



**PROCESOS SEDIMENTARIOS Y DIAGENÉTICOS  
EN EL REGISTRO ARQUEOLÓGICO DEL YACIMIENTO  
PLEISTOCENO DE LA CUEVA DE EL ESQUILLEU  
(PICOS DE EUROPA, NORTE DE ESPAÑA)**

*Sedimentary and diagenetic processes in the archaeological record from  
Pleistocene site of El Esquilleu cave (Picos de Europa, North of Spain)*

J. F. Jordá Pardo(1), J. Baena Preysler(2), P. Carral González(3), J. García-Guinea(4),  
V. Correcher Delgado(5) y J. Yravedra Sáinz de los Terreros(1)

(1) *Laboratorio de Estudios Paleolíticos. Departamento de Prehistoria y Arqueología. UNED.  
Senda del Rey, 7. Ciudad Universitaria. E-28040 Madrid. jjorda@geo.uned.es*

(2) *Departamento de Prehistoria y Arqueología. UAM. Campus de Cantoblanco.  
E-28049 Madrid. javier.baena@uam.es*

(3) *Departamento de Geología y Geoquímica. UAM. Campus de Cantoblanco.  
E-28049 Madrid. pilar.carral@uam.es*

(4) *Museo Nacional de Ciencias Naturales. José Gutiérrez Abascal, 2.  
E-28006 Madrid. guinea@mncn.csic.es*

(5) *CIEMAT. Avenida Complutense, 22. Ciudad Universitaria.  
E-28040 Madrid. v.correcher@ciemat.es*

**Resumen:** La cueva de El Esquilleu (Cillórgo de Liébana, Cantabria, N de España) es un gran abrigo rocoso situado en la región de Picos de Europa (Cordillera Cantábrica) que contiene un importante registro sedimentario, arqueológico y paleontológico del Pleistoceno superior, con abundantes evidencias de industrias líticas musterienses y restos óseos de mamíferos y otros vertebrados. La secuencia estratigráfica se compone de 41 niveles agrupados en cuatro unidades litoestratigráficas con diferente significado sedimentario, que han sido estudiadas con metodología geoarqueológica y tafonómica. En la unidad inferior hemos detectado una acumulación de hidroxilapatito de origen diagenético, que hemos estudiado mediante difracción de rayos X (DRX), microscopía electrónica de barrido ambiental (MEBA) y termoluminiscencia (TL). Las dataciones radiocarbónicas existentes y su calibración permiten situar este interesante registro durante el OIS 3 en una horquilla temporal comprendida aproximadamente entre 60000 y 37000 BP.

**Palabras clave:** abrigo rocoso, procesos sedimentarios, Pleistoceno superior, geoarqueología, tafonomía.



J. F. Jordá Pardo, J. Baena Preysler, P. Carral González, J. García-Guinea, V. Correcher Delgado & J. Yravedra Sáinz de los Terreros (2008). Procesos sedimentarios y diagenéticos en el registro arqueológico del yacimiento pleistoceno de la cueva de el Esquilleu (Picos de Europa, norte de España). *Rev. C. & G.*, 22 (3-4), 31-46.

**Abstract:** El Esquilleu cave (Cillórigo de Liébana, Cantabria, North of Spain) is a rockshelter placed in the Picos de Europa region (Cantabrian Range) that contains an important sedimentary, archaeological and palaeontological record of the Upper Pleistocene (OIS 3) with abundant mousterian lithics industries and bone remains of mammals and others vertebrates. The stratigraphic sequence consists of 41 levels grouped in four lithostratigraphic units with different sedimentary meaning studied by geoarchaeological and taphonomical methods. In the low unit we have detected important accumulations of hydroxylapatite of diagenetic origin, studied by X-ray diffraction (XRD), environmental scanning electron microscopy (ESEM) and thermoluminescence (TL). The radiocarbon dates existing and their calibration allow approximately locate this interesting record during OIS 3 in a temporary bracket between 60000 and 37000 BP.

**Keywords:** rockshelter, sedimentary processes, Upper Pleistocene, geoarchaeology, taphonomy.

## 1. Introducción

La cueva de El Esquilleu (Cillórigo de Liébana, Cantabria, España) (Fig. 1), situada en la Unidad de los Picos de Europa (Zona Central, Cordillera Cantábrica), se desarrolla en la Formación Valdeteja (Namuriense-Westfaliense, Carbonífero superior), integrada por calizas fosilíferas, calizas masivas con bioconstrucciones algales y microbiales y brechas calcáreas, que alcanzan una potencia de hasta 1000 m (I.G.M.E., 1994). Esta Unidad consiste en un sistema de cabalgamientos imbricados de edad tardía en el marco de la Orogenia Varisca, sometidos a reactivaciones durante la Orogenia Alpina. La cavidad (Fig. 1), con morfología de abrigo rocoso de grandes dimensiones, se abre en un fuerte relieve, a la cota 280 m s.n.m. y a 68 m por encima del río Deva, en la margen O del Desfiladero de La Hermida (Fig. 2). Se encuentra parcialmente colmatada y contiene un importante yacimiento prehistórico, excavado entre 1997 y 2006, con industrias musterienses, que cubre la práctica totalidad del OIS 3 y parte del OIS 2 (Pleistoceno superior), cuyo registro arqueológico ha sido dado a conocer en diversas publicaciones (Baena *et al.*, 1999, 2005a, 2005b).

El objetivo de este trabajo es presentar de una manera sintética los principales resultados de las investigaciones geoarqueológicas realizadas en la cueva de El Esquilleu desde 2004 hasta la actualidad. En una primera aproximación estos trabajos se centraron en el estudio de la secuencia sedimentaria del yacimiento y en la interpretación de los procesos de formación y transformación que han dado

lugar a la actual configuración del registro arqueológico de la cueva de El Esquilleu, intentando diferenciar en la medida de lo posible la presencia de procesos naturales (*N transforms*) y/o culturales de origen antrópico (*C transforms*) (Schiffer, 1987), y los procesos sedimentarios o de formación de los diagenéticos o postdeposicionales (Wood y Johnson, 1978).

## 2. Materiales y métodos

La cavidad, que presenta morfología de abrigo rocoso de grandes dimensiones (Fig. 2), se encuentra parcialmente colmatada y sus depósitos estuvieron sellados en su día por un espeleotema del que únicamente quedan restos en la pared NE, hacia el interior por detrás de la cata transversal. En este pequeño testigo y por debajo del espeleotema se conservan depósitos detríticos, alcanzando en su conjunto un espesor de 90 cm, desde el techo del espeleotema hasta el nivel del suelo actual. Estos depósitos están ausentes en el resto de la cavidad, por lo que la superficie que actualmente constituye el suelo de esta es el resultado de la erosión y el vaciado parcial de su relleno. El yacimiento ha sido estudiado mediante dos catas ortogonales, una longitudinal y otra transversal, está última perpendicular a la pared de la cueva en una zona donde se detectó la presencia de un sumidero practicable durante unos 10 m. La potencia conservada y conocida del yacimiento, producto de la suma del espesor excavado, que en la cata transversal es superior a los 3,30 m, por debajo del suelo actual, más el del

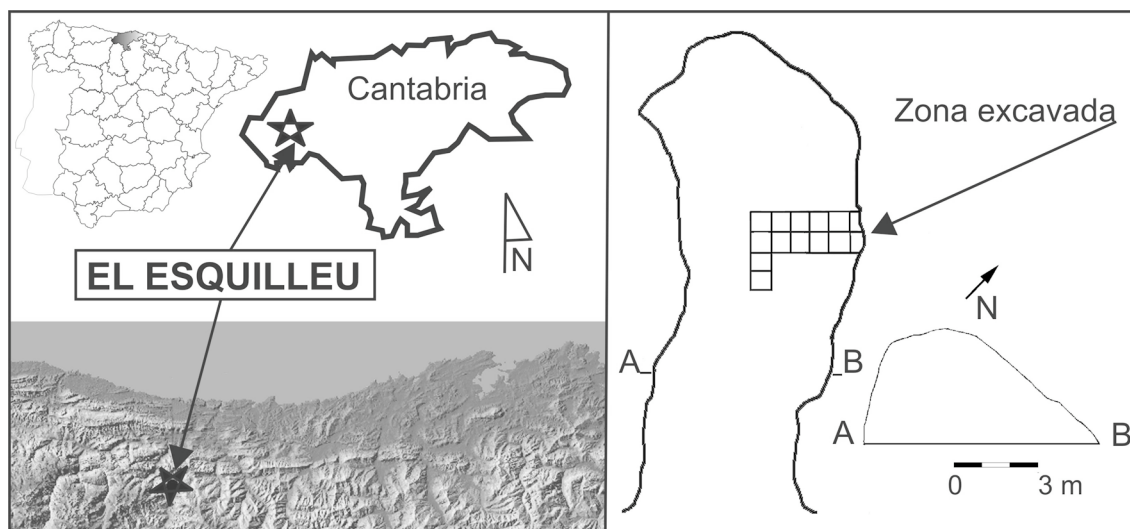


Figura 1. Localización geográfica de la cueva de El Esquilleu (Cillórigo de Liébana, Cantabria) y planta del abrigo con localización de las áreas excavadas.

