

mos entropía. Esto supone contradecir lisa y llanamente al propio Carnot que dedica la primera nota a pie de página de su libro precisamente a aclarar que utiliza las palabras calor y calórico exactamente en el mismo sentido. Además, Truesdell ha demostrado de forma bastante concluyente que muchos resultados que obtiene Carnot hacen uso implícito de la teoría del calórico.

Pese a todo, no se puede cerrar este punto diciendo simplemente que Carnot escribía derecho con renglones torcidos. La historia aún guardaba una sorpresa. En 1872, y con el nombre de Carnot ya reivindicado gracias a físicos británicos y alemanes fundamentalmente, la Academia Francesa de Ciencias decidió reeditar su obra. Unos años después, su hermano Hippolyte, entonces Senador de la República, remitió a la Academia una pequeña biografía y unas notas manuscritas e inéditas de Sadi. En estas notas, escritas probablemente entre 1824 y 1826, queda de manifiesto que Carnot tenía sus dudas sobre la corrección de la teoría del calórico. Estas dudas se basaban, entre otros, en los experimentos de Rumford que parecían mostrar la posibilidad de una producción ilimitada de

calórico. (No deja de ser curioso que Rumford se hubiera casado con la viuda de Lavoisier.) Pero si el calórico no es una sustancia ¿cómo hay que interpretarlo? Carnot baraja la idea del calórico radiante, es decir, que el calor sea un movimiento ondulatorio semejante a la luz. También baraja la idea de que el calor sea en realidad una forma de movimiento molecular macroscópicamente inobservable. En tal caso, cuando se convierte en movimiento macroscópico debería haber una pérdida de calor. Pero entonces surge la pregunta clave: si la potencia motriz surge de un consumo de calor, ¿por qué son necesarios dos focos a diferentes temperaturas? ¿Por qué no basta con tomar calor de un foco a una temperatura constante y transformarlo íntegramente en potencia motriz? Más aún: ¿sigue siendo independiente la potencia motriz del cuerpo utilizado para realizarla? ¿Sigue habiendo un rendimiento óptimo?

Parece claro, entonces, que Carnot era consciente de que su teoría necesitaba una reformulación completa. Sus conjeturas sobre el calor como forma de movimiento se adelantan en más de veinte años a los

trabajos de Joule, Koenig y Clausius que establecieron definitivamente la teoría dinámica del calor. Además hemos visto que, una vez formulada correctamente la Primera Ley, las ideas de Carnot pueden constituir un camino hacia a la Segunda. Si añadimos a esto una admiración fraternal es fácil comprender que, al presentar estas notas póstumas, Hippolyte llegara a afirmar categóricamente que ellas demostraban que su hermano conocía perfectamente tanto la Primera como la Segunda Ley de la Termodinámica. Pero siendo más objetivos, todavía hay una buena distancia entre la equivalencia calor-trabajo y la Primera Ley de la Termodinámica; y tampoco es cierto, como a veces se dice, que Carnot descubriera la Segunda Ley sin conocer la Primera. Esto no disminuye su figura. Como ha dicho el hipercrítico Truesdell «pocos hombres han hecho tanto para fundar una ciencia como hizo Carnot en el caso de la Termodinámica». Sólo nos queda lamentar que Carnot no hubiera llegado a compartir una mesa con Kelvin, Clausius y tantos otros.

