

# LA CUEVA DE EL SIDRÓN (PILOÑA). CAMPAÑAS DE EXCAVACIÓN E INVESTIGACIÓN 2007-2012

M. de la Rasilla<sup>1</sup>, D. Santamaría<sup>1</sup>, L. Martínez<sup>1</sup>, E. Duarte<sup>1</sup>, J. Fernández de la Vega<sup>1</sup>, P. Suárez<sup>1</sup>, A. B. Díez<sup>1</sup>, E. Martínez<sup>1</sup>, J. C. Cañaveras<sup>2</sup>, S. Sánchez-Moral<sup>3</sup>, S. Cuezva<sup>3</sup>, A. Fernández Cortés<sup>3</sup>, E. García Antón<sup>3</sup>, J. Lario<sup>4</sup>, A. Rosas<sup>5</sup>, A. Estalrich<sup>5</sup>, A. García-Tabernero<sup>5</sup>, R. Huguet<sup>7</sup>, M. Bastir<sup>5</sup>, B. Fernández Cascón<sup>5</sup>, C. Sesé<sup>6</sup>, C. Lalueza-Fox<sup>8</sup>, P. G. Silva<sup>9</sup>, P. Carrasco<sup>9</sup>, G. Santos<sup>9</sup>, P. Huerta<sup>9</sup>, L. Rodríguez<sup>9</sup>, I. Picón<sup>9</sup>, B. Fernández<sup>9</sup>, M. Standing<sup>9</sup>, E. Badal<sup>10</sup>, A. Tarrío<sup>11</sup>, D. C. Salazar-García<sup>12</sup> y J. Fortea<sup>1</sup>

De acuerdo con los objetivos expuestos en los diferentes convenios con la Consejería de Cultura del Principado de Asturias relacionados con las intervenciones arqueológicas en el yacimiento y las investigaciones derivadas, durante las campañas de 2007 a 2012 las actuaciones se han organizado en los ámbitos de la Arqueología, Geología (exterior e interior), Antropología, Paleogenética y Paleobiología.

Advertir que la campaña arqueológica de 2010 tuvo una duración menor (1-13 de septiembre) a causa de coyunturales situaciones administrativas; pero entre otras cosas se dedicó a la puesta en común *in situ* de los resultados obtenidos hasta la fecha en las diferentes disciplinas y técnicas analíticas para alcanzar una visión de conjunto que facilitase la elaboración de unas primeras conclusiones sobre los neandertales -y sus circunstancias- presentes en El Sidrón que se plasmaron en la monografía titulada "*La Cueva de El Sidrón (Borines, Piloña, Asturias). Investigación interdisciplinar de un grupo neandertal*" (Rasilla *et alii*, 2011)<sup>2</sup>.

## 1. ARQUEOLOGÍA.

Las campañas arqueológicas se han realizado en siete zonas del complejo cárstico de El Sidrón: Galería del Osario, Abrigo de la Tumba, Vertical exterior de la Galería del Osario, Vertical interior de la Galería del Osario, Galería de los Huesos, Galería de las Pinturas y Zona Salomón-Galería Cimera (Fig. 1). Casi todas ellas se han hecho, como se ha dicho en varias ocasiones, para buscar el lugar de entrada de los restos hallados en la citada galería y para

localizar la previsible zona de ocupación o habitación de los grupos neandertales.

### *Galería del osario*

Se han ampliado varias cuadrículas de las bandas E-F-G-H/10 a 5, y se ha vuelto a excavar en el sector 4 para recuperar más materiales arqueológicos, antropológicos y faunísticos (Fig. 1 y 2). En esta última zona han aparecido algunas piezas líticas y varios restos de fauna que incrementan algo la exigua cifra de sus efectivos.

Respecto a la industria lítica, tras la campaña de 2012 el conjunto lítico del Osario asciende a 431 restos líticos, de los cuales 331 son artefactos de origen antrópico y 100 de carácter dudoso. La duda responde, como se ha dicho en los preceptivos informes, a que en el yacimiento hay tectoclastos dada la presencia de cantos de sílex y cuarcita en los conglomerados existentes en la cavidad. El estudio detallado que se está llevando a cabo permitirá decidir definitivamente si son antrópicos o naturales; de modo que incluso este recuento podría variar ligeramente. La industria lítica del Osario está realizada principalmente en sílex de Piloña (~75%) y en cuarcita de la Formación Barrios (~20%), con una explotación marginal de otras materias primas. Todas las fases de producción lítica (apertura de los núcleos, producción de soportes, mantenimiento de las superficies del núcleo) están bien representadas en sílex y en cuarcita, lo que refuerza la hipótesis de una explotación local de estas materias primas.

La clasificación tipológica del utillaje retocado es la siguiente: ocho productos levallois, seis raederas, dos útiles del Paleolítico superior, un cuchillo de dorso natural y treinta y tres denticulados, a los que habría que añadir un bifaz cordiforme en cuarcita y once lascas con retoque discontinuo (Fig. 3). Hasta el momento se han conseguido remontar 79 piezas líticas, lo que representa un ~20% del conjunto total. Con todo, si nos atenemos a los productos de lascado y a los núcleos (estos grupos constituyen el núcleo principal de nuestra investigación) el porcentaje de remontajes se eleva hasta un insólito ~33%. Este porcentaje podría aumentar considerablemente en los próximos años, ya que la mayor parte del conjunto lítico no remontado presenta unas características morfológicas (materia

<sup>1</sup> Universidad de Oviedo. <sup>2</sup> Universidad de Alicante. <sup>3</sup> Dpto. de Geología, CSIC, MNCN, Madrid. <sup>4</sup> UNED, Madrid. <sup>5</sup> Grupo de Paleantropología. Dpto. de Paleobiología, MNCN, CSIC, Madrid. <sup>6</sup> Dpto. de Paleobiología, MNCN, CSIC, Madrid. <sup>7</sup> Universidad Rovira i Virgili, Tarragona. <sup>8</sup> Instituto de Biología Evolutiva, CSIC/UPF, Barcelona. <sup>9</sup> Universidad de Salamanca. <sup>10</sup> Universidad de Valencia. <sup>11</sup> CENIEH, Burgos. <sup>12</sup> Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, Leipzig. [J. Fortea fue investigador principal del proyecto hasta el año 2009].

<sup>2</sup> Este artículo se construye al marco cronológico del nº 7 de *Excavaciones Arqueológicas en Asturias 2007-2012*. De entonces acá se han producido algunos avances en los diferentes frentes de investigación abiertos y una parte de ellos están ya publicados. Véase el apartado de bibliografía de este artículo.

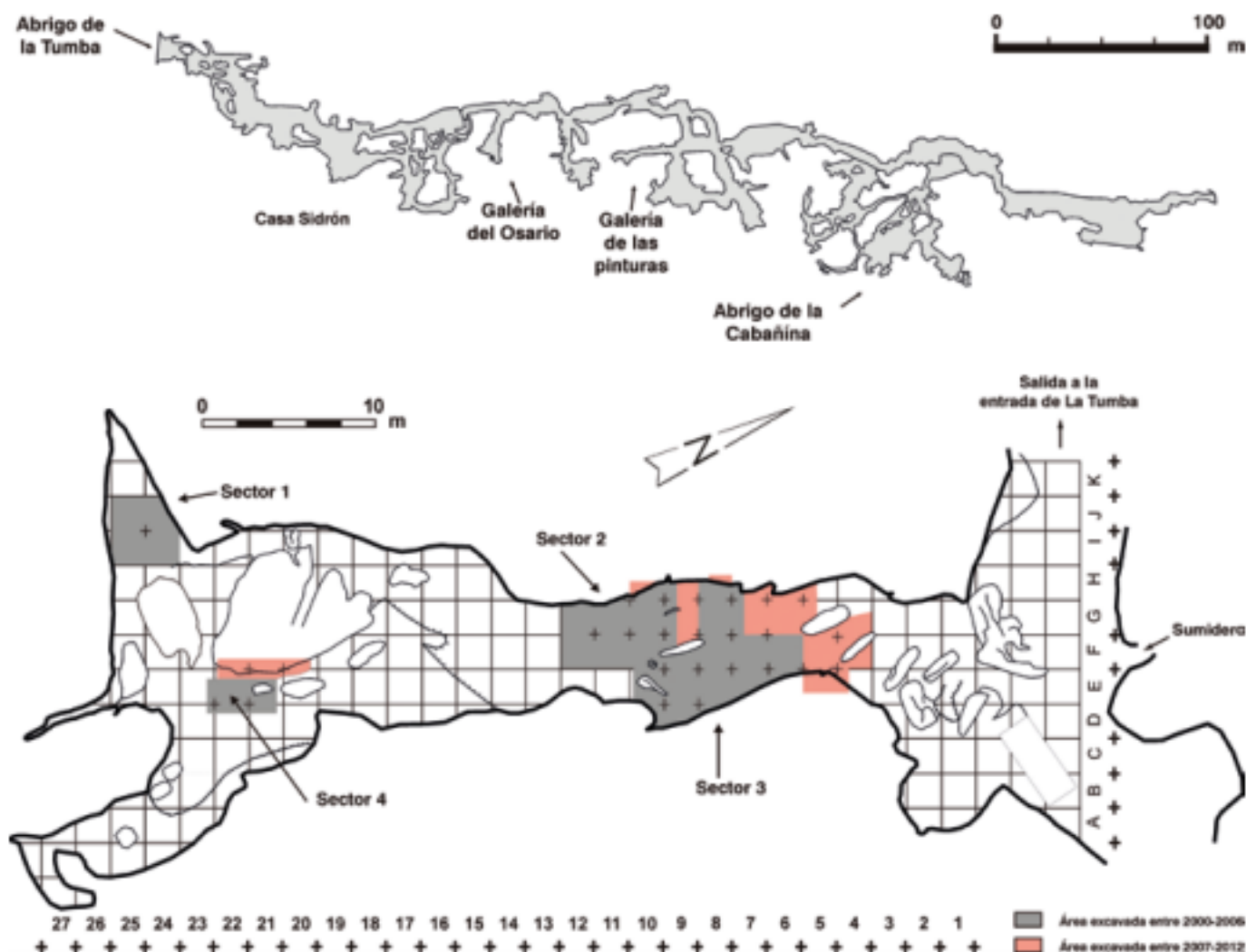


FIGURA 1. *Arriba*: Planta y principales zonas del sistema cársico de El Sidrón. *Abajo*: Planta y zonas de excavación de la Galería del Osario.

prima, córtex, color, pátinas) y tecnológicas (método de talla, dimensiones de los soportes, morfología de la cara dorsal) afines a la serie remontada.