Figure 1. Geographical location of El Esquilleu cave (Cillórigo de Liébana, Cantabria) and rockshelter plane with indication of excavation areas.

testigo con espeleotema, alcanza los 4,20 m. Además, se ha realizado un sondeo manual, en el fondo de la cata transversal mediante barrena sacamuestras, que indica la existencia de más de 1 m de depósitos por debajo del fondo de la cata, sin haberse alcanzado la base rocosa donde se apoya la secuencia. Hasta el momento, hemos podido diferenciar en la secuencia sedimentaria de la cueva de El Esquilleu 41 niveles, denotados con las letras ESQ seguidas de un número correlativo de techo a muro, algunos de los cuales están divididos en sub-niveles. La agrupación de niveles en unidades mayores se ha denominado con las letras ESQ seguidas de una letra (ESQ-A, ESQ-B, ESQ-C y ESQ-D).

La investigación geoarqueológica realizada ha seguido los protocolos habituales en este tipo de estudios (Goldberg y Macphail, 2006), partiendo del trabajo de campo seguido de diferentes análisis de laboratorio y gabinete. El trabajo de campo consistió en el análisis del yacimiento y del medio físico del entorno, destacando la obtención de datos geológicos, la realización de levantamientos litoestratigráficos y la toma de muestras, herramientas fundamentales para la posterior interpretación. Para ello llevamos a cabo tres campañas de campo

coincidentes con las campañas de excavación arqueológica de 2004, 2005 y 2006, en las que obtuvimos la secuencia litoestratigráfica del yacimiento y tomamos dos series completas de muestras para diferentes análisis.

El trabajo de laboratorio consistió en la obtención de diferentes datos analíticos. A partir de una serie completa de muestras realizamos análisis texturales, del residuo insoluble y mineralógicos (DRX), todos ellos efectuados en los laboratorios del Departamento de Geología del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid. Los datos procedentes de los análisis granulométricos, realizados mediante torre de tamices y balanza de sedimentación, han sido tratados mediante el programa GRADISTAT 4.0 (Blott y Pye, 2001) que permite la obtención de parámetros estadísticos, diagramas triangulares y curvas granulométricas. Los componentes mineralógicos de las muestras han sido determinados por difracción de rayos X (DRX) a partir de la fracción inferior a 0,063 mm, sometida previamente a molienda para unificación del tamaño de grano. Todas las muestras se han analizado por el método de polvo para la identificación y cuantificación de las fases minerales predominantes y el análisis se ha efectuado mediante un difrac-



Figura 2. Vista general de la situación de la cueva de El Esquilleu en el Desfiladero de la Hermida y aspecto del interior del abrigo durante la excavación.

Figure 2. General view of the situation of El Esquilleu cave in La Hermida Canyon and aspect of the interior of the rockshelter during the excavation.

tómetro Philips-PW 1830 con cátodo de Cu  $K\alpha = 1.54051$  y barrido entre  $3^\circ$ -  $65^\circ$  de ángulo  $2\theta$ , con salida sobre registro digital Philips PW 1710. El control y tratamiento de los difractogramas se ha efectuado con el *software* X Powder (ver. 2004.04) para el análisis cualitativo y cuantitativo de las muestras (Martín-Ramos, 2004).

Los análisis realizados a la otra serie de muestras incluyeron la determinación del color, del pH, de los carbonatos totales ( $\text{CaCO}_3$ ), la materia orgánica (MO) y el carbono orgánico (CO); fueron llevados a cabo en el Laboratorio de Edafología del Departamento de Geología y Geoquímica de la Universidad Autónoma de Madrid. Para la determinación precisa del color –en húmedo y en seco– hemos utilizado como referencia las *Munsell Soil Color Charts* (Munsell, 1981) con objeto de realizar una descripción objetiva y una denominación normalizada. El pH lo hemos medido siguiendo los criterios de la *Soil Science Society of America* (Thomas, 1996), a partir de una relación suelo:agua = 1:2,5, obteniendo la acidez actual.

Además realizamos análisis mediante microscopía electrónica de barrido ambiental (MEBA) y termoluminiscencia (TL) de determinadas muestras de sedimentos y de huesos en el MNCN y en el

CIEMAT, respectivamente. Las medidas de termoluminiscencia fueron realizadas en un equipo automático Risø TL modelo TL DA-12. La unidad lectora de TL está equipada con un fotomultiplicador EMI 9635 QA y la emisión de luz se observa a través de un filtro FIB002 de Melles-Griot Co. Con un máximo de luminosidad a 320–480 nm y un valor FWHM de 80716 nm y un pico de transmitancia mínima de un 60%. También esta equipado con una fuente radioactiva de  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$  que libera niveles de dosis de  $0.020 \text{ Gy s}^{-1}$  y que se calibra con una fuente fotónica de  $^{60}\text{Co}$  del laboratorio de Standards del CIEMAT. Todas las medidas fueron realizadas con un rampa de calentamiento lineal de  $5^\circ\text{C s}^{-1}$  desde temperatura ambiente hasta  $550^\circ\text{C}$  en atmósfera de nitrógeno inerte. Para cada medida se utilizaron varias alícuotas de unos 5 mg de muestra y el fondo de incandescencia fue restado de la emisión termoluminiscente.

Por otro lado, con objeto de precisar determinados aspectos detectados durante el análisis geoarqueológico, hemos incluido los resultados del estudio tafonómico de los huesos englobados en los diferentes niveles, realizado en el Laboratorio de Estudios Paleolíticos de la UNED.

Finalmente, con objeto de situar la secuencia de la cueva de El Esquilleu en la escala cronoestratigráfica, las fechas radiocarbónicas obtenidas hasta el momento (Baena *et al.*, 2005a, 2005b) las hemos calibrado a  $2\sigma$  (95 % de probabilidad) mediante la curva de calibración CalPal 2007 Hulu, incluida en el programa CalPal (Version March 2007) (Weninger *et al.*, 2007). El interés de CalPal radica en que realiza la transformación de las distribuciones gaussianas de años BP en curvas de probabilidad acumulada, mostrando la geometría de las tendencias cronométricas, permitiendo evaluar la sincronía y diacronía de forma global o entre grupos con diferente significado, herramienta que, resulta de gran utilidad a la hora de realizar una valoración de las fechas (Martínez-Moreno *et al.*, 2006).

### 3. Unidades litoestratigráficas: caracterización y procesos sedimentogenéticos

Las características de campo, texturales y mineralógicas permiten articular la secuencia sedimentaria del yacimiento de la cueva de El Esquilleu en cuatro unidades litoestratigráficas (Fig. 3), que, sin conocerse hasta el momento su sustrato rocoso basal, de muro a techo son las siguientes:

- ESQ-D o unidad inferior (150 cm visibles), desde la base conocida de la secuencia (ESQ-41) hasta ESQ-31, articulada en dos subunidades: ESQ-D inferior (ESQ-41 a ESQ-35), predominantemente lutítica (Fig. 4), de colores claros (10YR8/6) y abigarrados (5YR5/6; 7,5YR5/4), con un nivel detrítico de clastos rodados de pequeño tamaño (ESQ-38), y una escasa presencia de  $\text{CaCO}_3$ , MO y CO, en ocasiones inapreciables, y ESQ-D superior (ESQ-34 a ESQ-31) formada por costras gruesas de colores grises, claros y abigarrados, con una débil presencia de MO (máximo 2,41 %) y CO (máximo 1,39 %), en ocasiones inapreciable. Hacia su parte media, los niveles de esta unidad se encuentran deformados por la presión ejercida por grandes bloques calizos desplomados sobre ellos. Mineralógicamente (Fig. 5) se caracteriza por la fuerte presencia de cuarzo e hidroxilapatito; la calcita, ausente en los niveles ricos en cuarzo e hidroxilapatito, tiene un máximo en ESQ-33 con escasa

presencia de este; la dolomita está presente en ESQ-33 y ESQ-38bis; la illita está bien repre-

