

KOBIE SERIE ANEJO, nº 13: 139-160
Bizkaiko Foru Aldundia-Diputación Foral de Bizkaia
Bilbao - 2014
ISSN 0214-7971
Web <http://www.bizkaia.eus/kobie>

LA PRODUCCIÓN DE HIERRO EN EL PIRINEO CENTRAL CATALÁN DURANTE LA ANTIGÜEDAD. EL CASO DE VALL FERRERA Y EL PALLARS SOBIRÁ.

*Iron production in the Catalan Pyrenees center during Antiquity.
The case of Vall Ferrera and Pallars Sobira.*

Oscar Augé Martínez¹

Palabras clave: Carbón. Escorial. Hierro. Paleoecología. Vall Ferrera.

Hitz gakoak: Burdina. Ikatza. Mendiko burdinolak. Paleoekologia. Vall Ferrera. Zepategia.

Key words: Charcoal. Iron. Iron slag. Paleoecology. Vall Ferrera.

RESUMEN

Desde hace aproximadamente catorce años en los valles altos de la cabecera de los ríos Noguera Pallaresa y Noguera Ribagorçana, en las comarcas catalanas del Pallars Sobirà y Alta Ribagorça, se están llevando a cabo un conjunto de estudios arqueológicos y paleoecológicos que están sirviendo para poner de manifiesto el grado de antropización de esta zona del Pirineo axial catalán desde la última glaciación, así como ciertas especializaciones territoriales que han determinado su paisaje actual, entre estas, la actividad paleosiderúrgica. En esta comunicación se explicará cuál es el estado actual del conocimiento sobre los primeros indicios documentados de la explotación del hierro en esta zona, mayoritariamente en los valles de Vall Ferrera y de Baiasca, y alguna otra zona cercana, con el objetivo principal de discutir la incidencia que estas actividades pudieron haber tenido en la transformación del paisaje.

LABURPENA

Duela hamalau urtetik, gutxi gorabehera, Noguera Pallaresa eta Noguera Ribagorçana ibaien goi ibarretan, Pallar Sobirà eta Alta Ribagorça bailara katalanetan, ikerketa arkeologikoak eta paleoekologikoak egiten ari dira, eta horiei esker agerian geratzen ari da Kataluniako Pirinio axialaren eremu horretan antropizazio handia izan zela azken glaziazioaz geroztik, eta lurralde horretako espezializazio batzuek egungo paisaia zehaztu zutela, hala nola paleosiderurgiak. Komunikazio honen xedea izango da eremu horretan (nagusiki Vall Ferrera eta Baiasca bailaretan eta inguruko beste eremuren batean) izandako burdin ustiapenaren lehen aztarna dokumentatuen gaineko ezagutza zertan den azaltzea, jarduera horiek paisaiaren eraldaketan zer-nolako eragina izan zuten eztabaidatzeko.

¹ Patrimoni Actiu. Carrer Munturull 31, 1-1. CP 25700 La Seu d'Urgell. Email: info@patrimoniactiu.com

SUMMARY

Since about fourteen years ago in the high valleys of the headwaters of the rivers Noguera Pallaresa and Noguera Ribagorzana in the Catalan regions of Pallars Sobira and Alta Ribagorza, they are conducting a series of archaeological and paleoecological studies are helping to highlight the level of human manifest on this area of the Catalan Pyrenees since the last glaciations, also certain specializations of the territory which determined its current landscape, among these, the steel industry. This communication will explain what the current state of knowledge on early indications documented iron mining in this area, mainly in the valleys of Vall Ferrera, Baiasca and another nearby area, with the main objective to discuss the incidence of these activities had in transforming landscape.

1. INTRODUCCIÓN.

A pesar de la general ausencia de datos en zonas montañosas como la nuestra, desde la arqueología es bastante común concebir las poblaciones pretéritas de estos ámbitos geográficos fuertemente orientadas hacia actividades agropecuarias, en muchos casos mayoritariamente ganaderas. Incluso en algunas de las escasas líneas de investigación dirigidas a reducir este déficit empírico, las formas de explotación ganadera y su evolución diacrónica han constituido el foco central para analizar el cambio histórico. Las características físicas de estos territorios, su supuesto carácter aislado y/o la movilidad intrínseca que, apriorísticamente, se supone a los diferentes grupos humanos que los han ocupado desde la prehistoria han sido argumentos suficientes para aplicar un discurso global que ha dejado de lado las diferencias locales a nivel de valle, su imbricación dentro de procesos históricos más amplios, y el carácter propio que la explotación de determinados recursos naturales, como por ejemplo el hierro, pueden haber tenido en determinados momentos.

Con la finalidad de reducir este vacío arqueológico existente en las zonas más axiales del Pirineo occidental catalán, desde el año 2001 se han ido desarrollando varios proyectos de investigación arqueológica y paleoecológica en las comarcas del Pallars Sobirà y

Alta Ribagorça, a partir de los cuales se han llevado a cabo diversas campañas de prospección y excavación (Forés *et al.* 2002; Gassiot *et al.* 2003, 2006, 2010a y 2010b). El objetivo de todas estas intervenciones ha sido obtener un corpus de datos diacrónico que permitiera iniciar el estudio del poblamiento de estas zonas a partir del conocimiento de las formas productivas para cada período y el análisis de sus procesos de cambio. Uno de los resultados más llamativos de estas investigaciones fue el descubrimiento de numerosas evidencias de actividades productivas vinculadas a la siderurgia prehidráulica, desde la extracción del mineral hasta el proceso de reducción de éste, que han sido fechadas entre el s. II calNE y finales del s. VIII calNE. La relevancia de estos datos es aún mayor si se tiene en consideración el vacío general de conocimiento de estas actividades fuera de contextos de hábitat para la Prehistoria e Historia Antigua del nordeste peninsular.

