuerte taurodontismo de algunas piezas dentarias, si bien conviene señalar la coocurrencia de piezas dentales con raíces pequeñas. Es de resaltar, paralelamente, que, en el momento actual de las investigaciones, no se puede afirmar con rotundidad la completa homogeneidad tafonómica de las dos submuestras previamente mencionadas. En este sentido, es de mencionar una aparente diferencia en el tamaño y conservación de los elementos esqueléticos conservados. Mientras que en la colección del IAF aparecen elementos muy completos (mandíbulas, húmero, etc.), en la colección recuperada en excavación sistemática aparecen, por lo general, elementos de pequeño tamaño (dientes, falanges, fragmentos de cráneo, etc.).

Desde un punto de vista evolutivo, a raíz de las investigaciones llevadas a cabo en los últimos veinte años, hoy en día sabemos que el grupo humano neandertal se desarrolla localmente en Europa de forma más o menos gradual. De este modo, dentro de lo que se entiende por «Neandertal» se reconoce un cierto margen cronológico. Si bien el límite final queda determinado por la extinción de esta especie humana, en fechas próximas a los 30.000 años del presente, su origen se diluye en el tiempo hasta fechas que pueden alcanzar los 300.000 años o incluso más.

Los estudios previos realizados (Rosas y Aguirre, 1999b) planteaban dos similitudes morfológicas y métricas. Por un lado, las mandíbulas de El Sidrón presentan cierta similitud con poblaciones europeas asignadas al Riss/Wurm o más antiguas, por ejemplo, Atapuerca-SH y L'Arago. Esta similitud, basada en la robustez del hueso, pudiera indicar una cronología próxima a los 120.000, siempre sujeto al análisis de las variaciones en estas poblaciones. Por otro lado, El Sidrón presenta una curiosa similitud con restos del Próximo Oriente y sur de Europa (Amud, Kebara y Zafarraya). Esta similitud métrica podría indicar una edad más temprana, en una franja temporal entre los 60-30.000. Estas dos posibles aproximaciones cronológicas derivadas de un estudio morfométrico debían entenderse como una indicación a contrastar con métodos estrictamente cronométricos.

A la luz de estos primeros resultados y como planteamiento de estudio para los nuevos materiales, tres escenarios pueden plantearse a modo de hipóte-

sis de trabajo. 1) La posible ubicación cronológica de la muestra en el Pleistoceno medio, lo que daría unas excelentes perspectivas de estudio de la evolución de los neandertales en la Península Ibérica. No olvidemos la relativa proximidad física de El Sidrón con Atapuerca. 2) La posibilidad de la existencia de poblaciones relictas de características primitivas en determinados reductos, situación que concordaría con el escenario de «refugios» en las penínsulas del sur de Europa. Y, por último, 3) la posible existencia de variaciones Norte-Sur en la evolución genética de las poblaciones Neandertales, muy en especial en el último tramo de su existencia. Estas hipótesis deben ser valoradas y contrastadas en el marco del proyecto de investigación que aquí se presenta.

Finalmente, el estudio detallado y riguroso de la muestra de El Sidrón es ciertamente prometedor en tanto que permite abordar aspectos de la paleobiología de estas poblaciones pleistocenas (estados de desarrollo, anatomía funcional de diferentes sistemas músculo-esqueléticos y pautas etológicas de los neandertales). Con respecto a estas pautas, uno de nosotros (JFP) señaló posibles marcas de descarnamiento en huesos del esqueleto apendicular humano y en otros huesos de herbívoros de la colección del IAF, y, posteriormente, en otros fragmentos craneales procedentes de las excavaciones regladas. Por su parte, Egocheaga *et al.* (2000) también destacan señales similares en algunos elementos del esqueleto postcraneal de esa colección. Algunos de sus escasos restos esqueléticos de mamíferos no humanos también presentan señales asimilables a descarnamiento (Díez, com. pers.). Estas observaciones están pendientes de análisis y estudio propiamente dicho.

Tecnología y tipología lítica

El material utilizado es el chert y, muy escasamente, la cuarcita. Esas materias primas pudieron recogerse tanto en el exterior como en el interior de la cueva, pues se encuentran abundantemente en la pudinga terciaria del complejo de El Sidrón (en las mismas paredes de la Galería del Osario y por toda la cueva y sus abrigos exteriores afloran nódulos de chert y cantos de cuarcita). Esta acusada autoctonía dificulta en ocasiones la distinción entre fracturas intencionalmente humanas y otras naturales.

El chert de El Sidrón tiene grano grueso y una matriz en la que a la sílice se le añaden carbonatos y arcillas. Ello hace que sea una materia prima muy mala para la talla, produciendo planos de fractura poco regulares. Existen nódulos que fueron abandonados tras un escaso decorticado inicial, lo que no quita que en otros, mejores, la talla multidireccional

aprovechara la materia hasta su agotamiento. En suma, el chert de El Sidrón no casa bien con una estandarización técnica y tipológica.