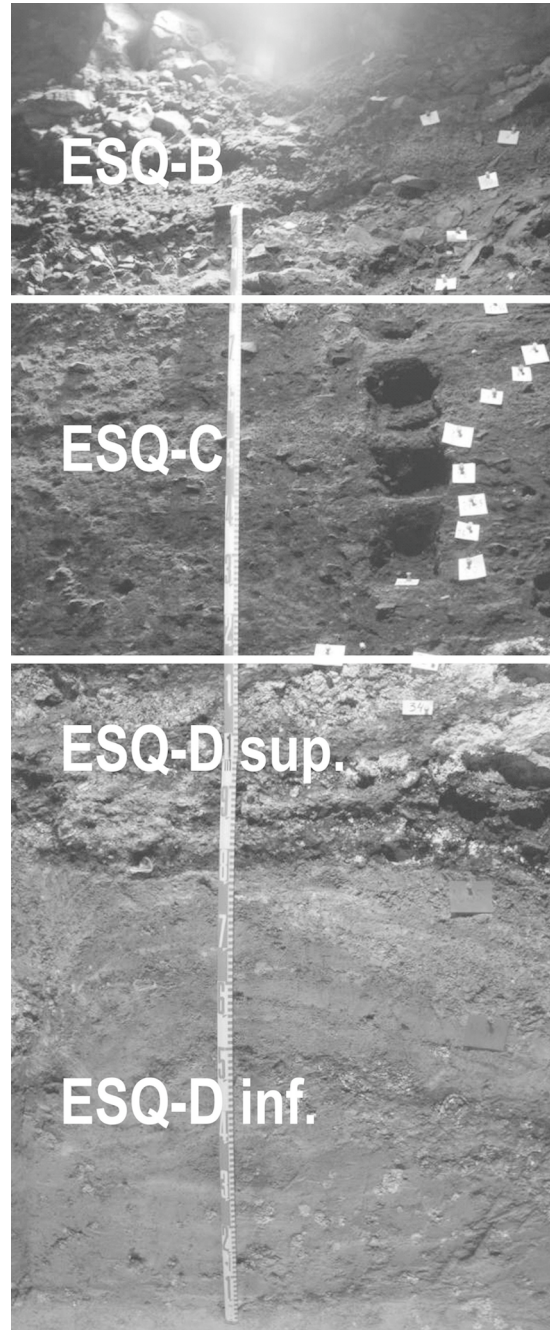


Figura 3. Esquema sobre fotografía de la secuencia litoestratigráfica de la cueva de El Esquilleu con indicación de las unidades litoestratigráficas diferenciadas.

*Figure 3. Photographic scheme of lithostratigraphic sequence of El Esquilleu cave.*

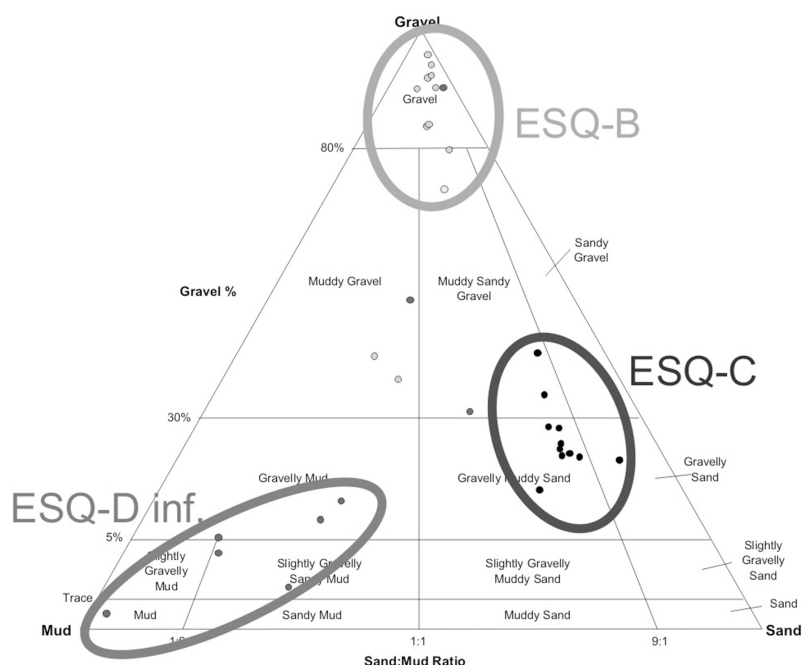


Figura 4. Granulometría de los niveles no consolidados que componen las unidades litoestratigráficas de la secuencia de la cueva de El Esquilleu.

Figura 4. Granulometry of not consolidated levels that compose the lithostratigraphic units of El Esquilleu cave sequence.

sentada; plagioclasas, feldespatos K y clinocloro aparecen en proporciones mínimas estando ausentes en varios niveles. El pH es marcadamente básico (entre 8,31 y 9,11). Esta unidad está relacionada con una sedimentación generada por procesos de decantación en un medio hipogeo de baja energía, con aportes clásticos autóctonos gravitacionales, desarrollo de flujos densos y con un episodio aluvial aislado en su parte basal ESQ-38; los procesos derivados de la actividad antrópica se encuentran moderadamente representados por la presencia de restos faunísticos y escasas evidencias de industrias líticas, que es casi nula en los niveles inferiores y si claramente más significativa en ESQ-38.

- ESQ-C o unidad media (70/90 cm), entre ESQ-30 y ESQ-12, formada por una sucesión de delgados niveles de colores oscuros (10YR2/2, 7,5YR2/0), ricos en MO (máximo 8,18 %) y CO (máximo 4,74 %), constituidos por arenas con diferentes proporciones de

limos y arcillas (Fig. 4). Destaca la fuerte presencia de cuarzo que contrasta con la escasa representación de hidroxilapatito y calcita; plagioclasas, illita y clinocloro aparecen mínimamente representados (Fig. 5). El pH oscila entre 8,03 y 8,71. Esta unidad corresponde a una sedimentación de abrigo rocoso con predominio de procesos de arroyada difusa; los procesos antrópicos alcanzan una gran importancia con desarrollo de numerosos hogares superpuestos, industrias claramente musterienses y restos óseos intensamente cremados y alterados, utilizados como combustible (Yravedra, 2005).

- ESQ-B o unidad superior (180 cm), entre ESQ-11 y ESQ-1, caracterizada por niveles ricos en clastos autóctonos con escasa matriz arenoso lutítica (Fig. 4), escasa MO (máximo 6,16 %) y CO (máximo 3,57 %) y color grisáceo amarillento (10YR5/4). A partir de ESQ-11 el cuarzo sufre una brusca disminución (con un repunte a techo) frente al aumento de

calcita y la aparición de dolomita; el resto de minerales son plagioclasas, feldespatos K, illita y clinocloro, con una mayor presencia de illita en la base y hacia el techo, coincidiendo con un repunte del cuarzo; el hidroxilapatito está presente en baja proporción (Fig. 5). El pH oscila entre 7,6 y 8,94. Esta unidad tiene su origen en una sedimentación de abrigo producida por procesos crioclásticos con aportes de arroyada difusa y flujos densos a techo; las evidencias de actividad antrópica derivadas de procesos culturales están bien representadas, con industrias musterienses de tipo quina y levallois junto a restos faunísticos.

- ESQ-A: Brecha y espeleotema culminante (20 cm), corresponden a una fase de sedimentación clástica autóctona a la que sigue otra en la que tiene lugar precipitación de carbonatos por procesos de goteo que dan lugar al espeleotema y a formaciones estalagmíticas. Hasta el momento, no se han encontrado en esta unidad evidencias de actividad antrópica.

Una posterior fase erosiva cuyo origen hay que relacionarlo con causas naturales (reactivaciones kársticas con desarrollo de procesos erosivos) y/o antrópicas (vaciado parcial de la cueva para la estabulación del ganado), elimina el techo de los depósitos, incluyendo el espeleotema, en la práctica totalidad de la cavidad, conservándose únicamente un testigo de estos tramos superiores del relleno adosado a la pared NE de la cueva, en la zona excavada.

#### 4. Procesos tafonómicos y fosildiagenéticos

En una primera aproximación, desde el punto de vista tafonómico y fosildiagenético, la muestra ósea ofrecida por los niveles estudiados del yacimiento de la cueva de El Esquilleu presenta una conservación diferencial, pudiéndose hacer tres agrupaciones de niveles: una que comprende desde ESQ-3 hasta ESQ-14, otra desde ESQ-15 hasta ESQ-30, y una tercera partir de ESQ-31, aun en proceso de estudio.

Desde el punto de vista tafonómico podemos destacar la elevada fracturación del conjunto óseo debida a diferentes causas. Por un lado, tenemos documentada la acción de los carnívoros, que,

como es sabido, es un fuerte factor de fracturación y de sesgo osteológico, especialmente de aquellos elementos más grasos y menos densos. Su acción esta especialmente documentada entre los niveles ESQ-14 y ESQ-3: como actividad de carroñeo desde ESQ-14 hasta ESQ-6 y como responsable principal de la acumulación ósea entre ESQ-5 y ESQ-3 (Yravedra, 2005, 2006 a, 2006 b).