### *Vertical interior de la galería del osario*

Se han realizado varias campañas espeleotécnicas con el objetivo de localizar posibles zonas de aporte de material procedentes de galerías colgadas y situadas por encima de la del Osario. La exploración se centró en la zona del techo de dicha galería situado sobre los perfiles arqueológicos excavados (E-F-G-H del 6 al 11). La mayoría de los conductos no muestran continuidad con niveles superiores y acaban en roca caja; no obstante, de algunos conductos se pudieron obtener muestras de sedimento que fueron cribados e inspeccionados *in situ*. Los mejores resultados se obtuvieron en la repisa formada a favor de una colada estalagmática situada sobre las cuadrículas G-H/11-12, donde existen varias etapas de formación para el depósito estalagmático sobre y entre las cuales existe un relleno sedi-

mentario arenoso, además de gravas dispersas, que proviene de varios conductos abiertos en la pared Oeste de la Galería del Osario y que van a dar a dicha colada.

### *Zona Salomón-Galería Cimera*

En el corte estratigráfico obtenido en 2012, de 3 m de largo, se han reconocido dos grandes paquetes de sedimentos, de muro a techo: I. Arenas y arcillas con grandes cantos, con intercalaciones de arcillas masivas laminadas y II. Arenas laminadas de grano medio, con intercalaciones de paquetes de espesor centimétrico de arenas gruesas y gravas (unidades III, IIIc, IV) (Fig. 4). A lo largo de todo el corte son abundantes los encostramientos en forma de paquetes carbonatados (flowstones arenosos) de diverso espesor. Se hacen más abundantes hacia techo del corte, afectando al nivel superior.

Los depósitos de la unidad inferior marcan la existencia de eventos de alta energía (gravas heterométricas de gran tamaño) sellados por bajadas del caudal punta de

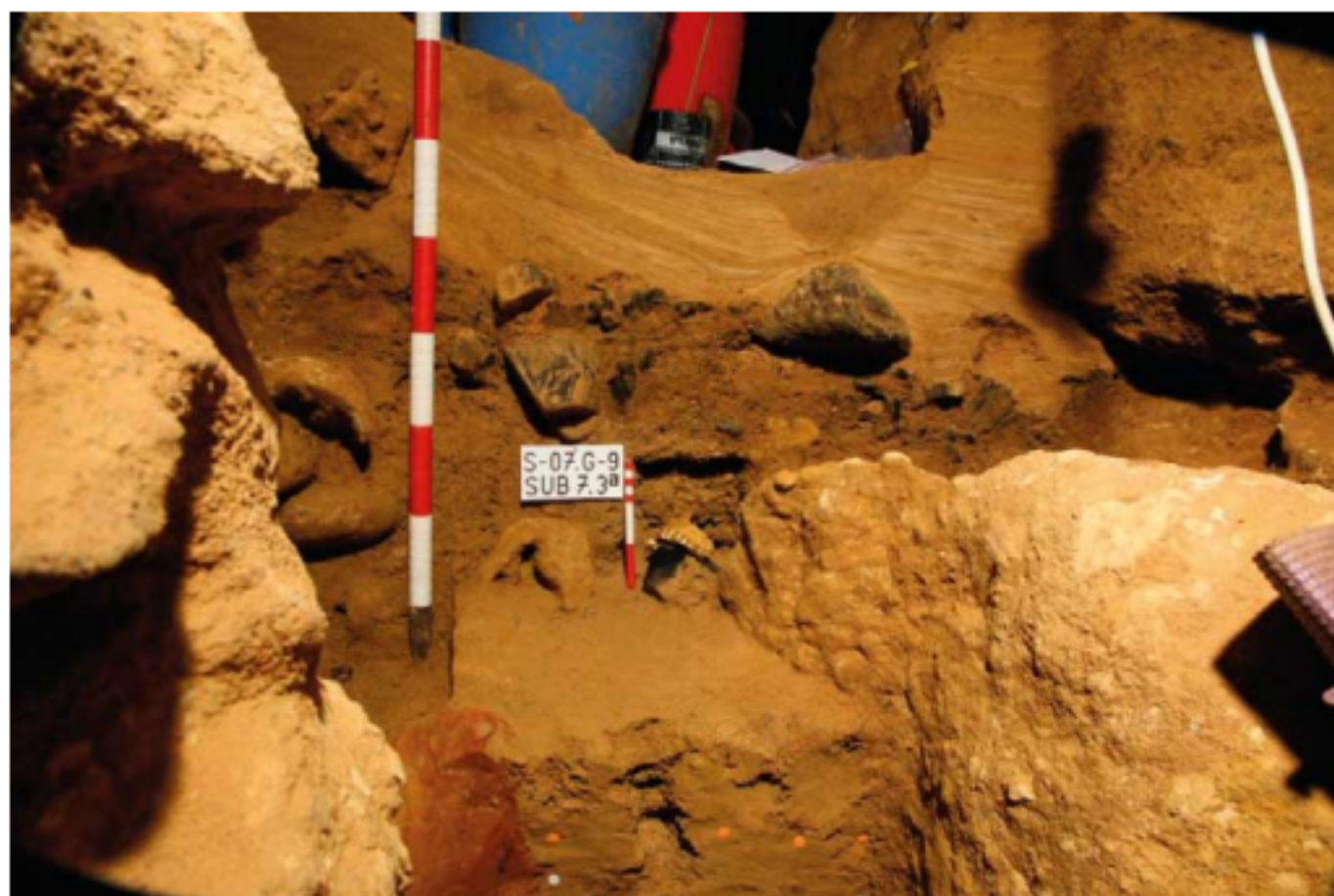


FIGURA 2. Estratigrafía del cuadro G9 y situación de un maxilar sobre un canto negro.

crecida (arcillas laminadas). Los materiales de la unidad inferior marcan un funcionamiento fluvio-kárstico normal, con depósito de arenas finas y medias laminadas, con la existencia de algunos episodios (canales) más energéticos. La naturaleza y orientación de los encostramientos (hacia el interior de la galería) marcan el predominio de etapas de baja o nula sedimentación detrítica desde el exterior. En conjunto, esta zona (Cimera-Salomón) pudo funcionar en un principio como colector del sistema fluvio-kárstico externo en un régimen hidrodinámico de energía variable y posteriormente y, sólo en eventos de alta energía entrar en comunicación con otros niveles inferiores de sistema kárstico, llegando a producirse el cierre natural de la galería en su zona exterior.

#### *Galería de los Huesos*

En la publicación de 1975 sobre esta cueva se dio cuenta de una zona, denominada Galería de los Huesos y situada a unos 120 m después de la Galería del Osario, en la que se hallaron huesos de macromamíferos (herbívoros y carnívoros). Esa razón ha impulsado la realización de tres sondeos en esa zona para comprobar si había materiales arqueológicos afines a los recuperados en la Galería del

Osario. Se han hallado bastantes restos de macromamíferos (ciervo, hiena, oso, caballo, etc.), y unos cuantos restos líticos poco diagnósticos (Fig. 4).

La zona parece tener una conexión con el exterior muy próxima y se observa una colada estalagmítica cubriendo un cono de derrubio con un caos de bloques y niveles de bolos decimétricos que entraba desde el exterior, si bien los resultados obtenidos aconsejan no continuar de momento las actividades arqueológicas.

#### *Galería de las Pinturas*

En el año 2011 se retomó el estudio de la Galería de las Pinturas comenzado en las primeras campañas de excavación. Durante las campañas de 2011 y 2012 se han revisado todas las manifestaciones gráficas pintadas y grabadas. Esta galería de dirección E-O de treinta y seis metros (Fig. 5) se va estrechando coincidiendo con la zona donde se encuentran dichas manifestaciones llegando a tener una anchura y altura medias de 1 x 1 m. Esto hace que las condiciones de observación y documentación sean difíciles. Además, la roca soporte es la arenisca, que se erosiona con facilidad. Las pinturas se concentran en 8 m y en la pared sur, mientras que los grabados tienen una extensión mayor (12 m).



FIGURA 3. Industria lítica recuperada. De arriba a abajo y de izquierda a derecha: Lasca levallois, Punta levallois, Lasca (cuarcita), Punta de Tayac, Lasca y Denticulado (sílex de Piloña).

Pero en la galería se observa la misma interstratificación de conglomerado-arenisca que se registra en otras zonas de la cueva.

Respecto a las pinturas, se han registrado todos los restos de pigmento de la galería y se ha visto que existe mineral de coloración rojiza en la misma arenisca. Se trata de pequeños puntos rojos, que se localizan principalmente en la pared norte. También se han encontrado pequeños cantos rojizos en el suelo de la galería, donde la arenisca entra en contacto con el conglomerado, lo cual podría sugerir un empleo *in situ* del colorante, aunque hay que verificarlo (Fig. 5B). No obstante, no se ha añadido ninguna figura nueva, por lo que el grupo de las omegas sigue siendo el más significativo de la galería (Fig. 5A) y para el que los paralelos siguen siendo muy reducidos en el cantábrico, pues no se han añadido

hallazgos nuevos (Fortea, en Rasilla *et alii*, 2011). Contamos pues con 36 figuras, agrupadas en ocho conjuntos repartidos entre la Pared Sur (21) y en la Pared Norte (14) y Techo (4). De ellas, 20 están superpuestas al grabado (a las que hay que añadir 3 dudosas) (Fig. 5C y D).

En lo que concierne a los grabados, éstos son profusos, se concentran en las paredes y el techo y el grado de superposición entre ellos es elevado (Fig. 5C). Algunos son profundos y se observan bien, otros son superficiales y otros están muy deteriorados, de modo que por ahora el cómputo total es orientativo. Lo importante es dirimir entre grabados actuales y antiguos por un lado (salvo los que están por debajo de las pinturas), y entre el carácter antrópico o animal de éstos por otro. Por ello, se han tomado datos cuantitativos y cualitativos que nos permitan comparar con otros grabados animales en otras cuevas, aunque existe un problema de base que es que los zarpazos animales estudiados hasta ahora son en cuevas en caliza y no en arenisca.