La muestra hallada evidencia el aprovechamiento de la materia prima más inmediata. Sus características físicas y su escasa entidad numérica no permiten precisiones mayores, pero, juzgando sobre el escaso lote recuperado se trata de una industria especialmente de lascas, pero con raros productos laminares y algunos soportes levallois. Su tamaño es pequeño, dadas las dimensiones y calidad de la materia prima mayoritariamente empleada, con una buena presencia de piezas corticales, lo que indica que estamos ante una industria poco transformada. La tipología instrumental es muy simple, habiéndose encontrado hasta la fecha muy poca transformación en útiles estandarizados y bien definidos.

Esa simplicidad técnica y tipológica, su soporte mayoritario en lascas, alguna lámina, el uso de filos con muy ligeras transformaciones mediante el retoque, los tecnotipos descritos (mayoritariamente raederas y denticulados) y la presencia de la técnica levallois, a falta de más y mejor, encuentra acomodo en las industrias de lascas del Paleolítico Medio, que en Europa arrancan del centro del Pleistoceno Medio para generalizarse en la primera mitad del Pleistoceno Superior. La escasa transformación de los soportes en tipos estandarizados de El Sidrón impide precisar más, pero no hay que olvidar los pocos tipos descritos y los elementos levallois. En ese contexto, es importante afirmar que entre lo hallado hasta ahora en la Galería del Osario no hay nada, sea lítico u óseo elaborado, que tecnológica o tipológicamente remita forzosamente al Paleolítico Superior, y mucho menos el bifaz más arriba citado.

No hay que olvidar que todas esas piezas han aparecido en una zona de la cueva que no es la propia para contener un yacimiento de habitación y, por ello, no es esperable aquí un sobrado material para la diagnosis tecnológica, tipológica y cultural. Es obvio que existe un sesgo en el material recuperado. Pero lo más llamativo es que existen evidencias de tecnología lítica humana en la Galería del Osario y que, además, se asocien, al menos topográficamente, con otras paleontológicas y antropológicas.

Cronometría

Lograr la mayor precisión en la ubicación cronológica de los fósiles de El Sidrón es un objetivo básico por sus implicaciones en el modelo evolutivo de la población neandertal. La polaridad magnética es la esperable, pero la alta contaminación por ^{232}Th de los sedimentos, espeleotemas y agua de la cueva limitan las posibilidades del U/Th. La racemización

de aminoácidos de dientes y gasterópodos ha proporcionado las primeras estimaciones cronológicas.

La existencia de abundante colágeno en tres de los cuatro dientes analizados es importante porque remite al ^{14}C al objeto de obtener una datación mínima u otra más precisa. En este sentido, polvo de dentina de uno de los dientes fechados por AARD y una muela con fuerte taurodontismo están siendo datados por el ^{14}C ; los eventuales resultados permitirán contrastar las edades ^{14}C y AARD. Concurrentemente, una placa de esmalte desprendida de otro diente se está datando por ESR. Finalmente, en relación con la cronología de la dinámica sedimentaria del relleno de la Galería del Osario, estamos a la espera de los resultados ^{14}C de las lenticulas de materia vegetal que aparecen encajadas en la matriz sedimentaria que engloba a los huesos, así como la OSL de esta matriz. En consecuencia, las conclusiones cronométricas aguardan los resultados de la analítica en curso.

Conclusión

Este trabajo presenta las primeras respuestas a los tres interrogantes básicos enunciados al comienzo del mismo, mostrando que El Sidrón tiene un fundado y prometedor porvenir. Se ha exhumado reglamentadamente una amplia colección de huesos de neandertal, con piezas relevantes, cuyo estudio comienza ahora. Verosímilmente, deben restar bastantes fósiles más, lo que, dada la cualidad de la muestra hallada, pide la continuación de las excavaciones en la Galería del Osario para recuperarlas. En el contexto sedimentario de los fósiles han aparecido unas pocas piezas líticas cuya tecnología y tipología encuentran acomodo en las industrias de lascas del Paleolítico Medio.

Pero la topografía de la Galería del Osario, así como el estudio de su dinámica sedimentaria remite al exterior, planteando nuevas preguntas. En este sentido, habrá que ampliar la malla de tomografía eléctrica en la dolina exterior y alrededores, así como realizar sondeos en la Entrada del Arco (o La Cabañina), donde existe un abrigo con amplia visera y vestíbulo en conexión con la cueva, a poca distancia de la dolina sondeada, y muy próximo a un punto de aguada en riachuelo que allí se sume en el sistema de El Sidrón. La posibilidad de que los grupos humanos lo hubieran utilizado como lugar de habitación aportaría sin duda una información relevante.

A la espera de los resultados de ^{14}C , OSL y ESR, cuya recepción se prevé próxima, la primera aproximación cronométrica queda sin cerrar. La presencia de colágeno en los dientes abre, por otra parte, la posibilidad de estudios de ADN.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco del Convenio Consejería de Cultura del Principado de Asturias/Universidad de Oviedo (CN-00-184-D3 y CN-01-132, 133, 134-B1) y del Plan I+D+I Concertada (Ficyt/Consejería de Cultura: FC-02-PC-SPV01-27). Los perfiles de Georradar han sido realizados por el Dr. Jaime Clapès (Univ. Politécnica de Barcelona).