Por otro lado, está la acción antrópica que es muy importante entre ESQ-30 y ESQ-6, siendo prácticamente el único agente responsable de la acumulación ósea desde ESQ-30 hasta ESQ-14. De hecho parece existir una relación directamente pro-

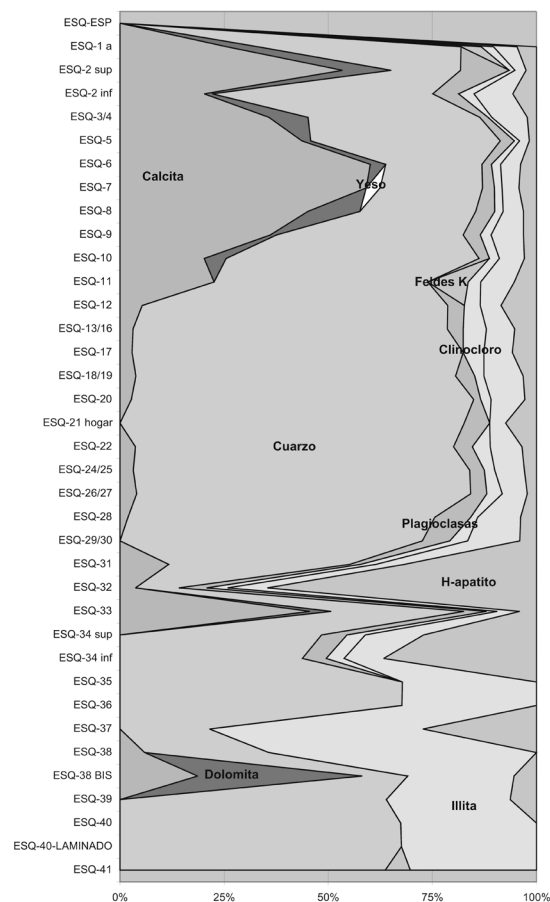


Figura 5. Mineralogía (DRX) de la fracción lutítica de los niveles de la secuencia de la cueva de El Esquilleu.

Figure 5. Mineralogy (XRD) of lutitic fraction of the levels that compose the lithostratigraphic units of El Esquilleu cave sequence.

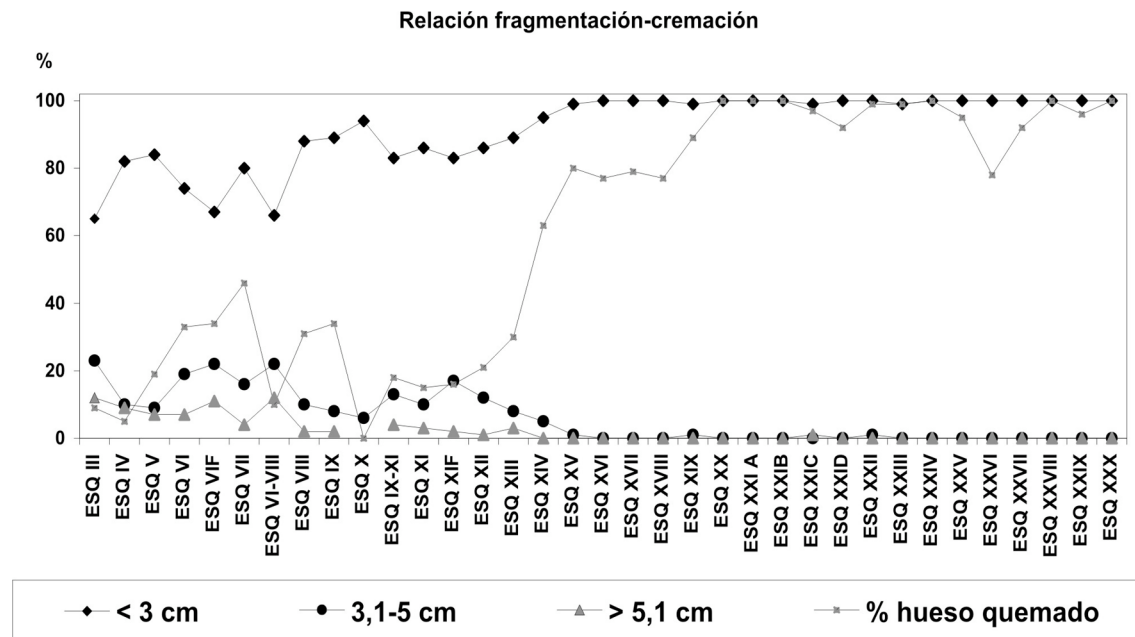


Figura 6. Relación entre fragmentación y cremación de los restos óseos de macromamíferos de los niveles ESQ-3 a ESQ-30 de la cueva de El Esquilieu .  
 Figure 6. Relationship between fragmentation and cremation of macromammals bone remains of the levels ESQ-3 to ESQ-30 of El Esquilieu cave.

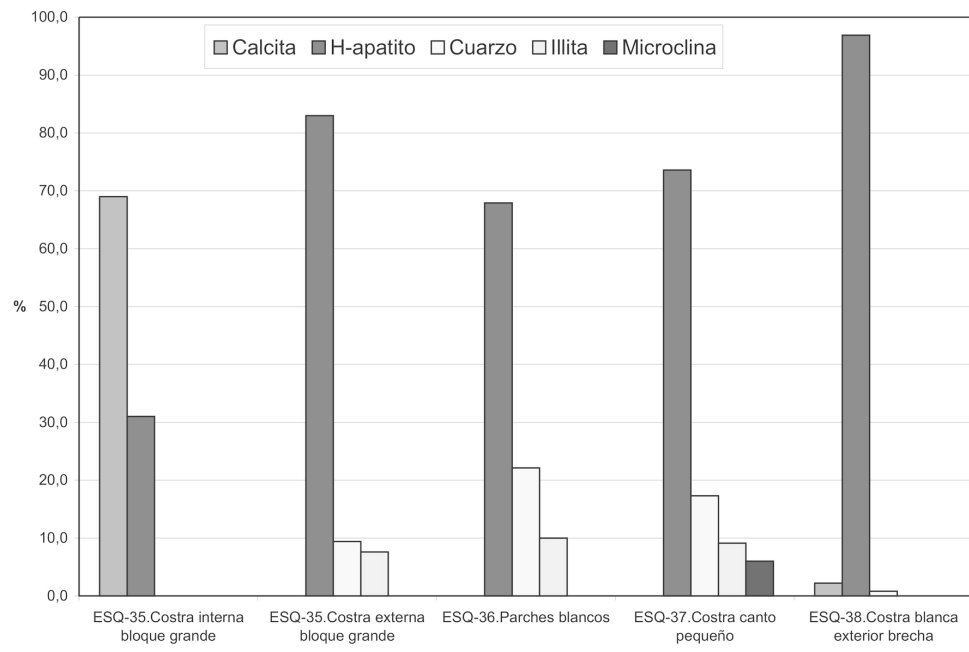


Figura 7. Mineralogía (DRX) de las costras de los niveles inferiores de la unidad ESQ-D de la secuencia de la cueva de El Esquilieu.  
 Figure 7. Mineralogy (XRD) of the crusts of low levels of ESQ-D unit of the El Esquilieu cave sequence.



porcional entre el incremento de los huesos menores de 3 cm y los que presentan un alto grado de cremación (Fig. 6) (Yravedra *et al.*, 2005; Yravedra, 2005). Esta relación permite suponer que la fragmentación del conjunto óseo puede estar condicionada por la acción térmica. Sin embargo, el que la acción del ser humano favorezca la frag-

mentación no tiene por qué condicionar la mala conservación del registro óseo. Desde ESQ-30 hasta ESQ-14, la conservación de la muestra ósea es muy mala, lo que ha provocado que la identificación taxonómica y anatómica se limite a aquellos elementos más resistentes y densos, como son los dientes y las diáfisis de los metápodos (Lyman,