J. Javier García Sanz
Depto. de Física Fundamental

INTERACCIÓN DE LA CIENCIA CON OTRAS RAMAS DEL SABER

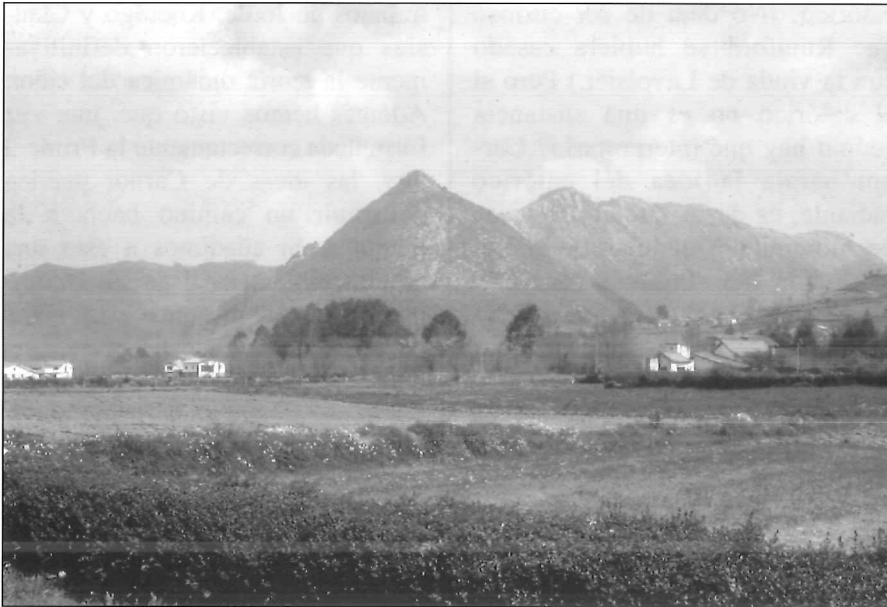
Una experiencia interdisciplinaria

La Prehistoria, disciplina a la que dedicamos nuestra vida profesional, se encuentra entre aquellas disciplinas humanísticas que se imparten en las carreras de Historia. Sin embargo, los métodos que utiliza y, a menudo los axiomas de los que parte para formular una teoría, descansan sobre las ciencias básicas. Su método científico fundamental es el arqueológico con el que forma una sola entidad para conocer el desarrollo histórico de la humanidad, desde sus orígenes hasta el comienzo de la escritura.

La Prehistoria, en sí, constituye la bisagra entre las ciencias históricas, como la Geología o la Paleontología y las ciencias históricas del hombre plenamente humanísticas. Por esta razón, a veces sus principios descansan sobre pilares característicos de estas ciencias y, sin embargo, revierte en síntesis que se desarrollan en el terreno de las humanidades. Al mismo tiempo tiene que recurrir a la colaboración de campos científicos como la Física y la Química, que colaboran fundamentalmente en lo que denominamos Arqueometría, es decir, a proporcionar marcos cronológicos más fiables a la inter-

pretación histórica de los datos. Por estas razones, en algunos países el estudio de la Prehistoria se desarrolla en Facultades de Ciencias, especialmente el sector cronológicamente más antiguo que se corresponde con el desarrollo de las sociedades cazadoras-recolectoras.

La interdisciplinariaidad en nuestro campo es frecuente, especialmente en el periodo aludido, y constituye un hecho habitual las publicaciones conjuntas de resultados e interpretaciones sobre los datos obtenidos, como los que hemos venido realizando con diversos especialistas en casos diferentes



Vista de Monte Castillo desde el valle del río Pas.

como la realización de dataciones radiométricas, para el arte rupestre paleolítico, o el estudio de distintos yacimientos paleolíticos, básicamente en la cornisa cantábrica. Hemos escogido el título de una experiencia interdisciplinar en lugar de multidisciplinar, porque el primero implica una mayor correlación y colaboración entre los especialistas que no parece deducirse del segundo término e intentaremos mostrar, lo más sucintamente posible, la gran riqueza que supone la interdisciplinaria en algún caso de nuestra propia experiencia, como es el estudio del yacimiento de la cueva del Castillo.

LAS CARACTERÍSTICAS DEL YACIMIENTO

La cueva del Castillo se encuentra situada en el monte del mismo nombre en el pueblo de Puente Viesgo (Cantabria). Monte Castillo irrumpe con su silueta cónica en el perfil del valle del río Pas, formando con un monte opuesto un cerrojo sobre el mismo. Su propia silueta debía constituir un punto de referencia topográfica importante para los grupos cazadores que durante 120.000 años habitaron en esta zona y dejaron sus vestigios en el yacimiento. Su situación privilegiada, a 130 m sobre el valle, configuran un

sitio de caza excepcional, al mismo tiempo que su amplia boca ofrece un habitat amplio y luminoso, capaz de albergar un grupo de unas cien personas; estas razones pueden ser las claves para que, en la Prehistoria, este yacimiento fuera ocupado reiteradas veces desde lo que conocemos por Paleolítico Inferior/Medio y todo el Paleolítico Superior.