Las características de las representaciones, de la roca y la inexistencia en esa zona de espeleotemas impiden hacer dataciones absolutas; sin embargo se intentará, si hay posibilidad de obtener muestras *ad hoc*, datar el derrumbe que colapsa una entrada en la llamada Galería de los Huesos que, en principio, sería la entrada natural a la misma tanto de los humanos como de los úrsidos y nos ofrecería una datación *ante quem*. Así pues, hemos de recurrir a las habituales fórmulas crono-estilísticas mediante un exhaustivo rastreo bibliográfico y visitas a varias estaciones de Asturias y otras comunidades cantábricas para buscar ese tipo de representaciones y ubicaciones espaciales. En una primera aproximación Fortea expuso algunas similitudes y orientaciones crono-estilísticas paleolíticas de las principales representaciones parietales de El Sidrón; pero no cerraba la posibilidad, por la singularidad y peculiaridad de lo representado, a otras posibles cronologías, fundamentalmente para llevar a cabo un proceso analítico no acomodaticio. No obstante, a falta de culminar el estudio definitivo todo apunta a una autoría paleolítica antigua que trataremos de precisar convenientemente.

En relación con la conservación se están analizando las contaminaciones modernas (carburos, rozaduras, etc.) de la galería y la evolución del pigmento y el soporte; y para los parámetros microclimáticos véase lo expuesto más abajo en este texto.

### *Abrigo de La Tumba*

Continuando con lo iniciado en la campaña de 2006, se amplió el área de excavación en una amplia zona de la superficie del abrigo (sondeos 3, 4 y 5 a-c). Los únicos restos se han encontrado en los primeros setenta cm desde el punto 0, y consisten en casquillos de Mauser (ya

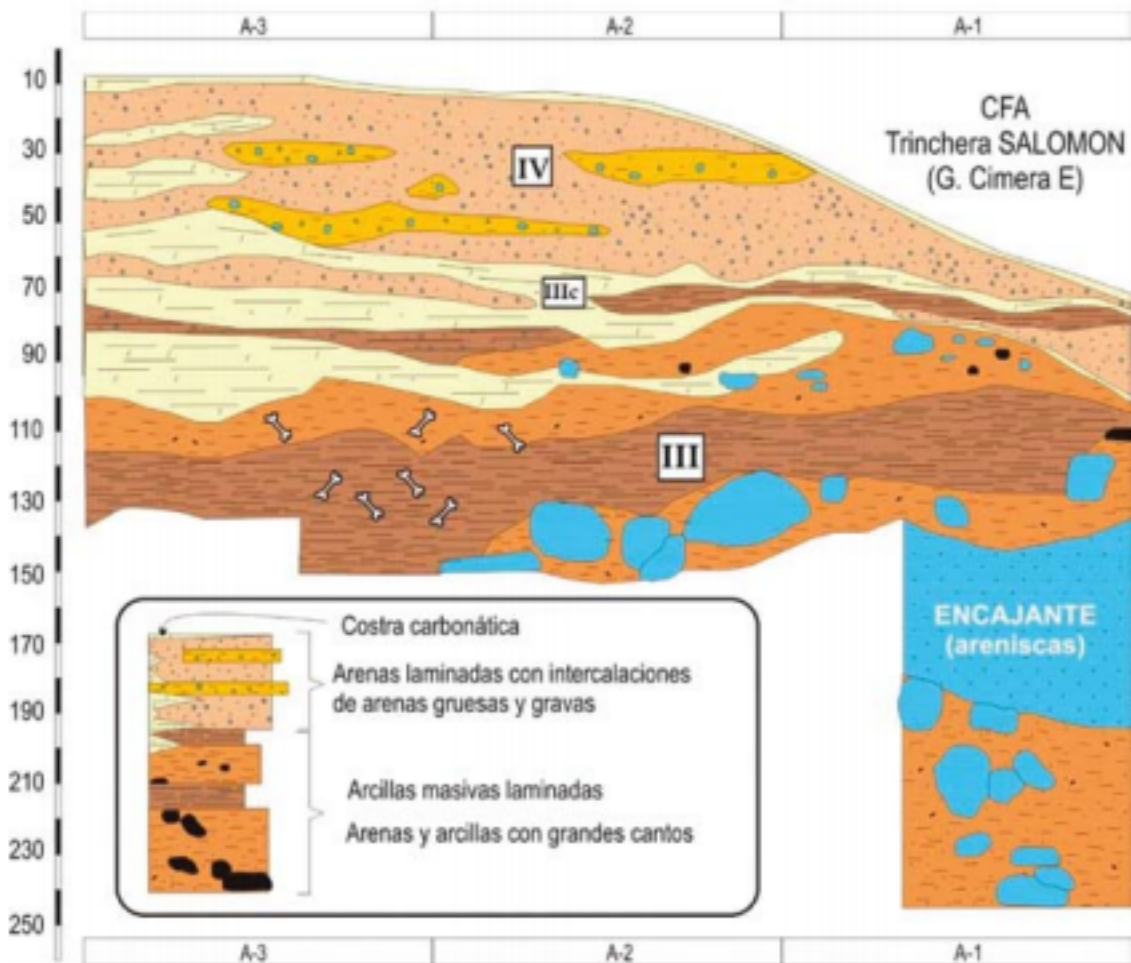
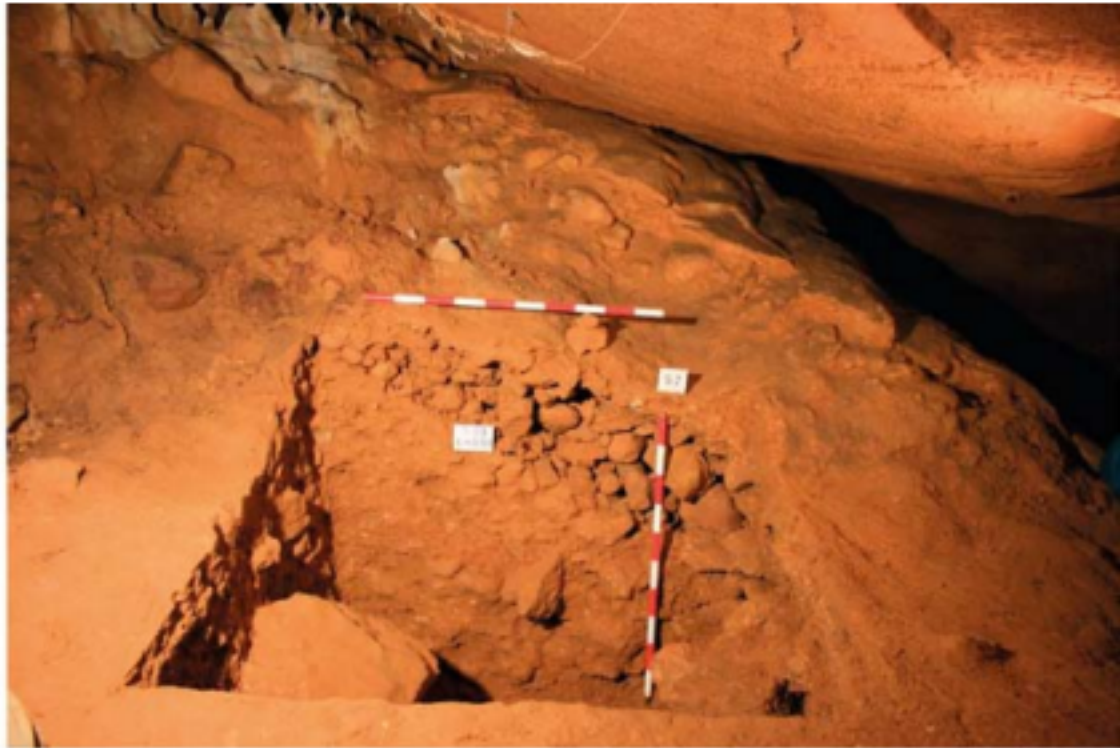


FIGURA 4. *Arriba*: Sondeo nº 2 de la Galería de los Huesos: estratigrafía y colada cubriendo el derrubio. *Abajo*: Corte frontal anterior de la Trinchera en la Zona Salomón-Galería Cimera.

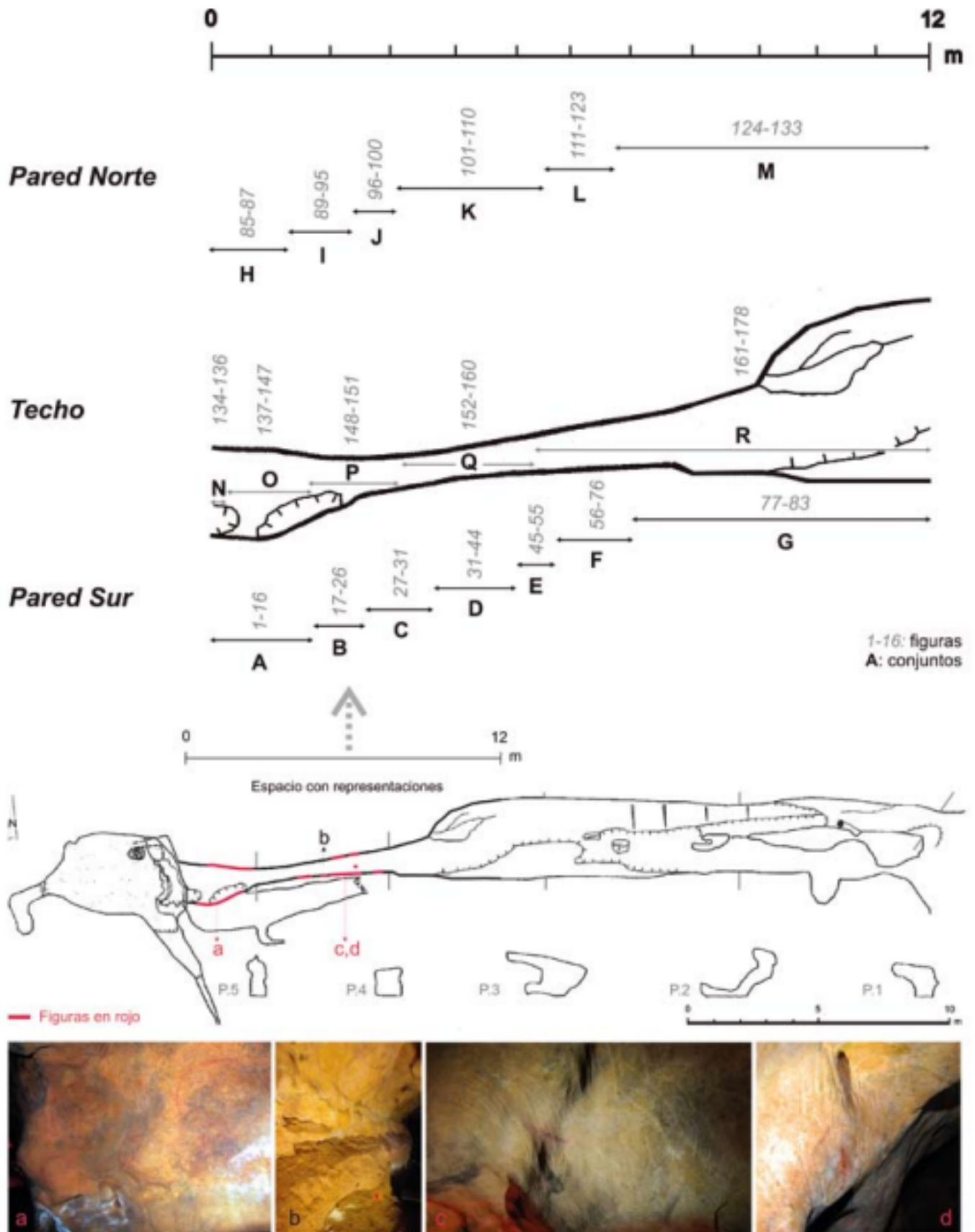


FIGURA 5. Galería de las Pinturas. Arriba: Planta y desarrollo de las representaciones en las paredes norte y sur y en el techo. Abajo: Particular de algunas representaciones parietales.