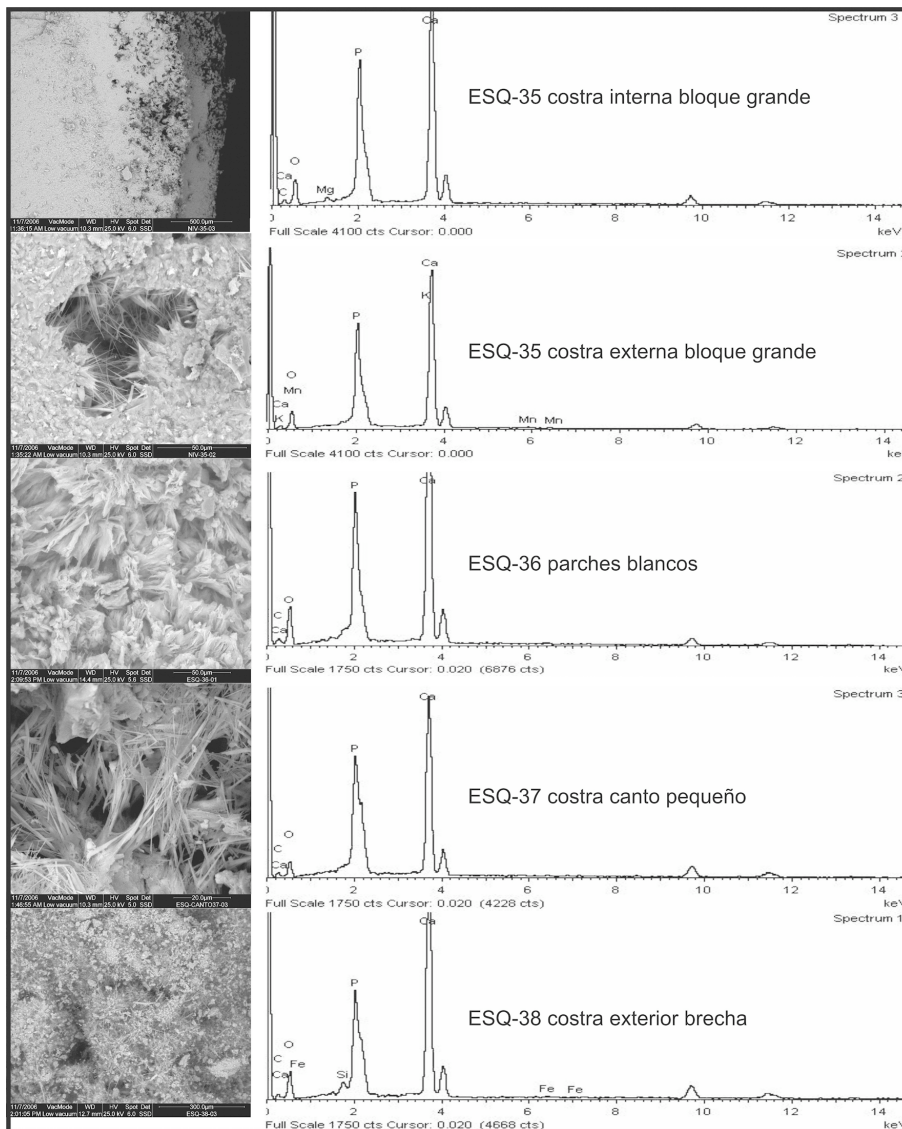


Figura 8. Fotomicrografías ESEM bajo electrones secundarios de diferentes agregados de hidroxiapatito fibroso. Análisis químicos por energías dispersivas de los hidroxiapatitos con cantidades accesorias variables de silicio, hierro, magnesio y manganeso.

Figure 8. ESEM photomicrographs under secondary electrons of different aggregates of fibrous hydroxyapatite. Chemical analyses by dispersive energies of hydroxyapatites with changeable accessory quantities of silica, iron, magnesium and manganese.

1984; Lam *et al.*, 1998). Incluso en algunas unidades, sólo se han identificado fundas dentarias en un estado muy endeble. Podría pensarse en la posibilidad de que en dichas unidades sólo estuvieran representadas dichas partes, o que la acción del fuego hubiera consumido los huesos hasta convertirlos en cenizas. Sin embargo, en algunas unidades (ESQ-21a-d y ESQ-23) se ha documentado la utilización de hueso como combustible, presentando un grado de cremación y fragmentación muy elevado que no ha impedido la conservación de todas las secciones óseas, incluidos los elementos menos densos y resistentes (Yravedra *et al.*, 2005), por lo que en estas unidades, la acción del fuego ha favorecido la conservación de los huesos y que no desaparezcan, como ocurre en ESQ-30 a ESQ-24, ESQ-22 y ESQ-20 a ESQ-14.

Los datos tafonómicos existentes a partir de ESQ-31 parecen mostrar un panorama diferente: la conservación vuelve a ser buena y en los perfiles

anatómicos están representadas todas las secciones. Tafonómicamente la muestra ósea parece indicar que se debe a la acción humana, y como los huesos de ESQ-13 a ESQ-6, indican perfiles de cremación más moderados. La única diferencia respecto a todo lo anterior es que los huesos de estas unidades presentan más alteraciones de tipo hídrico, así los huesos con rodamientos, pulidos y abrasiones son abundantes entre ESQ-35 y ESQ-31, mientras que en ESQ-34, ESQ-33 y ESQ-32 son abundantes los huesos con manchas de manganesos y con concreciones de fosfatos. Los restos faunísticos en los niveles inferiores a ESQ-35 son muy escasos y fragmentarios, estando ausentes en los niveles conocidos de la base de la secuencia.

En lo referente a las alteraciones fosildiagénicas detectadas en los restos óseos de la cueva de El Esquilleu sólo podemos referirnos a las existentes desde ESQ-3 hasta ESQ-14, ya que la excesiva fragmentación de los huesos en los niveles infrayacentes no permite hacer mayores precisiones. La incidencia del *weathering*, siguiendo los criterios definidos por Behrensmeyer (1978) es casi inexistente y la presencia de rodamientos, pulidos, abrasiones, alteraciones bioquímicas, manchas de manganeso, descalcificaciones, concreccionamientos, etc, son poco significativas (Yravedra, 2005). Prueba de ello son los escasos porcentajes que aparecen de estos procesos en los huesos. Como observación particular cabe destacar que los restos que presentan más manchas de manganeso o alteraciones hídricas, tales como rodamientos, pulidos o abrasiones, tienden a concentrarse próximos al sumidero, mientras que los huesos con alteraciones bioquímicas de tipo radicular lo hacen en los cuadros más próximos a la entrada de la cueva.

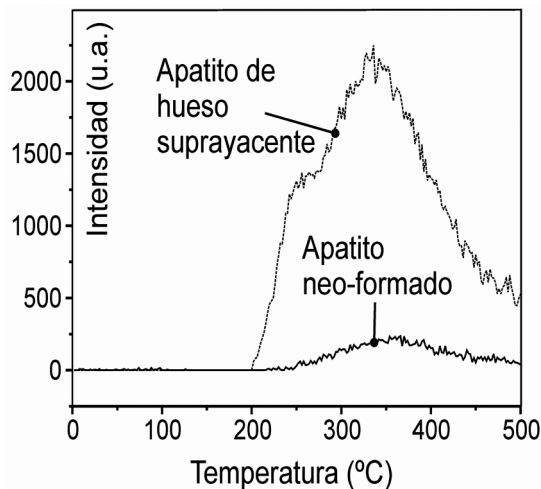


Figura 9. Curvas de termoluminiscencia de un apatito "primario" de un hueso de las unidades superiores con señal grande de TL debido a su larga historia geológica recibiendo irradiaciones ambientales, en comparación con las masas de apatito neoformado recientes y con muchas menores dosis de irradiaciones naturales (menor señal de TL).

Figura 9. Thermoluminescence (TL) curves of primary apatite of a bone of upper units with TL's big signal due to its long geological history receiving environmental irradiations, in comparison with masses of recent neoformed apatite and with many minor doses of natural irradiations (TL's minor sign).

## 5. Procesos diagenéticos

Con objeto de determinar el origen de las costras de hidroxilapatito de las costras de la unidad ESQ-D, además de realizar DRX de los diferentes niveles que la componen (Fig. 5), hemos estudiado la mineralogía de las costras que rodean los grandes bloques de ESQ-35, los parches blancos dispersos en ESQ-36, las costras que envuelven pequeños clastos de ESQ-37 y la costra que rodea el nivel brechoide de ESQ-38, resultando estar

mayoritariamente constituidas por hidroxilapatito (Fig. 7). En estas costras, la calcita únicamente aparece en la parte interna de la costra que rodea un gran bloque, en contacto con la caliza que lo compone, mientras que en su zona exterior, está ausente por completo; igualmente aparece en muy baja proporción en la costra que rodea al conglomerado brechoide de ESQ-38. También hemos analizado las costras citadas mediante ESEM pudiendo observar los cristales fibrosos de hidroxilapatito (Fig. 8).

Los resultados obtenidos, unidos a la alta proporción de hidroxilapatito en los niveles superiores de ESQ-D y su mínima presencia en ESQ-C y en ESQ-B, nos permite afirmar que se trata de un mineral de neoformación, producto de la disolución de los restos óseos de ESQ-B y, fundamentalmente, de ESQ-C, y del posterior lixiviado del P hasta ESQ-D, proceso favorecido por la naturaleza

arenosa de ESQ-C y por las características de los niveles de la ESQ-D, arcillosos, marcadamente básicos y originalmente ricos en  $\text{CaCO}_3$ , al que se ha unido el P para dar hidroxilapatito, con una pérdida de calcita. El resultado son unos niveles concrecionados de aspecto grumoso y colores claros de geometría tabular y considerable extensión lateral y también unas costras que envuelven a grandes y pequeños clastos, llegando incluso a una sustitución completa.