Las actuaciones arqueológicas en el yacimiento han sido fundamentalmente dos. La primera de ellas realizada entre 1910 y 1914 por el equipo del Institut de Paléontologie Humaine (Obermaier 1925) y las dirigidas por nosotros a partir de 1980 y que continúan en la actualidad. Aquellas primeras excavaciones desvelaron un depósito cuya profundidad total se encontraba entre 18 y 20 m y que ofrecía 26 niveles en total, que alternaban unos con restos antrópicos intercalados con otros, sin vestigios de ocupación humana. A la luz de un trabajo previo con documentación y las excavaciones actuales (Cabrera 1984) hemos podido identificar los siguientes niveles culturales definidos de más antiguo a más reciente como: dos niveles de Paleolítico Medio antiguo, uno de Achelense Superior, dos Musterienses, y en la secuencia del Paleolítico Superior: dos Auriñacienses, dos Gravetienses, uno del Solutrense Medio, tres

Magdalenienses y uno Aziliense. Traducido a términos antropológicos clásicos, el hombre moderno estaría representado a partir del primer nivel Auriñaciense, si bien queremos hacer constar que no somos partidarios de correlacionar determinados fósiles humanos con determinadas culturas, a no ser que estén explícitamente asociados en el nivel arqueológico involucrado. En nuestra opinión, una clasificación cultural determinada es independiente de las variedades fósiles humanas si no hay un resto humano asociado claramente a los vestigios, por lo que, para nosotros, en Castillo el Musteriense y el inicio del Paleolítico Superior pudiera deberse tanto a los neandertales como al hombre moderno.

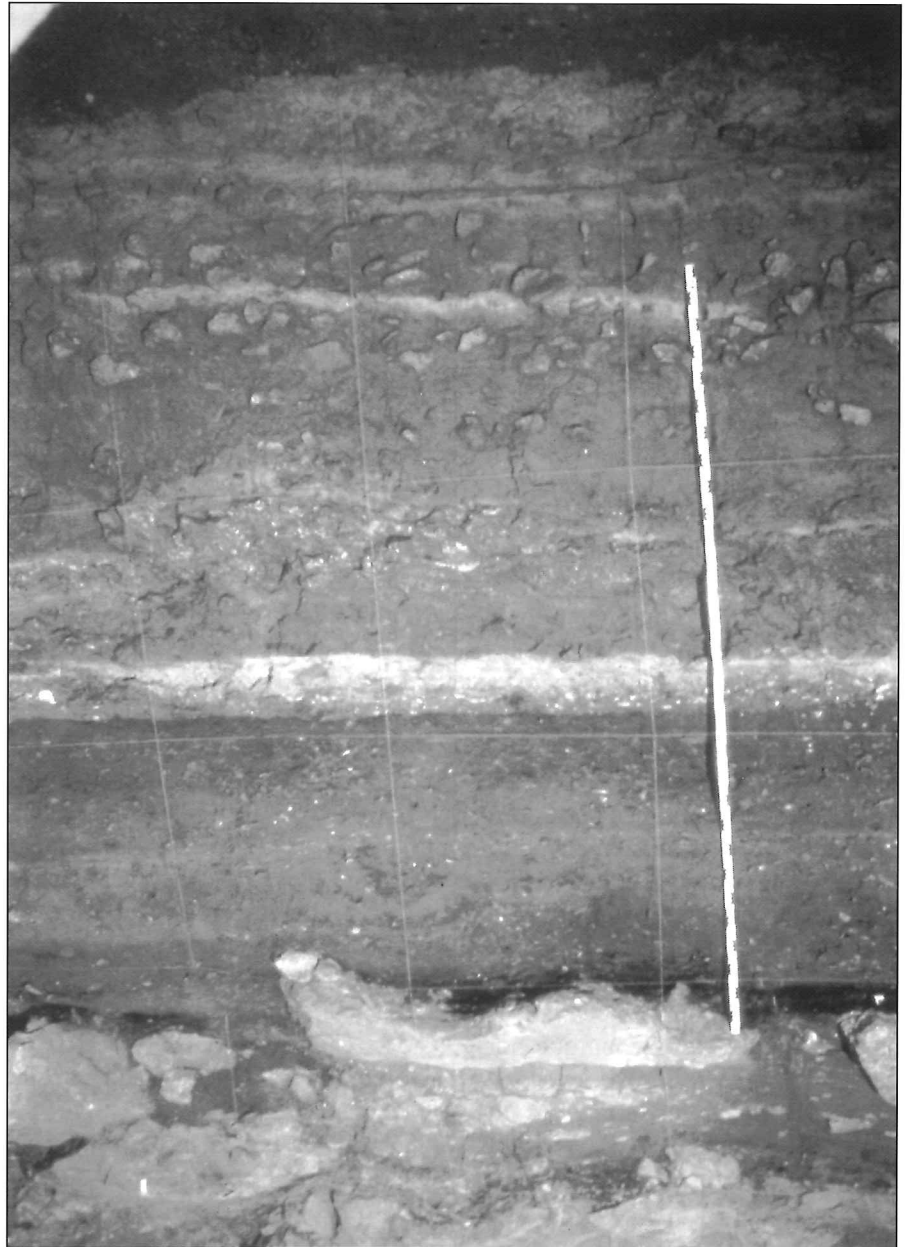
Gracias a la abundante documentación gráfica dejada por H. Obermaier y H. Breuil, los primeros investigadores del yacimiento, hemos podido identificar la mayor parte de los niveles desde la base (Paleolítico Medio y Achelense) hasta uno de los niveles sin ocupación antrópica (anterior al último Gravetiense), es decir, del nivel 25 al 13, y retener el sistema numérico de denominación de niveles atribuido por nosotros a la estratigrafía anterior. Éstos han sido la base de la investigación actual, sin que por ello no hayamos sido capaces de identificar vestigios de niveles superiores que por las dificultades inherentes al trabajo de campo hemos tenido que obviar por el momento. En cuanto al sistema numérico, la excepcionalidad de los depósitos permite en la actualidad desglosar los mismos en subniveles, en caso necesario, durante las excavaciones modernas, que necesariamente son mucho más exhaustivas que las antiguas. Realmente, el sistema actual nos permite recuperar incluso los restos de semillas que se encuentran ya parcialmente identificados.