encontradas en el Abrigo de La Cabañina), lascas de sílex y cuarcita y un denticulado que no tienen ningún valor diagnóstico.

## 2. GEOLOGÍA

En la Galería del Osario se ha definido una columna-tipo del relleno de la galería a lo largo de todos los perfiles abiertos en E-F-G-H/4 a II, que ha permitido correlacionar los distintos cortes para la elaboración de un modelo de relleno. Asimismo, a partir de ella se han podido inferir sus implicaciones con los cambios en el modelado cárstico del exterior.

Los nuevos cortes levantados en estas campañas (Fig. 6) siguen confirmando el modelo de relleno explicado en campañas anteriores. En el relleno de la parte más occidental de la galería eventos de alta energía quedan representados por niveles de gravas mal seleccionadas (Unidades I y II). Se trata de un carácter erosivo neto respecto a la Unidad I, y la existencia de zonas de subsidencia, o incluso un sumidero interno de la Galería, hacia niveles inferiores del karst en la zona E-9/F-9 quedan marcados por el gran espesor de la unidad III en esta zona. Esa unidad muestra una disminución progresiva de la energía hacia techo y el desarrollo de encostramientos carbonatados en sus niveles superiores. La unidad III muestra una disminución progresiva de la energía hacia techo y el desarrollo de encostramientos carbonatados (IIIc) en sus niveles superiores. Finalmente, los niveles finos laminados que culminan la mayor parte de los perfiles estudiados indican los últimos estadios del relleno de la cavidad.

A modo de resumen, puede indicarse que en la Galería del Osario quedan representados todos los tipos de materiales detríticos típicos de depósitos alóctonos en ambiente kárstico (Fig. 6): desde materiales bien seleccionados de granulometría fina representativos de facies de encharcamiento (lutitas de la unidad O) o de desbordamiento (Unidad IV), a depósitos groseros mal seleccionados correspondientes a coladas de barro y detritos en masa (Unidad II y base de unidad III), pasando por típicas facies fluvio-kársticas o de canal compuestas por materiales arenosos con laminaciones y estructuras de flujo (unidades I y II).

A partir de 2011 se ha continuado la excavación en el Corte 4 (Fig. 1) en la zona sur de la galería (E-D-F/21-22). Este corte se caracteriza por el predominio de litofacies de alta energía y la existencia de restos de macrofauna.

## 3. OTRAS INTERVENCIONES ARQUEOLÓGICAS, GEOLÓGICAS Y TOPOGRÁFICAS

1. Realización de algunos sondeos más en el exterior para verificar las características y cronología de la sedimentación, siendo los depósitos litológicamente muy homogé-

neos consistentes en detríticos finos sin estructuración que pueden corresponder a regolitos (alteración) y depósitos eluviales de ladera que han sufrido poco transporte. En una de las catas se distinguió un nivel de gravas con rasgos de transporte hacia la zona de la cavidad.

2. Georreferenciación de los diferentes trabajos arqueológicos y geofísicos realizados tanto en el exterior como en el interior de la cueva, además del mismo complejo cárstico interior. En estos trabajos topográficos de detalle quedan reflejadas las características geomorfológicas más relevantes tanto sobre la vertical de la zona terminal de la Galería del Osario como en toda la zona, lo cual permite el reconocimiento de procesos de desplomes y determinación de cotas de los distintos niveles geomorfológicos. Para ello, se ha emprendido un análisis geológico y morfoestructural general a escala 1:25.000, implementado en las cartografías específicas a escala 1:1.000 obtenidas en este estudio.

3. Realización en 2010 de otra campaña gravimétrica que complementa a la de 2004, según la cual la mayor de las anomalías se registra a siete metros de la zona final de la Galería del Osario. Asimismo se efectuó una nueva campaña de prospección eléctrica en la que se obtuvieron dos nuevos perfiles (P6 y P7) sobre la zona de la Galería del Osario y complementan los realizados anteriormente. El perfil 6 está exactamente sobre la vertical de la Galería del Osario de dirección N24°E y el segundo de ellos, con dirección N-S, arranca desde la Galería principal de la Cueva del Sidrón bajando perpendicularmente hacia el Sur por la margen septentrional del poljé. En P6 una anomalía de resistividades muy altas (>2500 /m) a la mitad del perfil que coincide con la anomalía gravimétrica, que se puede observar asimismo en P4 (campaña de 2004). Por su parte, el perfil 7 muestra la dinámica advertida sobre la formación de los conductos en la cueva, y cómo la Galería del Osario se desarrolla a favor del contacto entre conglomerados y areniscas.

Con todos estos datos, se ha procedido al levantamiento de un corte geológico interpretativo sobre el levantamiento topográfico que integra los datos del subsuelo existentes hasta la fecha y se ha realizado un modelo digital del terreno del valle kárstico de El Sidrón. Ambos ofrecen una representación teórica de la organización geológica del subsuelo que pone de relieve la existencia de una zona de colapso, coincidente con las anomalías eléctricas y gravimétricas detectadas, que podría estar fosilizando una cavidad situada entre 10-15 metros de profundidad sobre la base de la ladera del poljé (situada a 167 metros de cota) en esa zona.

4. Ejecución de la poligonal interna de la cueva (entra a la cueva por la Entrada de la Tumba, continúa por la Galería Principal y sale al exterior por el Pozo Áurea para enlazar con las bases externas) y las ramas de poligonal en aquellas zonas donde se han efectuado actuaciones arqueológicas (cuadrículas de la excavación de Galería del

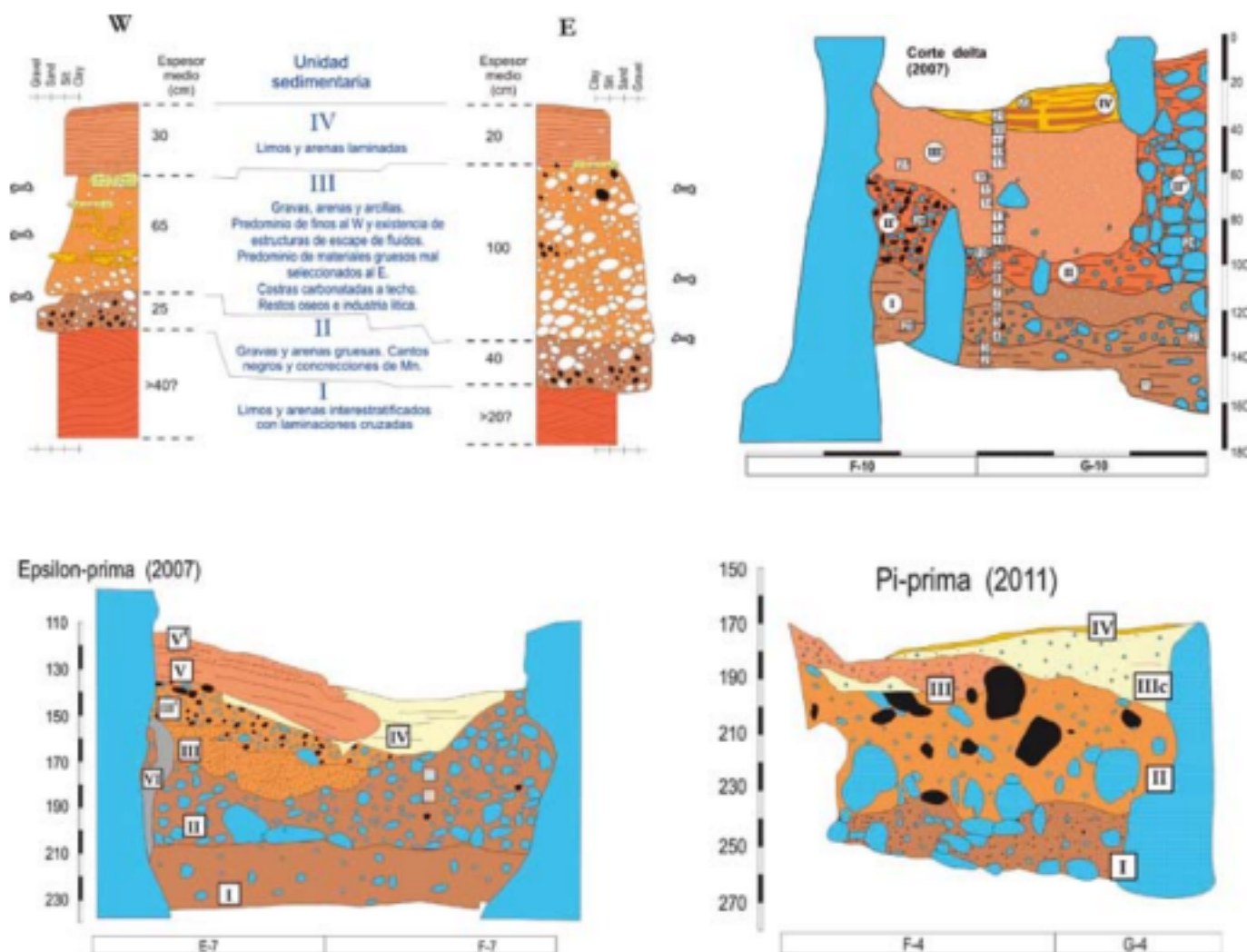


FIGURA 6. Estratigrafía tipo de la Galería del Osario y diferentes cortes estratigráficos del sector 2.