El hidroxilapatito es un mineral de neoformación presente en cuevas aunque de manera poco frecuente (Hill y Forti, 1997); sin embargo, el proceso diagenético aquí descrito ha sido citado en sedimentos de otras cavidades con yacimientos prehistóricos como Theopetra (Grecia), Kebara (Israel), Grotte XVI (Francia) (Goldberg y Nathan, 1975; Karkanas *et al.*, 1999, 2000, 2002) y Antoliñako Koba (Vizcaya) (Yusta *et al.*, 2005).

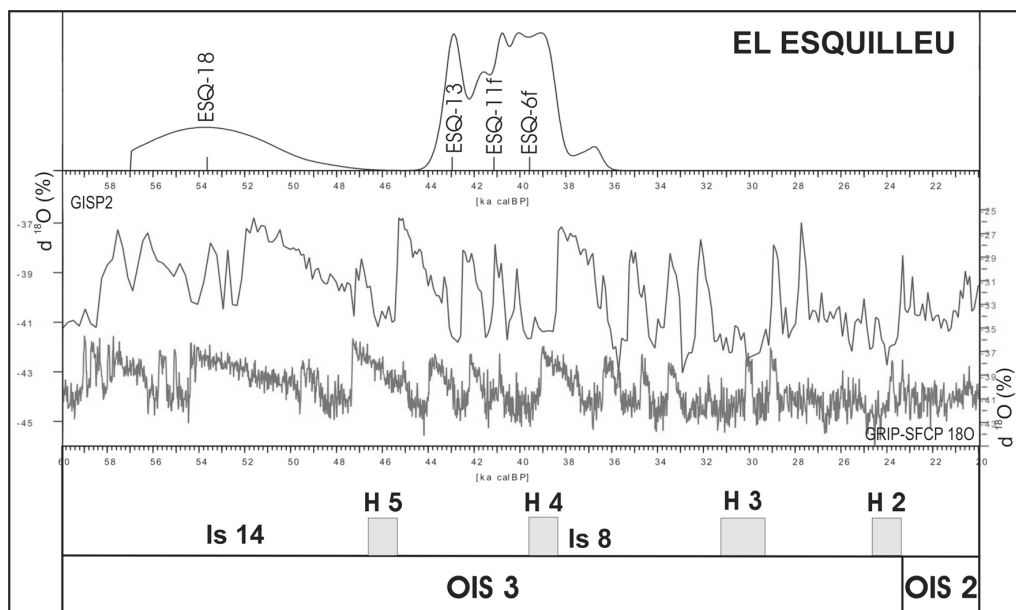


Figura 10. Curva de probabilidad acumulada obtenida a partir de la calibración de las fechas radiocarbónicas de la Cueva del Esquilleu (curva de calibración CalPal2007 Hulu, CALPAL versión marzo 2007, Weninger *et al.*, 2007) y comparación con las curvas de variación de los isótopos del oxígeno ( $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) obtenidas en los sondeos de los hielos de Groenlandia GISP2 (Grootes *et al.*, 1993; Meese *et al.*, 1994; Sowers *et al.*, 1993) y GRIP (Dansgaard *et al.*, 1989, 1993; GRIP members, 1993; Grootes *et al.*, 1993; Johnsen *et al.*, 1997).

Figure 10. Accumulated probability curve of calibrated radiocarbon dates of El Esquilleu Cave (CalPal2007 Hulu calibration curve, CALPAL march 2007 version, Weninger *et al.*, 2007) and comparison with oxygen isotope variation curves ( $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) obtained from Greenland ice cores GISP2 (Grootes *et al.*, 1993; Meese *et al.*, 1994; Sowers *et al.*, 1993) y GRIP (Dansgaard *et al.*, 1989, 1993; GRIP members, 1993; Grootes *et al.*, 1993; Johnsen *et al.*, 1997).

La presencia de fósforo y fosfatos en yacimientos arqueológicos es un hecho habitual, sobre el que existe abundante literatura, constituyendo la presencia de este elemento y sus compuestos un buen indicador de actividad antrópica en una zona determinada (Sánchez y Cañabate, 1998). El fósforo aparece en vegetales y animales tanto en forma de fosfato orgánico como inorgánico, encontrándose en proporciones elevadas en el caso de los animales en los huesos (23,5 %), hígado (22,1 %), cerebro (21,2 %) y sangre (4,5 %); también se encuentra en los fluidos animales como la leche (8,3 %) y en los productos de deshecho de animales, como excrementos (15,8 %) y orina (4,9 %) (Sánchez y Cañabate, 1998). El agente productor de P en un yacimiento arqueológico es, sin duda, el hombre, dado que a sus propias deyecciones orgánicas hay que unir los restos de animales consumidos que se abandonan en la superficie ocupada o en las estructuras de combustión, los enterramientos, los subproductos de la estabulación de ganado y los trabajos artesanales relacionados con el manejo de productos orgánicos (Sánchez y Cañabate, 1998).

El P que se encuentra en determinados niveles arqueológicos, acumulado por procesos de disolución de los componentes de los huesos animales en medio ácido (Berna *et al.*, 2004; Smith *et al.*, 2005), tiende a migrar disuelto en el agua que atraviesa los depósitos permeables: se trata de la lixiviación. Este proceso en el que el P disuelto como forma iónica móvil migra en sentido descendente se produce en un medio acuoso con buen drenaje y una cierta acidez (Smith *et al.*, 2005). En caso de sedimentos arenosos (carentes de Fe, Al y Ca) se favorece el lixiviado del P y por tanto su migración en profundidad, mientras que los sedimentos arcillosos y ricos en carbonato cálcico favorecen la

fijación del P (Sánchez y Cañabate, 1998). El P orgánico o inorgánico que se encuentra en disuelto en el agua que circula por un suelo o por un sedimento experimenta un proceso de transformación al estado sólido o precipitación denominado fijación (Sjöbern, 1976). Al igual que la disolución, este proceso está asociado íntimamente a la acidez de los sedimentos, de tal forma que si el pH del depósito es básico ( $\text{pH} > 7$ ) el P precipita como fosfato insoluble de calcio (hidroxilapatito), mientras que si el pH es ácido ( $\text{pH} < 7$ ) el P precipita como fosfatos insolubles de hierro (estregnita) y aluminio (variscita) (Sánchez y Cañabate, 1998).

En la cueva de El Esquilieu se produce una pérdida de P por disolución y lixiviado en los niveles de las unidades ESQ-B y ESQ-C, fundamentalmente en esta última, y una acumulación de P por precipitación en los niveles del techo de la unidad ESQ-D, al reaccionar este con los materiales calcínicos de los niveles arcillosos, impermeables, dando lugar a hidroxilapatito y por tanto generando una pérdida de calcita en estos niveles. El resultado son los niveles concrecionados de aspecto grueso y colores blanquecinos descritos en la unidad ESQ-D superior, así como las costras de hidroxilapatito que envuelven a los bloques y cantos calizos y los parches blancos producto de la sustitución de la calcita de pequeños cantos en los niveles arcillosos de esa misma unidad.

Con objeto de verificar el carácter diagenético del hidroxilapatito presente en los niveles de la cueva de El Esquilieu analizamos la TL de muestras óseas de las unidades ESQ-B y ESQ-C y de las costras de la ESQ-D.

La presencia iones  $\text{Mn}^{2+}$  en posiciones de  $\text{Ca}^{2+}$  dentro de la estructura del apatito produce fuertes emisiones luminiscentes entre los 580 y los 620

Tabla 1. Dataciones radiocarbónicas de la cueva de El Esquilieu y calibradas mediante la curva de calibración CalPal2007 Hulu (CALPAL versión marzo 2007, Weninger *et al.*, 2007).

Table 1. Radiocarbon dates from El Esquilieu cave calibrated by CalPal2007 Hulu calibration curve (CALPAL versión marzo 2007, Weninger *et al.*, 2007).

Nivel	Muestra	Código de Laboratorio	Fecha $^{14}\text{C}$ (BP)	Fechas cal BO (95 % prob.)
ESQ-3	Hueso	AA-29664	12050±130	Anómala (ver texto)
ESQ-6 fauna	Carbón	AA-37883	34380±670	41700-37460 cal BP
ESQ-11 fauna	Carbón	AA-37882	36500±830	43060-39220 cal BP
ESQ-13	Carbón	Beta-149320	39000±300	43760-42160 cal BP
ESQ-18	Carbón	OX A-11414	49700±1600	58890-48410 cal BP

nm. Sin embargo, para analizar el estado estructural de la red cristalográfica del apatito, es preferible analizar los defectos relacionados con el oxígeno en la región espectral UV-azul, por ese motivo, en este trabajo se ha utilizado un filtro azul (FIB002 de la firma Melles-Griot) con un máximo de detección de longitudes de onda 320–480nm, una banda FWHM de 80716 nm y una transmitancia máxima de un 60%.