Un caso de particular interés dentro del estudio global del yacimiento es el relacionado con el nivel 18, el primer nivel (Auriñaciense arcaico) del Paleolítico superior en el

yacimiento, cuya minuciosa excavación ha ocupado doce campañas anuales diferentes, ya que no sólo se ha realizado un control del registro estratigráfico, sino que se ha establecido un control del registro horizontal sobre 40 m², de los que los vestigios de la ocupación humana se constataron en unos 25 m². Estas ocupaciones humanas desglosadas en dos subniveles 18b y 18c se encontraban entre dos niveles sin vestigios antrópicos que lo aislaban, por un lado, (nivel 19) de las ocupaciones musterienses anteriores (nivel 20) y, por otro, (nivel 17) de un antiguo derrumbe de la visera de la cueva, visible en la actualidad, que sellaron el depósito hacia el exterior de la boca de la cueva.

EL INICIO DEL PALEOLÍTICO SUPERIOR EN LA CUEVA DEL CASTILLO SEGÚN LOS RESULTADOS DE DISTINTAS DISCIPLINAS

Las recientes excavaciones han mostrado unas características en cuanto al componente de la industria realizada en sílex y cuarcita y materiales óseos, similares a las que se encontraban en las colecciones procedentes de las excavaciones antiguas. Así, hemos podido constatar cómo en los procesos de manufactura de la industria lítica nos encontramos con unas piezas características, núcleos discoidales, que se manifiestan asimismo como abundantes entre los materiales musterienses y que, sin embargo, en este nivel 18 siguen siendo abundantes, pero a los que se les ha sumado una variación en su uso, como es la extracción de hojas (o piezas cuya longitud es por lo menos el doble de su anchura y su generalización se tiene como básica en las colecciones de los cazadores del Paleolítico superior). Además, la utilización de pequeños cantos de cuarcita para la realización de determinadas piezas diagnósticas, como son los raspadores carenados, parecen seguir la tradición musteriense en cuyos depósitos es frecuente encontrar estos cantos selecciona-



Corte estratigráfico del Castillo donde se aprecia la sucesión de niveles desde la base hasta el Auriñaciense.

dos para la fabricación de otras piezas diagnósticas, en este caso del musteriense, como son las raederas Quina.

La industria realizada sobre materias duras animales ha mostrado varias piezas, entre las que destacan, fundamentalmente, tres: un extremo de punta (o azagaya) realizada en asta de cérvido, característica de las culturas del Paleolítico superior, y dos piezas mostrando unas marcas cortas horizontales, similares a las denominadas "marcas de caza", presentes en yacimientos alemanes en horizontes cronológicos del 30.000 y pertenecientes al Auriñaciense antiguo.