Osario, de la trinchera de la Zona Salomón-Cimera y de los sondeos de la Galería de los Huesos), todo lo cual ha sido localizado planimétrica y altimétrica.

5. Levantamiento de un primer perfil de la Galería del Osario mediante Láser Escáner 3D con el fin de facilitar la interpretación de los perfiles eléctricos (Fig. 7).

6. En relación con los estudios microclimáticos y de composición isotópica del aire se han instalado varias estaciones HOBO Pro v2 con sensores de temperatura y de humedad relativa en diferentes puntos de la cavidad (entre ellos en la Galería de las Pinturas) y en el exterior para registrar el microclima interior y se han tomado muestras de aire para analizar su contenido en dióxido de carbono, metano y la composición isotópica del carbono ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ). Este tipo de estudios permitirá determinar las zonas con mayor tasa de renovación del aire y por ende con mayores probabilidades de presentar vías de comunicación directa con el exterior. Según los datos recogidos entre octubre de 2008 a abril de 2010, en la Galería Principal y en la Galería

del Osario la influencia externa por conexión directa se traduce en un patrón térmico similar al exterior con las máximas temperaturas en verano y mínimas en invierno y rangos de oscilación superiores a  $1^{\circ}\text{C}$  (Fig. 8). Por el contrario, las zonas más aisladas y sin conexión directa con el exterior como la Galería de las Pinturas, muestran un patrón inverso, como consecuencia del efecto aislante de la roca encajante. Respecto a los muestreos de aire, los bajos niveles de  $\text{CO}_2$  indican que la cueva tiene un alto grado de comunicación con la atmósfera exterior. La presencia de metano y la señal isotópica pesada confirman la ventilación activa de la cavidad a lo largo del año, existiendo un mayor efecto de la ventilación en invierno.

7. Las investigaciones llevadas a cabo en varios yacimientos asturianos (El Sidrón, la Viña, Llonin y Cueto de la Mina) llevaron a abrir una nueva línea de investigación relacionada con la adquisición y gestión de materias primas. En este sentido las prospecciones llevadas a cabo preferentemente en los concejos de Piloña, Parres y Nava



han permitido poner en evidencia una variedad de sílex –que denominamos sílex de Piloña– que tiene una entidad dentro y fuera de Asturias muy relevante y constituye un trazador litológico de primer orden.

#### 4. ANTROPOLOGÍA.

En 2012, el número de efectivos óseos humanos asciende a algo más de 2230 restos. Entre 2007 y 2012 además de seguir caracterizando e identificando las muestras e incluirlas en la Base de Datos, se han realizado estudios concretos relacionados con:

1. *Estimación del Número Mínimo de Individuos (NMI) y caracterización de los mismos.* Por el momento, el número de individuos identificados asciende a 13 y está formado por siete adultos, tres adolescentes, dos juveniles y un infantil. Once de ellos han sido identificados a partir de la dentición (Adulto 1, Adulto 2, Adulto 3, Adulto 4, Adulto 5, Adulto 6, Adulto 7, Adolescente 1, Adolescente 2, Adolescente 3, Juvenil 1), un individuo juvenil (Juvenil 2) identificado a partir de huesos del antebrazo (ulna y radio), y de la mano (falanges y metacarpo); el individuo infantil (Infantil 1), está determinado a partir de un fragmento de tibia y algunos huesos del pie (metatarso y falange). En cuanto al sexo de los siete adultos, se puede afirmar que tres son mujeres y tres hombres, mientras que del individuo Adulto 7, aún se está estudiando su sexo. Por lo que respecta a los individuos inmaduros se ha estimado que dos adolescentes y el Juvenil 1, son de sexo masculino, mientras que en los casos del Infantil 1, Juvenil 2 y de uno de los adolescentes, aún está por determinar. Esta estimación del NMI se complementa con el análisis de los huesos largos de la extremidad posterior (Fig. 9).

2. *Paleohistología dental en El Sidrón.* Los resultados obtenidos se compararon con los publicados en estudios previos para otras poblaciones de *Homo neanderthalensis*, *Homo sapiens* y *Homo heidelbergensis* y muestran que los neandertales de El Sidrón tienen un desarrollo dental más rápido que *Homo sapiens* e incluso que sus antecesores inmediatos, los *Homo heidelbergensis*, lo que podría significar una autoapomorfia en el patrón de crecimiento neandertal. Asimismo, todos los individuos de El Sidrón muestran evidencias de haber vivido periodos de estrés fisiológico (infecciones, enfermedades, fiebres o deficiencias nutricionales) y estos episodios se manifiestan en forma de hipoplasias, que son defectos en la superficie de los dientes producidos durante el desarrollo de los individuos. La relación que existe entre las hipoplasias y la estructura del esmalte nos permite, además, conocer la edad y la duración de estos eventos de estrés. La formación del tejido dental presenta líneas incrementales de crecimiento que reflejan los ritmos de formación del esmalte y la dentina.

3. *Estudio de los marcadores de actividad en la dentición.* Consiste en el estudio del desgaste dental asociado con actividades no masticatorias, es decir, aquel relacionado con el uso de la dentición como una tercera mano. Se ha visto que los neandertales, y entre ellos los individuos de El Sidrón, presentan unas estrías en la cara labial de la dentición anterior (incisivos y caninos).

Esas estrías se relacionan con un comportamiento en el que sujetaban piezas de carne o piel con una mano, ayudándose con los dientes, mientras que con la otra mano cortaban esa pieza. El estudio microscópico de esas estrías permite conocer varios aspectos de este comportamiento, como es la lateralidad manual de los individuos (ya que ellos mismos ocasionaban estas marcas), o las diferencias en la distribución de las estrías entre una misma población. Otro aspecto que se ha comenzado a desarrollar este año es el estudio de la salud dental de este grupo neandertal, es decir, la presencia de posibles caries, fisuras, abscesos o quistes, entre otros.

4. *Estudio de la paleodieta a través del análisis del microdesgaste dental.* En este caso se analizan las marcas producidas por la atrición de los alimentos sobre la superficie del esmalte durante el proceso de la masticación. Se producen unas marcas visibles a nivel microscópico, y según el tipo de alimentos, según su dureza, se producen unas marcas diferentes tanto en morfología como en número. Las marcas que se estudian son: 1. Microestrías: líneas más o menos rectas, en disposición aleatoria, de longitud variable, pero que guardan una proporción de 4:1 respecto a su anchura. La presencia de microestrías es característica en dietas de alimentos poco resistentes, fácilmente masticables. 2. Agujeros: pequeños agujeros, con una relación longitud: anchura de 1:1. Son las marcas predominantes en dietas de alimentos duros. Las diferentes aproximaciones metodológicas para su estudio están siendo las observaciones macroscópicas, microscópicas con el MEB y con microscopio con focal de luz natural y análisis fractal de la superficie del esmalte mediante software totalmente automatizado. Los datos de este apartado se están analizando actualmente.

5. *Surcos subverticales de las facetas dentales interproximales de contacto.* Como resultado del estudio en la muestra dental de los neandertales de El Sidrón se ha visto que los surcos subverticales aparecen tanto en dentición anterior como posterior y que presentan una sección semicircular. Los surcos que aparecen en facetas interproximales de la dentición anterior son paralelos entre sí, discurren en dirección ocluso-cervical con una ligera inclinación labio-lingual y no son muy numerosos (entre 2 y 4 surcos por faceta, cuando aparecen). Los surcos de la dentición posterior tienen una disposición más o menos radial desde la zona oclusal, suelen ser más numerosos (entre 3 y 10 surcos por