La estructura de la curva de termoluminiscencia obtenida con dos picos máximos (Fig. 9) la podemos atribuir a una deshidroxilación de baja temperatura, hacia los 250° C, y a un proceso de autodifusión iónica del calcio que incluiría continuas reconstrucciones y roturas de enlaces químicos del oxígeno (Ca—O, P—O) hacia los 350° C. Esta hipótesis podría explicar también las geometrías de órdenes multi-cinéticos de las curvas de TL. Los espectros de TL explican perfectamente que los niveles de apatito más moderno (neoformado) de El Esquilleu estén situados estratigráficamente por debajo de los que tienen apatito más antiguo (óseo) (Fig. 9).

## 6. Dataciones y cronoestratigrafía

Las edades radiocarbónicas (AMS) obtenidas hasta el momento a partir de muestras de diferentes niveles de la cueva de El Esquilleu permiten situar con cierta precisión su secuencia en la escala cronoestratigráfica del Pleistoceno superior. Para ello hemos utilizado el software CalPal que, además de calibrar las fechas radiocarbónicas convencionales (Tabla 1), ofrece la posibilidad de realizar comparaciones de las curvas de probabilidad acumulada de las fechas consideradas con numerosos *proxies* de alta resolución (Fig. 10), como las curvas de variación de los isótopos del oxígeno ( $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) proporcionadas por los sondeos realizados en los hielos de Groenlandia GISP2 (Grootes *et al.*, 1993; Meese *et al.*, 1994; Sowers *et al.*, 1993) y GRIP (Dansgaard *et al.*, 1989, 1993; GRIP members, 1993; Grootes *et al.*, 1993; Johnsen *et al.*, 1997), que han permitido obtener una escala cronológica muy precisa para el Pleistoceno superior seguida actualmente como marco de referencia temporal (Sánchez Goñi y d'Errico, 2005; Moreno *et al.*, 2007).

Todas las fechas son coherentes entre sí y son representativas de los niveles muestreados, exceptuando AA-29664 que no cumple los requisitos de orden arqueológico necesarios (Mestres, 2003) pues carece de asociación y sincronía con los materiales del nivel datado (ESQ-3), por lo que no la tendremos en consideración.

Las dataciones extremas de que disponemos sitúan la secuencia entre los interestadios correspondientes a las oscilaciones Dansgaard-Oeschger Is 14 e Is 8, dentro del OIS 3, incluyendo el OIS 3c y el OIS 3b y los hitos ambientales H 5 y H 4 (Fig. 10). La continuación del registro sedimentario por encima del nivel del que procede la fecha más reciente (ESQ-6) y las características marcadamente frías de estos niveles permiten llevar la secuencia incluso hasta el H3, en la parte media del OIS 3 a. Igualmente ocurre por debajo del nivel de procedencia de la fecha radiocarbónica más antigua (ESQ-18), con un registro sedimentario superior a 2 m, y con unas dataciones por TL de muestras de tierra quemada del nivel ESQ-21 entre 51 y 53,5 ka (Mad-3299 51034 ± 5114 BP y Mad-3300 53491 ± 5114 BP), que permiten suponer el inicio de la sedimentación conocida en El Esquilleu en los comienzos del OIS 3.

## 7. Conclusiones

La secuencia sedimentaria del yacimiento arqueológico de la cueva de El Esquilleu se compone de cuatro unidades litoestratigráficas claramente diferenciadas por diversos criterios geológicos, unidades que responden al desarrollo de procesos sedimentarios muy distintos. Así, los niveles de la unidad inferior (ESQ-D) se formaron en un medio hipogeo de baja energía fundamentalmente por procesos de acreción vertical con momentos de repunte de energía, los niveles de la unidad intermedia inferior (ESQ-C) tuvieron su origen en un medio hipogeo-abierto por procesos de arroyada difusa con aportes de materiales predominantemente silíceos y los niveles de la unidad intermedia superior (ESQ-B) se generaron en un medio de abrigo rocoso abierto con clara influencia del ambiente exterior por procesos de crioclasticismo. Finalmente, la unidad superior (ESQ-1) se formó en un medio de abrigo rocosos por procesos de precipitación química.

Los procesos antrópicos están claramente presentes en las dos unidades intermedias (ESQ-C y ESQ-B), con desarrollo de hogares, abundantes restos óseos muy fragmentados y utilizados como combustible y desarrollo de industrias musterienses en la unidad ESQ-C, mientras que en la unidad ESQ-B, con unas industrias musterienses de tecnología tipo quina y levallois la fragmentación ósea es menor. La unidad inferior (ESQ-D) presenta rasgos de actividad antrópica que disminuyen hacia la base con un repunte en un nivel detrítico de la base, mientras que en la unidad superior (ESQ-A) no se han detectado hasta la fecha evidencias de actividad antrópica. Además, en la unidad ESQ-B se observan rasgos que permiten identificar la actividad acumuladora de carnívoros y carroñeros.

Además de estos procesos de formación del registro arqueológico, hemos identificado en la secuencia de la cueva de El Esquilieu importantes rasgos de actividad diagenética, como es la formación de costras de hidroxilapatito en los niveles de la unidad inferior (ESQ-D). La formación de estos niveles de hidroxilapatito secundario está en relación con la disolución de los huesos presentes en las unidades ESQ-C y ESQ-B y su lixiviado en profundidad hasta alcanzar los niveles lutíticos basales, en donde reacciona con los carbonatos presentes dando lugar a los fosfatos de neoformación, produciéndose una sustitución de la calcita, tanto en sedimentos finos como en los bloques y cantos calizos, por hidroxilapatito, generando en el primer caso costras tabulares y en el segundo envueltas y parches de fosfato. Los análisis de termoluminiscencia llevados a cabo verifican esta actividad diagenética.

Cronoestratigráficamente, la secuencia de la cueva de El Esquilieu se encuentra bien situada en el tiempo gracias a las dataciones radiocarbónicas y de TL con las que cuenta. Su desarrollo está comprendido al menos entre los interestadios Is 14 e Is 8 dentro del OIS 3 (Pleistoceno superior). Un nuevo conjunto de dataciones que en la actualidad estamos llevando a cabo permitirá alcanzar una mayor precisión respecto a la situación cronoestratigráfica de esta interesante secuencia.

#### Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco de los proyectos *Ecología y subsistencia de las primeras*

*poblaciones neandertales en el centro de la región cantábrica y Estrategias de producción lítica durante el Paleolítico Inferior y Medio en el centro de la región cantábrica*, dirigidos por JBP y subvencionados por la Diputación Regional de Cantabria, y *El poblamiento de la Cuenca Alta del Duero durante el Paleolítico Superior y Epipaleolítico: Reconstrucciones paleoambientales del Cuaternario a partir de estudios en medio kárstico*, financiado por un Contrato de Investigación "Ramón y Cajal" del Ministerio de Educación y Ciencia del Gobierno de España, dirigido por JFJP. Los análisis granulométricos, mineralógicos y ESEM fueron realizados en el Museo Nacional de Ciencias Naturales; agradecemos a M<sup>a</sup> Ángeles Fernández, Rafael González y Marta Furió su disposición a la hora de realizar respectivamente los citados análisis.

#### Referencias bibliográficas

- Baena, J., Carrión, E., Manzano, I., Velázquez, R., Sández, E., Sánchez, S., Ruiz Zapata, B., Uzquiano, P. & Yravedra, J. (2005a). Ocupaciones musterienses en la comarca de Liébana (Occidente de Cantabria): la Cueva de El Esquilieu. En: *Geoarqueología y Patrimonio en la Península Ibérica y el entorno mediterráneo* (M. Santonja, A. Pérez-González y M.J. Machado, eds.). ADEMA, Soria, 113-125.
- Baena, J., Carrión, E., Ruiz, B., Ellwood, B., Sesé, C., Yravedra, J., Jordá, J. F., Uzquiano, P., Velázquez, R., Manzano, I., Sánchez-Marco, A. & Hernández, F. (2005b). Paleoecología y comportamiento humano durante el Pleistoceno Superior en la comarca de Liébana: La secuencia de la Cueva de El Esquilieu (Occidente de Cantabria, España). En: *Neandertales cantábricos, estado de la cuestión* (R. Montés Barquín y J.A. Lasheras Corruçhaga, eds.). Museo de Altamira. Monografías, 20, Santander, 461-487.
- Baena Preysler, J., Carrión Santafé, E., Requejo López, V., Conde Ruíz, C., Manzano Espinosa, I. & Pino Uría, B. (1999). Avance de los trabajos realizados en el yacimiento paleolítico de la Cueva de El Esquilieu (Castrocillorigo-Cantabria). *Actas del 3º Congreso de Arqueología Peninsular*, II, 251-262.
- Behrensmeier, A.K. (1978). Taphonomic and ecological information from bone weathering. *Paleobiology*, 4 (2), 150-162.
- Berna, F., Matthews, A. & Weiner, S. (2004). Solubilities of bone mineral from archaeological sites: the recrystallization window. *Journal of Archaeological Science*, 31, 867-882.
- Blott, S.J. & Pye, K. (2001): GRADISTAT: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surf. Process. Landforms*, 26, 1237-1248.