En el estudio de la fauna intervienen distintos especialistas, entre los que esperamos conseguir no sólo una descripción de los datos que ofrece el registro, sino también análisis que puedan llevarnos a comprender estrategias de captura de animales, estacionalidad del yacimiento, hábitos de descuartizamiento, que entrarían a formar parte de las actividades cotidianas realizadas en el yacimiento, la dieta, las características del yacimiento como cazadero, ... En primer lugar, si bien estamos a la espera de resultados del estudio realizado por J. Altuna y K. Marietzkurrena, sí podemos avanzar algunos resultados prelimi-

nares de nuestras propias observaciones y de A. Pike del análisis del *Annuli Dental*, en este caso de los ciervos. Pike Tay es especialista en la detección de estacionalidad en la captura de la fauna a través del análisis del *cementum annuli*.

El espectro de la fauna que hemos detectado hasta el momento es amplio, aunque el ciervo es el elemento más importante de la captura del nivel 18 de la cueva del Castillo; sin embargo, junto a él tenemos rinoceronte y restos, no sabemos si de mamut o elefante, ya que sólo tenemos un fragmento de 12 cm del marfil de una defensa. También se encuentran restos de otros ungulados, como équidos y bóvidos, en diferentes proporciones, pero siempre cuantitativamente en menor proporción que los restos de *Cervus elaphus*. Especialmente representativo, los restos del ciervo en el subnivel 18b ofrece partes desmembradas de los mismos individuos, ya que se estiman la proximidad de escápulas, vértebras y costillas entremezcladas y asociadas con la industria lítica. La presencia de carroñeros la hemos detectado en algunos puntos de la zona que bordea el límite exterior de la ocupación del 18b y en los momentos iniciales de la ocupación del 18c. Las huellas que presentan algunos restos roídos claramente por los carroñeros son netamente diferentes de aquéllas que aparecen en los numerosos restos de fauna asociados al resto de los materiales arqueológicos y que están interpretadas como huellas de descuartizado y descarnado de los animales.

La presencia de carroñeros se detecta asimismo por la presencia de coprolitos, cuyo material está siendo analizado en Santiago de Compostela, por el interés que guarda el conocer vestigios de pólenes que pueden contener estos restos y que ya han dado resultados convincentes en otros yacimientos, con el fin de conocer el paisaje o el entorno en etapas probablemente de abandono del yacimiento por parte del hombre. De igual manera, el análisis de restos de la microfauna, especialmente micromamíferos

(analizados en Santiago de Compostela), aves y batracios (Museo de Ciencias Naturales) y peces (Universidad de Burdeos), nos acercarán aún más al conocimiento de la biocenosis que rodeó al hombre del Auriñaciense del Castillo, incluso la posibilidad de actividades especiales como la pesca.

Los macrorestos vegetales han sido también objeto de estudio por parte de W. Crowe (semillas) de la IPI y de P. Uzquiano (carbones) del Centro de Estudios Históricos del CSIC. En general, han resultado más útiles desde el punto de vista climático que paleoeconómico. Los restos de semillas nos han aportado sobre todo fragmentos de rosáceas (moras) junto a otras procedentes del ecosistema característico de la boca de cuevas. Los carbones nos presentan un marco en el que destacan por su abundancia los abedules seguidos de los pinos, especies ambas de gran interés económico, al resultar útiles tanto para mantener el fuego de los hogares como productoras de resina, usada en el enmague de los instrumentos.

El análisis de la sedimentación ha sido realizado por el Dr. Hoyos Gómez del Museo Nacional de Ciencias Naturales del CSIC. Su análisis nos indica la existencia de condiciones complejas ya que al medio natural se le suman los aportes y transformaciones antrópicas y los efectos de las deformaciones producidas por el desprendimiento de grandes bloques del techo. En todo caso, en el nivel 18 los materiales procedentes del exterior, arcillas con cantos, han deslizado en masa de forma lenta, suave y plástica por soliflucción, en diferentes etapas marcadas por lóbulos internos irregulares señalados por los amontonamientos irregulares de cantos, todo ello en condiciones climáticas no necesariamente muy rigurosas. Estos aportes son menos importantes en la base y algo más intensos a techo. En la etapa de deposición del nivel intermedio predomina la sedimentación por aguas superficiales no canalizadas. Los procesos de gelivación coetáneos de la formación de este nivel son moderados en

la base y más intensos a techo, en todo caso no demasiado intensos, siempre de menor entidad que en el nivel 20. Las características paleoclimáticas de este nivel corresponden con un clima poco frío en la base que pasa a condiciones de temperatura algo más rigurosas a techo. Respecto a la humedad, puede considerarse ésta dentro de un clima húmedo, algo más importante en una pulsación interior coincidente con los mayores aportes por escorrentía.