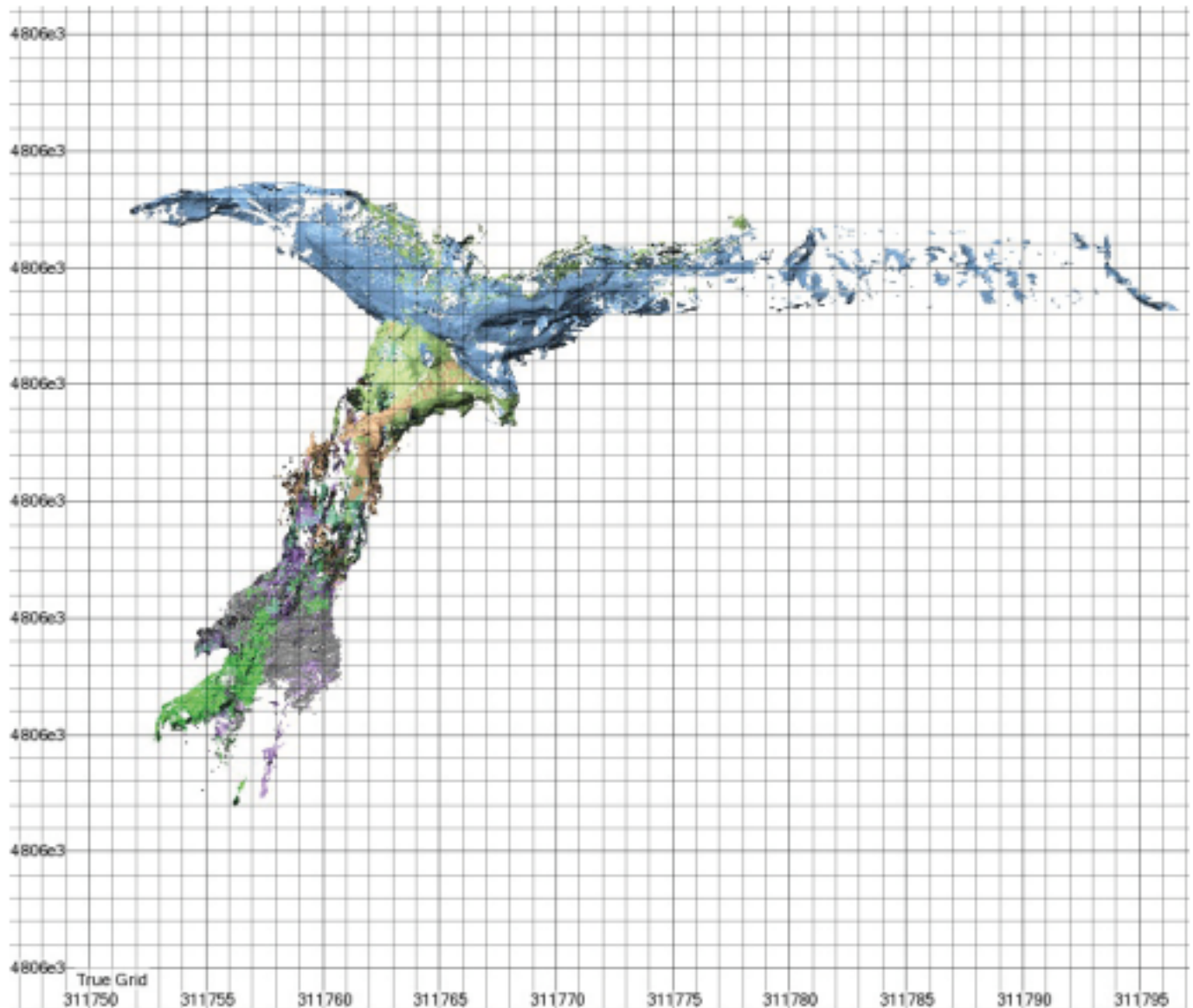


FIGURA 7. Proyección ortogonal en planta del levantamiento 3D efectuado en la Galería del Osario. La parte de arriba corresponde a la Galería Principal y su perpendicular hacia el sur es la Galería del Osario. Realización de José Martínez Rubio (Universidad de Valladolid).

faceta) y aparecen con mayor frecuencia entre la faceta distal del segundo premolar y la faceta mesial del primer molar en la dentición mandibular. También se ha observado una cierta relación negativa entre la profundidad de los surcos y el grado de desgaste oclusal, es decir, son más profundos cuanto menor es el grado de desgaste. Se ha visto que el número de surcos y la forma de las facetas, coinciden de manera especular entre dientes adyacentes, siempre que no haya ninguna alteración por hipoplasia.

6. *Paleohistología en huesos largos.* También se han implementado los conocimientos y las técnicas histológicas necesarias para el cálculo de la edad a través de la histomorfometría y se están llevando a cabo los primeros ensayos en hueso neandertal.

7. *Paleoneurología.* Se estudia la morfología del encéfalo neandertal en general y más en concreto, de los individuos

de El Sidrón en huesos craneales tales como el occipital, el frontal y el parietal (Fig. 10). El estudio detallado de la superficie craneal interna de los especímenes citados, se ha centrado en tres aspectos fundamentales: surcos y circunvoluciones cerebrales, patrón de drenaje venoso y *petalias* (extensión diferencial de los lóbulos occipitales del cerebro). Las conclusiones más importantes hacen referencia al mayor grado de asimetría del cerebro neandertal comparado con otras especies de homínidos, incluida nuestra propia especie. Si bien la asimetría encefálica es normal en organismos con alto grado de encefalización, en neandertales se manifiesta en mayor medida en el patrón de drenaje venoso, esto es las vías primordiales por las que la sangre abandona el cráneo.

8. *Estudio de los huesos de la mano.* Se han examinado las características morfológicas de los huesos de la mano,

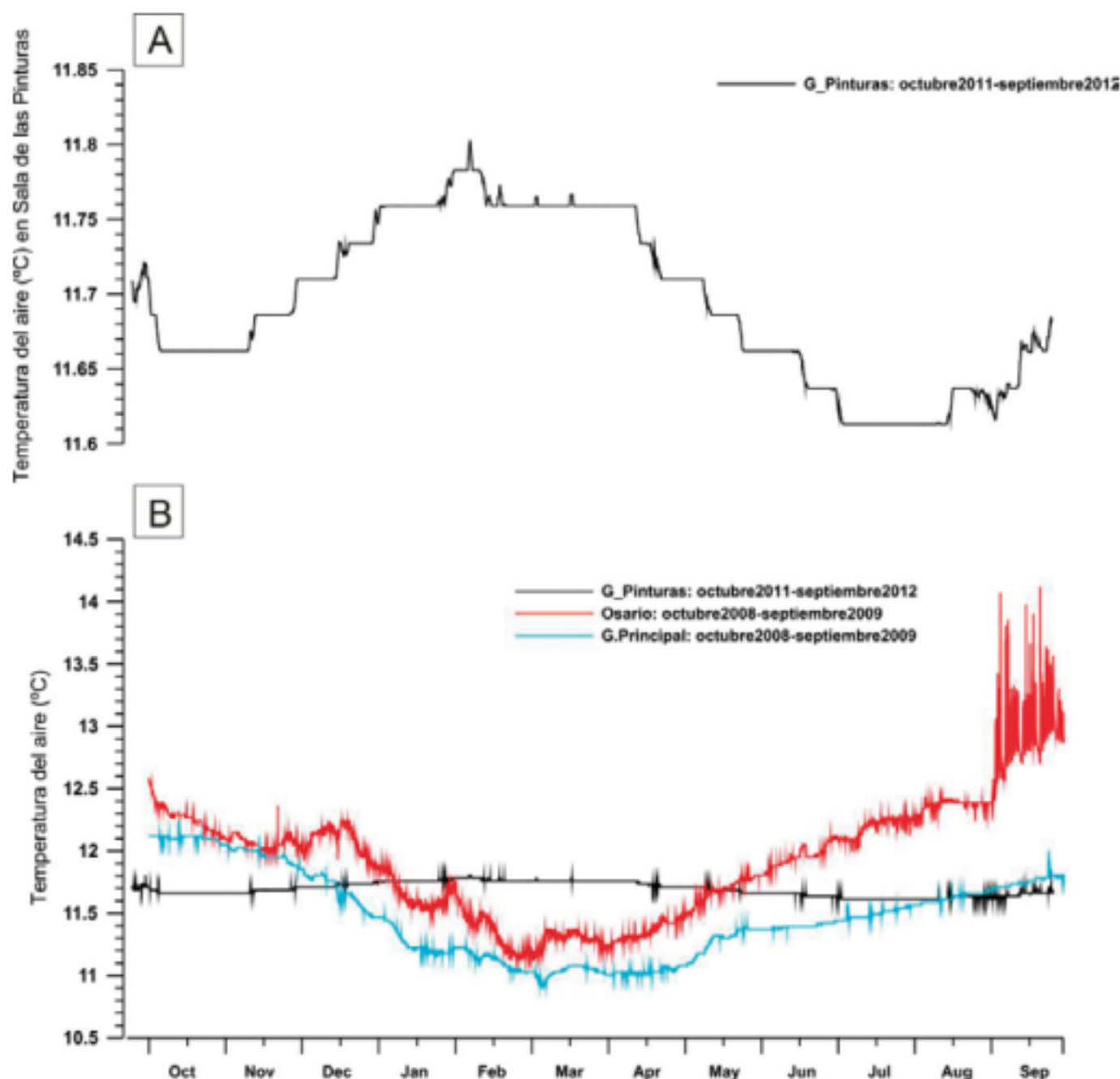


FIGURA 8. Cueva de El Sidrón. Gráfico de temperaturas. A. Particular de la Galería de las Pinturas. B. General de la Galería Principal, Galería del Osario y Galería de las Pinturas.

que corresponderían a 11 de los 13 individuos identificados (del Infantil 1 no se han recuperado restos de esta región anatómica). Los resultados preliminares sugieren que las crestas de inserción muscular en metacarpos neandertales están más desarrolladas. Asimismo, las falanges proximales y distales son más robustas y poseen crestas laterales de inserción muscular más desarrolladas que en poblaciones humanas actuales.

9. *Estudio de las costillas.* El estudio de la caja torácica es muy importante para la comprensión de la evolución del sistema respiratorio de los homínidos y sus relaciones con

los distintos ecosistemas. Por ello hasta la fecha se han estudiado 194 restos de costillas, cuyos resultados preliminares muestran una elevada diversidad morfológica, debido posiblemente a la variedad de grupos de edad/sexos presentes en el yacimiento (adultos e inmaduros, mujeres y hombres). Se ha constatado no obstante la típica morfología robusta neandertal, así como otras más gráciles, que podrían relacionarse con la alta variabilidad intrapoblacional.

10. *Estudios de histomorfología.* La histomorfometría permite analizar los elementos microscópicos del tejido óseo mediante su estudio morfológico y métrico, y entre



FIGURA 9. *Arriba*: Restos óseos neandertales después de su levantamiento. *Abajo*: Restos óseos neandertales antes de su levantamiento.

otros, permite realizar una estimación de edad de muerte de los individuos bastante precisa. Estos resultados permitirán clarificar en cierta medida uno de los puntos más importantes para entender tanto el desarrollo de los neandertales como de nuestra propia especie, y que es el actual debate

sobre si las edades biológicas de las especies *Homo sapiens* y *Homo neanderthalensis* se corresponden a una misma edad cronológica.