El Dr. Manuel Hoyos Gómez (MNCN-CSIC) fue responsable de la geología del Sidrón hasta su fallecimiento en 1999.

Referencias

- Bischoff, L. L. y Fitzpatrick, J. A. (1991). U-series dating of impure carbonates: an isochron technique using total-sample dissolution. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 55: 543-554.
- Boëda, E. (1993). La débitage discoïde et le débitage levallois récurrent centipèdre. *BSPF*, 90, 6: 392-404.
- Boëda, E. (1994). *Le concept levallois: variabilité des méthodes*. Monographie du CRA 9. CNRS, ed., 280 págs.
- Bordes, F. (1961). *Typologie du Paléolithique Inférieur et Moyen*. Bordeaux. Ed. Delmas, 301 págs.
- Egocheaga, J. E., Trabazo, R., Rodríguez, L., Cabo, L. L., Sierra, M. J. (2000). Avance sobre el descubrimiento, características del yacimiento y estudio paleoantropológico de los restos óseos de homínidos mesopleistocénicos de la Cueva de El Sidrón (Piloña, Asturias). *Bol. Cien. Nat. RIDEA*, 46: 219-263.
- Fortea, J., Rasilla, M. de la, Martínez, E., Sánchez-Moral, S., Cañaveras, J. C., Cuezva, S., Rosas, A., Soler, V., Julià, R., Torres, T. de, Ortiz, J. E., Castro, J., Badal, E., Altuna, J., Alonso, J. (en prensa). La Cueva de El Sidrón (Borines, Piloña, Asturias). Campañas arqueológicas de 2000 a 2002. *Excavaciones Arqueológicas en Asturias 1999-2002*, 5. Consejería de Educación y Cultura. Principado de Asturias.
- Gervilla, M., Beeroiz, C., Barón, A., Ramírez del Pozo, J. (1978). Memoria de la Hoja n.º 29 (Oviedo) del Mapa Geológico Nacional (Magna) a escala 1:50.000. *Instituto Geológico y Minero de España*, pp. 1-64.
- Martínez, E. (1990). *Prevención de inundaciones en la Cueva de Tito Bustillo*. Informe para la Consejería de Cultura del Principado de Asturias. Inédito, 118 págs.
- Martínez García, E. (1989). La Geología y el relieve de Asturias. *Enciclopedia Temática Asturiana*, X. Oviedo, pp. 193-197.
- Prieto, J., Montes, R., Muñoz, E., Sanguino, J. (1998). *Hallazgos antropológicos y arqueológicos en el complejo kárstico de El Sidrón (Vallobal, Concejo de Piloña, Asturias)*. Informe depositado en la Consejería de Educación y Cultura. Principado de Asturias, 12 págs.
- Prieto, J., Abenea, J., Montes, R., Sanguino, J. y Muñoz, E. (2001). Hallazgos antropológicos y arqueológicos en el complejo kárstico de El Sidrón (Vallobal, Infiesto, Concejo de Piloña, Asturias). *Munibe*, 53: 19-29.
- Pinto, T. (1975). Complejo cárstico del Sidrón (Borines). *Torrecedredo*, 8 (2.ª ép.): 31-34.
- Rosas, A. y Aguirre, E. (1999a). *Restos humanos neandertales de la Cueva del Sidrón, Piloña, Asturias*. Nota preliminar. Informe presentado a la Consejería de Cultura el 28-1-99 (preliminar) y el 23-3-99 (final).
- Rosas, A. y Aguirre, E. (1999b). Restos humanos neandertales de la Cueva del Sidrón, Piloña, Asturias. Nota preliminar. *Estudios Geol.*, 55: 181-190.
- Rosas, A. y Aguirre, E. (2000). Neandertales de la Cueva del Sidrón. *Investigación y Ciencia*, 289: 28-29.
- Rosenbauer, R. 1991. UDATE1: a computer program for the calculation of uranium-series isotopic ages. *Computers & Geosci.*, 17: 45-75.
- Talvitie, N. A., 1972. Electrodeposition of actinides for alpha spectrometric determination. *Analytical Chem.*, 44: 280-283.
- Torres T., Llamas J., Canoira L., García-Alonso P., García-Cortés A. y Mansilla H. (1997). Amino acid chronology of the Lower Pleistocene deposits of Venta Micena (Orce, Granada, Andalusia, Spain). *Organic Geochem.*, 26: 85-97.
- Torres T., Llamas F. J., Canoira L., García-Alonso P. y Ortiz J. E. (1999). *Estratigrafía biomolecular. La racemización/ epimerización de aminoácidos como herramienta geocronológica y paleotermométrica*. Publicación Técnica de ENRESA, n.º 09/99. Ed. ENRESA. 156 págs.

Recibido el 15 de febrero de 2003.

Aceptado el 6 de julio de 2003.