- Dansgaard, W., Johnsen, S.J., Clausen, H.B., Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N.S., Hammer, C.U., Hvidberg, C.S., Steffensen, J.P., Sveinbjørnsdóttir, A.E., Jouzel, J. & Bond, G.C. (1993). Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record. *Nature*, 364, 218-220.
- Dansgaard, W., White, J.W.C. & Johnsen, S.J. (1989). The abrupt termination of the Younger Dryas climate event. *Nature*, 339, 532-533.
- Goldberg, P. & Macphail, R.I. (2006). *Practical and Theoretical Geoarchaeology*. Blackwell Publishing, Malden-Oxford-Carlton, 456 pp.
- Goldberg, P. & Nathan, Y. (1975). The phosphate mineralogy of et-Tabum cave, Mount Carmel, Israel. *Mineralogical Magazine*, 40, 253-258.
- GRIP Members (1993). Climate instability during the last interglacial period recorded in the GRIP ice core. *Nature*, 364, 203-207.
- Groote, P.M., Stuiver, M., White, J.W.C., Johnsen, S. & Jouzel, J. (1993). Comparison of Oxygen Isotope Records from the GISP2 and GRIP Greenland Ice Core. *Nature*, 366, 552-554.
- Hill, P. & Forti, P. (1997). *Cave Minerals of the World*. 2<sup>nd</sup> Ed. National Speleological Society, Huntsville.
- Johnsen, S.J., Clausen, H.B., Dansgaard, W., Gundestrup, N.S., Hammer, C.U., Andersen, U., Andersen, K.K., Hvidberg, C.S., Dahl-Jensen, D., Steffensen, J.P., Shoji, H., Sveinbjørnsdóttir, A.E., White, J.W.C., Jouzel, J. & Fisher, D. (1997). The  $\delta^{18}\text{O}$  record along the Greenland Ice Core Project deep ice core and problem of possible Eemian climatic instability. *Journal of Geophysical Research*, 102, 26397-26410.
- Karkanas, P., Bar-Yosef, O., Goldberg, P. & Weiner, S. (2000). Diagenesis in Prehistoric Caves: the Use of Minerals that Form *In Situ* to Assess the Completeness of the Archaeological Record. *Journal of Archaeological Science*, 27, 915-929.
- Karkanas, P., Kyriakou-Apostolika, N., Bar-Yosef, O. & Weiner, S. (1999). Mineral Assemblages in Theopetra, Greece: A Framework for Understanding Diagenesis in Prehistoric Cave. *Jour. Arch. Science*, 26, 1171-1180.
- Karkanas, P., Rigaud, J.-P., Simek, J. F., Albert, R. M. & Weiner, S. (2002). Ash Bones and Guano: a Study of the Minerals and Phytoliths in the Sediments of Grotte XVI, Dordogne, France. *Journal of Archaeological Science*, 29, 721-732.
- Lam, Y.M., Chen, X., Marean, C. W. & Frey, C. (1998). Bone density and long bone representation in archaeological faunas. Comparing results from CT and Photon densitometry. *Journal of Archaeological Science*, 25, 559-570.
- Lyman, R.L. (1984). Bone density and differential survivorship in fossil classes. *Journal of Anthropological Archaeology*, 3, 259-99.
- Martín-Ramos, J.D. (2004): Xpoder. A software package for powder x-ray diffraction analysis. www.xpoder.com.
- Martínez-Moreno, J., Mora Torcal, R. & Casanova i Martí, J. (2006). El Mesolítico de los Pirineos surorientales: una reflexión sobre el significado de las "facies de fortuna" del Postglaciario. En: *El Mesolítico de muescas-denticulados en la Cuenca del Ebro y el Litoral Mediterráneo peninsular* (A. Alday Ruíz, coord.), Memorias de Yacimientos Alaveses, 11, Diputación Foral de Álava, 158-188.
- Meese, D., Alley, R., Gow, T., Groote, P.M., Mayewski, P., Ram, M., Taylor, K., Waddington, E & Zielinski, G. (1994). Preliminary depth-age scale of the GISP2 ice core. *CRREL Special Report*, 94-1. Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Hanover, New Hampshire, 66 pp.
- Mestres I Torres, J.S. (2003). La química i la cronología: la datació per radiocarboni. *Revista de la Societat Catalana de Química*, 4, 10-25.
- Moreno, A., Cacho, I., Canals, M., Grimalt, J.O., Sánchez-Goni, M.F. & Sierro, F.J. (2007): Conexiones climáticas de escala milenaria entre procesos oceánicos y atmosféricos durante el Último Ciclo Glaciario: estudio multidisciplinar de un sondeo del Mar de Alborán (Mediterráneo occidental). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 20 (1-2), 31-52.
- Munsell, A.H. (1981): *A color notation: an illustrated system defining all colors and their relations by measured scales for Hue, Value and Chroma*. 14th ed. Munsell Color, Baltimore, 67 pp.
- Sánchez, A. & Cañabate, M.L. (1998). *Indicadores químicos para la Arqueología*. Colección Martínez de Maza, Universidad de Jaén.
- Sánchez Goni, M.F. & d'Errico, F. (2005). La historia de la vegetación y el clima del último ciclo climático (OIS5-OIS1, 140.000-10.000 años BP) en la Península Ibérica y su posible impacto sobre los grupos paleolíticos. En: *Neandertales cantábricos, estado de la cuestión* (R. Montés Barquín y J.A. Lasheras Corruçaga, eds.). Museo de Altamira. Monografías, 20, Santander, 115-129.
- Sowers, T., Bender, M., Labeyrie, L., Martinson, D., Jouzel, J., Raynaud, P., Pichon, J.J. & Korotkevich, A. (1993). A 135.000 year Vostok-Specmap common temporal framework. *Paleoceanography*, 8, 737-766.
- Smith, C.I., Craig, O.E., Prigodich, R.V., Nielsen-Marsh, C.M., Hans, M.M.E., Vermeer, C. & Collins, M.J. (2005): Diagenesis and survival of osteocalcin in archaeological bone. *Journal of Archaeological Science*, 32, 105-113.
- Schiffman, M.B. (1987). *Formation Processes of the Archaeological Record*. University of New Mexico Press, Albuquerque.
- Sjöberg, A. (1976). Phosphate analysis of anthropic soils. *Journal of Field Archaeology*, 3 (4), 447-454.
- Thomas, G.W. (1996): Soil pH and soil acidity. *Methods of Soil Analysis, Part 3—Chemical Methods*. Soil Science Society of America, Madison, 475-490.
- Weninger, B., Jöris, O. & Danzeglocke, U. (2006). *Glacial radiocarbon age conversion. Cologne radiocarbon calibration and palaeoclimate research package <CALPAL> User manual*. www.calpal.de, Universität zu Köln, Institut für Ur- und Frühgeschichte. Köln.
- Wood, W.R. & Johnson, D.L. (1978). A survey of disturbance processes in archaeological site formation. *Advances in Archaeological Method and Theory*, 1, Academic Press, Nueva York, 315-381.
- Yravedra Sainz de los Terreros, J. (2005). *Patrones de aprovechamiento de recursos animales en el Pleistoceno Superior de la Península Ibérica: estudio tafonómico y zooarqueológico de los yacimientos del Esquilieu, Amalda, cueva Ambrosio y la Peña de Estebanvela*. Tesis doctoral UNED. Madrid.

- Yravedra Sainz de los Terreros J., Baena, J., Arrizabalaga A. & Iriarte M<sup>a</sup>. J. (2005). El empleo de material óseo como combustible durante el Paleolítico Medio y Superior en el Cantábrico. Observaciones experimentales. En: *Neandertales cantábricos, estado de la cuestión* (R. Montés Barquín y J.A. Lasheras Corrucho, eds.). Museo de Altamira. Monografías, 20, Santander, 369-383.
- Yravedra Sainz de los Terreros J. (2006 a). Aportes biológicos y antrópicos en la Cueva de El Esquilieu (Cantabria, España). *Zona Arqueológica*, 7. Homenaje a V. Cabrera, vol. 1, 280-289.
- Yravedra Sainz de los Terreros J. (2006 b). Acumulaciones biológicas en yacimientos arqueológicos: Amalda VII y Esquilieu III-IV. *Trabajos de Prehistoria*, 62 (2), 55-78.
- Yusta, I., Velasco, F., Aguirre, M. & Orue, I. (2005). Aparición de niveles ricos en fosfatos en el registro paleolítico de la Cueva de Antoliña (Gautegiz-Arteaga, Vizcaya). *Macla*, 3, 221-223.