11. *Estudio tafonómico*. Entre otros restos óseos se han analizado los asociados a las manos (carpales, metacarpos y

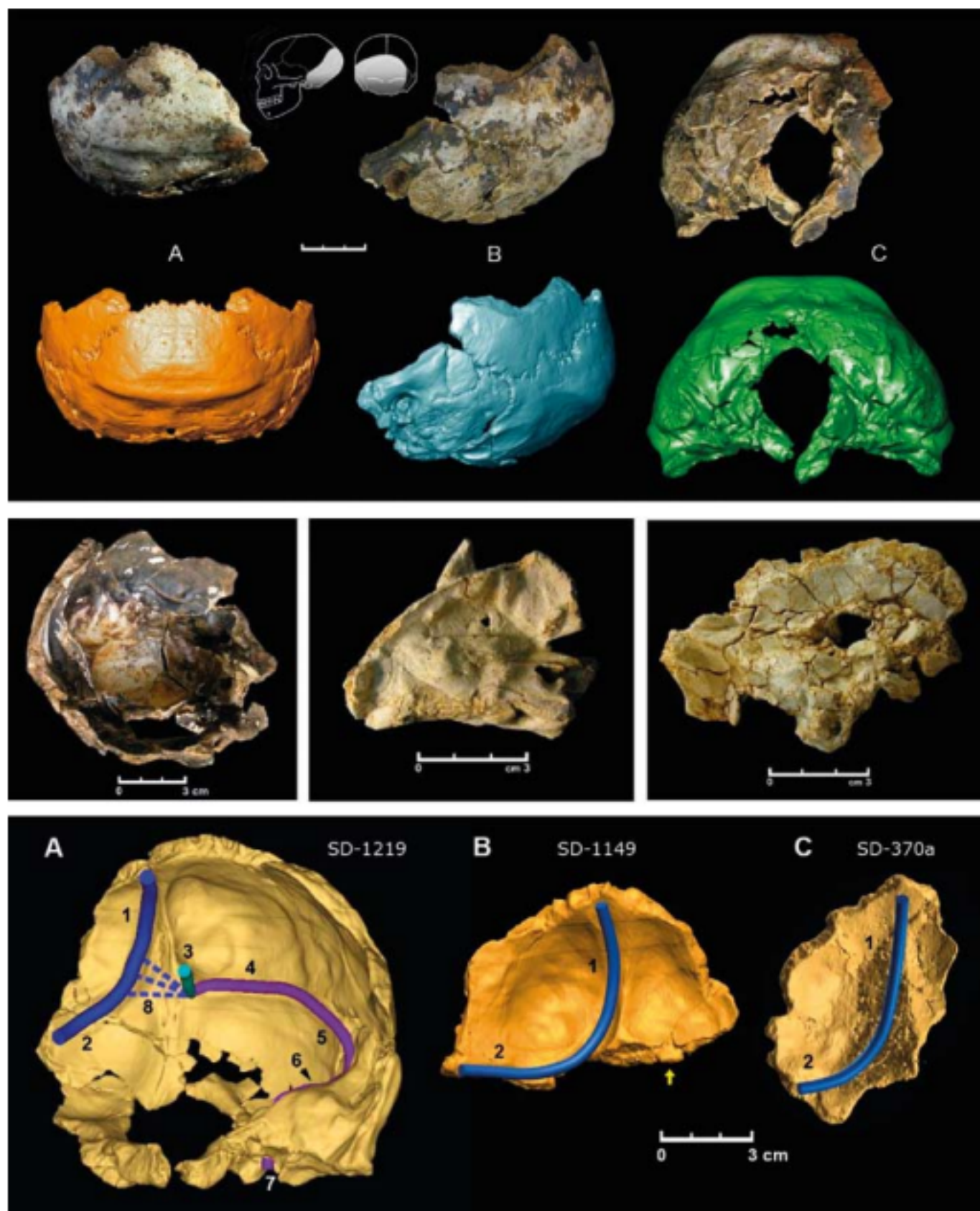


FIGURA 10. *Arriba*: Reconstrucción virtual del occipital SD-1219. En la fila superior el fósil original en vista posterior (A), izquierda (B) e inferior (C), junto a un esquema mostrando la localización anatómica del mismo. En la fila inferior las mismas vistas donde se ha reconstruido virtualmente gran parte del lado derecho, ausente en el original. *Centro*: Temporales de El Sidrón que forman parte del estudio de paleoneurología. De izquierda a derecha: SD-1219, SD-315 y SD-359. *Abajo*: Modelos 3D de los tres huesos occipitales de El Sidrón estudiados, donde las principales vías venosas de han reconstruido virtualmente.



FIGURA 11. *Arriba*: Maxilar de la campaña de 2010 tras su limpieza y consolidación. *Abajo*: El maxilar concrecionado antes de su levantamiento.

falanges), pies (tarsales, metatarsos y falanges) y la cintura escapular (clavículas y escápulas. En numerosos fragmentos se han encontrado marcas de corte, fracturas de naturaleza antrópica, restos de manganeso, fracturas de naturaleza fósil diagenética y otros efectos tafonómicos. Los resultados de este estudio permitirán conocer todos los factores que

han intervenido sobre los fósiles, tanto aquellos que están implicados en su acumulación, como los que han permitido este excelente estado de conservación.

12. *Restauración*. Continúa la labor de restauración de los fósiles desde diferentes frentes: consolidación y limpieza de las piezas, adhesión de fragmentos y emba-

laje de las piezas ya restauradas (Fig. 11). El producto empleado para la consolidación es una resina acrílica al 100% a base de etil-metacrilato soluble en cetonas, ésteres, hidrocarburos aromáticos y clorurados; en nuestro caso hemos optado por acetona en una proporción del 3%. La limpieza empleada principalmente con los fósiles de El Sidrón ha sido la limpieza mecánica, mediante un microcincel, cuando la concreción calcárea es muy dura, o un bisturí y fibra de vidrio en el resto de los casos; pero como resultado de las investigaciones llevadas a cabo estos años también se ha empezado a utilizar limpieza química, con ácido acético a baja concentración (5%), que actúa disolviendo la concreción calcárea sin afectar a la estructura de las piezas.

En ocasiones, cuando la pieza tiene una intervención previa (en el yacimiento), es decir, ha sido consolidada o adherida y es necesario limpiar para su correcto tratamiento, se emplea acetona o bien agua destilada y alcohol al 50%, que han demostrado no dañar el hueso. La adhesión se ha realizado mediante un adhesivo acrílico (Paraloid B-72 al 15% en acetona), que es reversible. De tal manera que si fuera necesario para el estudio, el fósil puede volver a su situación original. Para el almacenaje y la conservación, los fósiles han sido guardados en polietileno de burbujas y situados en los cajones-bandejas de unos armarios metálicos. Estos armarios se encuentran aislados en una habitación con instalación propia de aire acondicionado y humidificador, a fin de que las condiciones ambientales de temperatura y humedad no difieran sustancialmente con las del interior de la cueva y así propiciar una mejor conservación.

Finalmente se han producido mediante la técnica de prototipado rápido (basada en datos DICOM procedente de tomografía) réplicas de algunas piezas singulares de la colección, expuestas por ejemplo en la exposición permanente del Museo Arqueológico de Asturias<sup>3</sup>.

## 5. PALEOGENÉTICA

Las acciones realizadas en este sexenio se han basado en el protocolo anticontaminación (Fig. 12) comenzado en 2005 tanto en la excavación como en los laboratorios del MNCN, CSIC-UPF e Instituto Max Planck de Leipzig.

Además de nuestra incorporación al Proyecto Genoma Neandertal, presentada oficialmente en el Museo Nacio-



FIGURA 12. Introducción *in situ* para su inmediata congelación de un resto óseo destinado al análisis de ADN.

nal de Ciencias Naturales en 2007, de la caracterización de los linajes mitocondriales, de la recuperación de algunos fragmentos diagnósticos del gen ABO y del gen del gusto amargo, cabe destacar que hemos sido capaces de recuperar mediante nuevas técnicas cinco metagenomas neandertales nuevos: dos de Feldhofer (Alemania), otro de Vindija (Croacia), uno de Mezmaiskaya (Rusia) y uno de El Sidrón. Desde un punto de vista filogenético, los nuevos mitogenomas de El Sidrón, Vindija y Feldhofer pertenecen a ese núcleo muy homogéneo de neandertales del centro y oeste de Europa que ya habíamos detectado a través del estudio de la región hipervariable 1. Es decir, que no parece haber una clara estructuración geográfica en los últimos neandertales, si bien no es descartable que hubiera existido anteriormente y hubiera sido diluida por un flujo génico posterior de los últimos neandertales. Finalmente, empleando el concepto de reloj molecular, que permite con algunas extrapolaciones calcular el origen de la diversidad genética observada a nivel de una especie o de una población concreta, ha podido calcularse el origen de los linajes mitocondriales neandertales en unos 122.000 años (con un intervalo de confianza que va entre hace 93.750 años y unos 150.000). Esto indica que la "Eva mitocondrial neandertal" es más reciente que nuestra "Eva mitocondrial", que data

<sup>3</sup> En la actualidad está haciéndose un estudio de la movilidad territorial de los neandertales de El Sidrón a través del análisis de los isótopos de estroncio mediante ablación láser en varios molares neandertales y en dientes de pequeños roedores (*Apodemus*, *Microtus* y *Arvicola*) encontrados en el yacimiento. Para completar todo ello se han tomado muestras de distintos taxones vegetales y gasterópodos tanto del interior de la cueva como de varias localizaciones exteriores distribuidos por pisos geológicos.

de hace unos 200.000 años y tiene un origen africano.

Asimismo, para determinar la variación genética de los individuos de El Sidrón desde 2009 se procedió a muestrear los dientes, porque a partir de ellos se han individualizado los restos. Gracias a una técnica basada en el uso de "cebadores bloqueadores" en la PCR ha sido posible recuperar mtDNA de todos los individuos de El Sidrón. Hay que mencionar que es el único yacimiento neandertal donde ha sido posible recuperar ADN de más de dos o tres individuos. Asimismo, se ha empleado un marcador basal de cromosoma Y para poder determinar genéticamente el sexo masculino, cuya atribución concuerda hasta el momento con la morfológica.

Los resultados de la caracterización mitocondrial y la atribución del sexo genético de la familia de El Sidrón, indican por ejemplo que el Individuo 2 y el 6 pueden ser hermanos o derivar de una misma línea materna; o bien que el individuo 3 y el 4 presentan el haplotipo de la muestra SD 1253, pero al ser femeninos, no pueden corresponder a este individuo, aunque sí derivar de una misma línea materna (podrían ser hermanas, por ejemplo). El Individuo 7 tiene también el haplotipo SD 1253 y es masculino; por tanto, tiene que corresponder a dicha muestra. Dada la edad del individuo 3, inferida por el desgaste dentario (cerca quizás a los 30 años) y la edad del individuo 7 (por el grado de erupción dentaria), podría tratarse de una madre y su hijo, si bien está hipótesis necesitaría del genotipado de cerca de una docena de marcadores nucleares para poder ser comprobada. El estudio de la relación familiar de El Sidrón se halla todavía en curso, pero si podemos culminar el estudio esa información sería única y podría tener repercusiones globales para entender la demografía de los neandertales e incluso su proceso de extinción.

Entre las investigaciones en curso se está analizando un micro RNA ancestral presente en los neandertales porque las conspicuas diferencias fenotípicas entre nosotros y los neandertales qué factores adicionales, relacionados con la regulación genómica, ayuden a explicar esas diferencias. También se han recuperado un conjunto de regiones genómicas (HAR) que ha permitido observar que éstas estaban esencialmente compartidas con el linaje neandertal y que por tanto no eran rasgos específicos de nuestra especie; así como una región regulatoria cercana al gen *FOXP2*, relacionado con las capacidades lingüísticas humanas, y se ha encontrado una variante regulatoria ancestral (es decir, compartida con el chimpancé) en los neandertales. En cambio, la gran mayoría de los humanos modernos (con la excepción de un pequeño porcentaje de individuos en poblaciones del África Subsahariana) presentan una variante derivada, lo que hace suponer que dicha regulación funciona de forma distinta en general en nuestra especie.