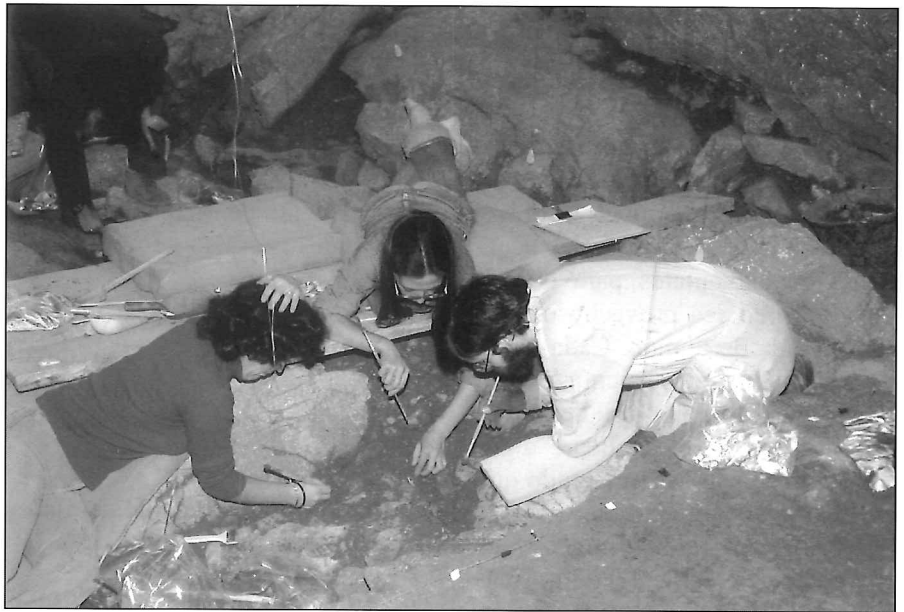
De la Cueva del Castillo tenemos una serie amplia de dataciones, tanto de carbono 14 como de las series del uranio/torio y de la ESR (Electron Spin Resonance), que creemos interesante comentar. Para el nivel 18 se han realizado por el AMS (Acelerador-Espectrómetro de Masa) del C¹⁴ un total de diez dataciones en tres laboratorios diferentes, Tucson (Cabrera y Bischoff 1989), Oxford y Gif-sur-Yvette (Cabrera Valdés *et al.* 1996), que para el conjunto del nivel 18 no presentan discrepancias significativas, a pesar de provenir de tres laboratorios diferentes, y que abarcan desde 38.500 ± 1.800 (AA-2406) para el nivel 18B1, 37.100 ± 2.200 (OxA 2473), 37.700 ± 1.800 (AA-2407), 38.500 ± 1.300 (OxA 2474), 40.700 ± 1.600 (OxA 2475) para el 18B2 y 39.500 ± 2.000 (GiFA 89147), 39.800 ± 1.400 (OxA 2478), 40.000 ± 2100 (AA-2405), 40.700 ± 1.500 (OxA 2476) y 41.100 ± 1.700 (OxA 2477) para el nivel 18C*.

Como se puede ver, la base del nivel 18 (18c) se sitúa alrededor de los 40.000 BP (BP significa *before present*), mientras que los subniveles superiores se pueden situar alrededor del 38.500 BP. La presencia de estas diez fechas no permite objetar dudas de la situación cronológica del nivel. Esta secuencia se puede contrastar con las series polínicas obtenidas en La Grande Pile, la más completa del oeste (W) de

* Las letras indicadas entre paréntesis se refieren a los laboratorios citados más arriba: AA (Tucson), OxA (Oxford) y GiFA (Gil-sur-Juette); los números se refieren a las muestras estudiadas.

Europa y la que dispone de mejores dataciones isotópicas de contraste. Por sus características climáticas interestadiales, el nivel 19 y la parte inferior del 18 (18C), puede hacerse corresponder con el interestadio de Hengelo (Zona 15) datado en 40.000 ± 600 BP, y el nivel 20 sin ruptura sedimentaria con el 19 y de carácter frío, en la fase fría inmediatamente anterior al interestadio de Moerschoofd, y permiten también situar estos niveles interestadiales en una marcada pulsación climática, correlacionada con la pulsación templada detectada en la curva isotópica para el noroeste (NW) Atlántico en el sondeo V30.97 dentro del estadio 3, que, por otra parte, también se señala en el Mediterráneo con la presencia de un nivel con *Strombus bubonius*, atribuido al Tyreniense IV y datado en 39.000 ± 2.000 BP.