Finalmente, se ha capturado y secuenciado todo el *exoma* (conjunto de secuencias codificantes) del genoma del individuo SD1253 lo que permitirá, por primera vez, conocer la diversidad genómica intraespecífica de los neandertales, rastrear cambios genéticos específicos de su linaje, e inferir cuestiones demográficas a través del análisis de su diversidad (cuanto menor es una población, menor es su diversidad genética), y está en marcha la captura del cromosoma 21 completo a una cobertura elevada a fin de poder hacer comparaciones evolutivas exhaustivas entre este cromosoma neandertal y sus equivalentes humanos modernos, descubrir posibles rastros de flujo genético entre ambos linajes, o testar si hubo flujo génico posterior a la llegada de los humanos modernos a Europa hace unos 45.000 años.

## 6. CRONOMETRÍA

En 2010 se publicaron todas las actividades relacionadas con la datación del registro arqueológico de El Sidrón, a la vez que quedaba pendiente la recepción de los resultados de las muestras enviadas al ORAU de la Universidad de Oxford. A causa de la falta de nitrógeno en las citadas muestras y, por tanto, la imposibilidad de ofrecer una data radiocarbónica, se decidió datar por ese laboratorio una muestra de la que en 1998 fue enviada por la Consejería al LSCE/IPSL, CEA-CNRS-UVSQ en Francia y de la que todavía se conservaba una parte. Las dataciones  $^{14}\text{CAMS}$  del laboratorio francés  $48.500 \pm 2600$  BP (GifA-99167) y  $49.200 \pm 2500$  BP (GfA-99704) concuerdan perfectamente con la del inglés  $48.400 \pm 3600$  BP (OxA-21776), con lo que la media ponderada de las dataciones es  $48.800 \pm 1600$  BP. Esta cifra no desentona con los resultados ofrecidos por los otros sistemas de datación utilizados en el yacimiento.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco de los Convenios Consejería de Cultura del Principado de Asturias/Universidad de Oviedo (CN-07-088/CN-08-085/CN-09-084/SV-PA-11-14). Agradecemos la colaboración prestada por los miembros de los diferentes equipos que componen el Equipo de Investigación de El Sidrón. Hacemos extensivo el agradecimiento a la Dirección y al Comité de Dirección del Museo Arqueológico Nacional de Madrid por habernos propuesto para la candidatura al Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica 2012.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

RASILLA, M. DE LA, ROSAS, A., CAÑAVERAS, J. C., LALUEZA-FOX, C. (eds.). *La Cueva de El Sidrón (Borines, Piloña, Asturias). Investigación interdisciplinar de un grupo neandertal*. Consejería



de Cultura y Turismo y Ediciones Trabe SLU. Oviedo.

[Para completar la información es imprescindible la lectura en el libro que antecede de los artículos de Rasilla *et alii*, Cañaveras *et alii*, Rosas *et alii*, Lalueza, Santamaría *et alii*, Torres *et alii* y el texto de Fortea de las páginas 189-191. Asimismo incluimos aquí las publicaciones aparecidas en los años 2011 y 2012 que deben sumarse a las especificadas en las páginas 199-201 del libro arriba citado].

BURBANO, H. A., GREEN, R. E., MARICIC, T., LALUEZA-FOX, C., RASILLA, M. DE LA, ROSAS, A., KELSO, J., POLLARD, K. S., LACHMANN, M. AND PÄÄBO, S. 2012. Analysis of Human Accelerated DNA Regions Using Archaic Hominin Genomes. *PLoS One*, 7(3): e32877.

HARDY, K., BUCKLEY, S., COLLINS, M., ESTALRRICH, A.; BROTHWELL, D., COPELAND, L., GARCÍA-TABERNEO, A.; GARCÍA-VARGAS, S.; RASILLA, M. DE LA, LALUEZA-FOX, C., HUGUET, R.; BASTIR, M.; SANTAMARÍA, D., MADELLA, M., FERNÁNDEZ CORTÉS, A., ROSAS, A. 2012. Neanderthal medic? Evidence for food, cooking and medicinal plants entrapped in Neanderthal dental calculus. *Naturwissenschaften*, 99: 617-626.

LALUEZA-FOX, C., ROSAS, A., ESTALRRICH, A., GIGLI, E., CAMPOS, P. F., GARCÍA-TABERNEO, A., GARCÍA-VARGAS, S., SÁNCHEZ-QUINTO, F., RAMÍREZ, O., CIVIT, S., BASTIR, M., HUGUET, R., SANTAMARÍA, D., THOMAS, M., GILBERT, P., WILLERSLEV, E., RASILLA, M. DE LA. 2011. Genetic evidence for patrilocal mating behaviour among Neanderthal groups. *PNAS*, 108, 1: 250-253.

LALUEZA-FOX, C., ROSAS, A., RASILLA, M. DE LA, THOMAS, M., GILBERT, P., WILLERSLEV, E. 2011. Reply to Vigilant and Langergraber: Patrilocality in Neanderthals is still the most plausible explanation. *PNAS*, Early Edition.

LALUEZA-FOX, C.; GIGLI, E.; SÁNCHEZ-QUINTO, F.; RASILLA, M. DE LA; FORTEA, J.; ROSAS, A. 2012. Issues from Neanderthal genomics: diversity, adaptation and hybridisation revised from El Sidrón case study. *Quaternary International Journal*, 247: 10-14.

LALUEZA-FOX, C., ROSAS, A. RASILLA, M. DE LA. 2012. Palaeogenetic research at the El Sidrón Neanderthal site. *Annals of Anatomy*, 194: 133-137.

LÓPEZ-VALENZUELA, M., RAMÍREZ, O., ROSAS, A., GARCÍA-VARGAS, S., RASILLA, M. DE LA, LALUEZA-FOX, C., ESPINOSA-PARRILLA, Y. 2012. An ancestral allele of miR-1304 present in Neanderthals regulates genes involved in enamel formation and could explain dental differences with modern humans. *Mol. Biol. Evol.*, 29 (7): 1797-1806.

MARTÍNEZ-MAZA, C.; ROSAS, A.; GARCÍA-VARGAS, S.; ESTALRRICH, A.; RASILLA, M. DE LA. 2011. Bone remodeling in Neanderthal mandibles from the El Sidrón site (Asturias, Spain). *Biology Letters*, 7: 593-596.

PEÑA-MELLÁN, A., ROSAS, A., GARCÍA-TABERNEO, A., BASTIR, M., RASILLA, M. DE LA. 2011. Paleoneurology of two

new neanderthal occipitals from El Sidrón (Asturias, Spain) in the context of Homo endocranial evolution. *The Anatomical Record*, 294: 1370-1381.

ROSAS, A.; ESTALRRICH, A.; GARCÍA-TABERNEO, A.; BASTIR, M.; GARCÍA-VARGAS, S.; SÁNCHEZ-MESEGUER, A.; HUGUET, R.; LALUEZA-FOX, C., PEÑA-MELLÁN, A.; KRANIOTI, E. F.; SANTAMARÍA, D.; RASILLA, M. DE LA Y FORTEA, J. 2012. Les Néandertaliens d'El Sidrón (Asturies, Espagne). Actualisation d'un nouvel échantillon. *L'Anthropologie*, 116 (1): 57-76.

ROSAS, A.; ESTALRRICH, A.; LALUEZA-FOX, C.; HUGUET, R.; GARCÍA-TABERNEO, A.; GARCÍA-VARGAS, S.; RASILLA, M. DE LA; BASTIR, M.; PEÑA-MELLÁN, A.; SANTAMARÍA, D. Y RASILLA, M. DE LA. 2012. Paleobiología de los neandertales ibéricos. La importancia de la muestra de El Sidrón (Asturias, España) . 17 Congreso SEAF. Turbón, D.; Fañanás, L.; Rissech, C. y Rosa, A. (Eds.). *Biodiversidad Humana y Evolución*. Barcelona (junio, 2011): 21-28.

SANTAMARÍA, D., MARTÍNEZ, L., DUARTE, E., CAÑAVERAS, J. C., ROSAS, A. SÁNCHEZ-MORAL, S., SILVA, P. G., LALUEZA-FOX, C., RASILLA, M. DE LA. 2011. Los remontajes líticos musterienses de la Cueva de el Sidrón (Borines, Piloña, Asturias). *XIII Reunión Nacional de Cuaternario*. V. Turu y A. Constante (eds.). *El Cuaternario en España y áreas afines, avances en 2011*. AEQUA y Fundación Marcel Chevalier, Andorra (julio, 2011): 229-233.

SANTOS DELGADO, G., SILVA BARROSO, P. G., STANDING, M., HUERTA, P., FERNÁNDEZ MACARRO, B., CAÑAVERAS JIMÉNEZ, J. C., SÁNCHEZ-MORAL, S. Y RASILLA VIVES, M. DE LA. 2012. Análisis topográfico y geomorfológico del complejo kárstico de El Sidrón (Piloña, Asturias). *VIII Congreso Nacional de Geología*, (Oviedo, 2012). *Geotemas*, 13, 2012: 224.

SANTOS DELGADO, G., MARTÍNEZ RUBIO, J., SILVA BARROSO, P. G., SÁNCHEZ-MORAL, S.; CAÑAVERAS JIMÉNEZ, J. C. Y RASILLA VIVES, M. DE LA. 2012. Contribución al conocimiento de la Cueva de El Sidrón (Piloña, Asturias) con técnicas de láser escáner 3D. *Avances de la Geomorfología en España 2010-2012. XII Reunión Nacional de Geomorfología* (Santander, 2012). *PUBliCan - Ediciones de la Universidad de Cantabria*: 255-258.

## 9. OTRAS ACTIVIDADES

Entre 2007 y 2012 se han realizado diferentes acciones por parte de los miembros del Equipo de El Sidrón: 1. Científicas: publicaciones científicas, participación en congresos, reuniones y workshops; lectura de tesis doctorales, trabajos de fin de máster, trabajos de suficiencia investigadora, memorias de licenciatura y proyectos de fin de carrera. 2. Divulgación científica: publicaciones de divulgación, conferencias, ruedas de prensa, reportajes y documentales.