Dentro de los análisis del yacimiento, se procedió a recoger muestras destinadas a obtener dataciones absolutas por el método isotópico del uranio-torio. Las muestras se recogieron en la costra estalagmítica y la capa de perlas de las cavernas subyacente que separan la secuencia clásica de musteriense de la correspondiente al Paleolítico Inferior y Medio más antiguo del yacimiento. Se obtuvieron cuatro dataciones en el Geological Survey de California por J. Bishoff, que ofrecieron : 30.000, 60.000, 87.000 y 120.000. El bajo contenido de uranio no parecían hacer fiables las mismas y, desde luego, las dos primeras se corresponden con las muestras sobre perlas de las cavernas, que siempre ofrecen bastante alteración. También contamos con los resultados de un muestreo realizado en el año 1981 por R. Grün en la Universidad de Colonia, que ofreció para la costra estalagmítica una datación de 92.800 con un contenido de uranio fiable y que apoya la datación de 87.000 del laboratorio de California. Estas fechas se encuentran dentro de lo observado en la estratigrafía de las antiguas excavaciones, y que podrían situar la secuencia inferior de Castillo en los finales del Riss y el interglaciario



Momento de la excavación del subnivel 18b.

Riss/Würm de la clásica secuencia alpina y en el Estadio Isotópico 5 b-d de las series isotópicas marinas.

Otro grupo de dataciones es el realizado con el método de la Resonancia Magnética de Spin, y que se encuentra a cargo del Dr. W.J. Rink y el Dr. H.P. Schwarcz de la McMaster University de Hamilton, Ontario, Canadá. Este método se realiza sobre el esmalte de los dientes, los primeros resultados se unen a la serie de dataciones realizadas, aunque por el momento no tenemos una datación completa al observarse una serie de problemas de método, especialmente en relación a la cantidad de agua contenida en los sedimentos y a problemas de baja concentración de U en las muestras. Sin embargo, nos ofrece una importante serie de contraste sobre estos niveles.

Todos estos trabajos van encaminados a proporcionar un estudio integral del yacimiento. Queda por remarcar la importancia de la cronología tan antigua, con una media cercana al 40.000 BP, para ocupaciones del inicio del Paleolítico Superior, por el momento las más antiguas de la Península Ibérica.

BIBLIOGRAFÍA

CABRERA VALDÉS, V., 1984, *El Yacimiento de la Cueva de «El Castillo»*. (Puente Viesgo, Santan-

der), Madrid, Bibliotheca Praehistorica Hispana XXII.

CABRERA VALDÉS, V. and J. BISHOFF, 1989, «Accelerator ^{14}C dates for Early Upper Palaeolithic (Basal Aurignacian) at El Castillo Cave (Spain)», *Journal of Archaeological Science*, 16, pp. 577-584.

CABRERA VALDÉS, V., M. HOYOS GÓMEZ, F. BERNALDO DE QUIRÓS, 1993, La transición del Paleolítico Medio/Paleolítico Superior en la Cueva de «El Castillo»: características paleoclimáticas y situación cronológica, *El Origen del Hombre moderno en el Suroeste de Europa*, UNED, Madrid, pp. 81-104.

CABRERA VALDÉS, V., H. VALLADAS, F. BERNALDO DE QUIRÓS, M. HOYOS GOMEZ, 1996, La Transition Paléolithique moyen-Paléolithique supérieur à El Castillo (Cantabria): nouvelles datations par le carbone ^{14}C , *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*. 322, II a, pp. 1093-1098.

OBERMAIER, H., 1925, *El Hombre Fósil*, Comisión de Investigaciones Prehistóricas y Paleontológicas, Madrid.

RINK, W. J., H.P. SCHWARCZ, H.K. LEE, V. CABRERA VALDÉS, F. BERNALDO DE QUIRÓS Y M. HOYOS, 1996, ESR Dating of Tooth Enamel: Comparison with AMS ^{14}C at El Castillo Cave, Spain, *Journal of Archaeological Science*, 23, pp. 945-951.

Victoria Cabrera Valdés
Depto. de Prehistoria e H.^a Antigua.