Para finalizar este pequeño marco introductorio, cabe decir que, a día de hoy, la investigación que se inició hace unos años ha tenido una derivada positiva en la dinamización local de algunas de las zonas donde se han documentado vestigios de actividad paleosiderúrgica. Es el caso de Vall Ferrera, donde desde el año 2010 se viene desarrollando el proyecto “Boscos de Ferro”, centrado en la valorización social y turística de este patrimonio (Augé 2012). Y cosa más sorprenden-

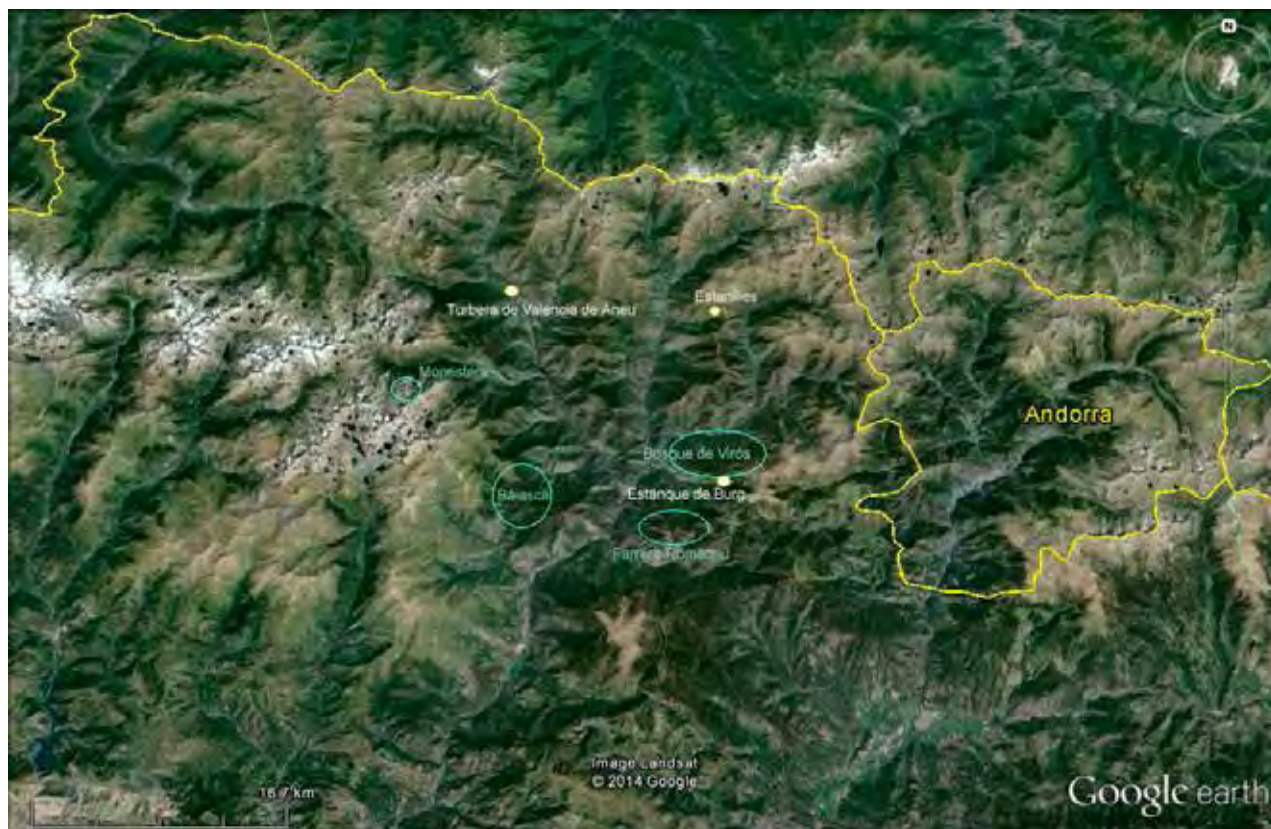


Figura 1. Situación de las zonas y lugares descritos en este artículo. En azul las zonas con vestigios paleosiderúrgicos, y en amarillo los lugares donde se han tomado muestras sedimentarias.

te aún es que, en estos momentos, es el propio territorio el que plantea la necesidad de profundizar en el conocimiento generado hasta ahora. En este sentido se está preparando un nuevo proyecto centrado en el fenómeno paleosiderúrgico en estas zonas de alta montaña que, retomando el hilo de la investigación realizada hasta la fecha, nos permita caracterizar mejor su implicación en los procesos sociales, políticos y económicos del periodo en el que se enmarcan.

2. EL ÁMBITO DE ESTUDIO.

Aunque evidencias de explotación paleosiderúrgica están presentes a lo largo de todo el territorio estudiado y otras zonas adyacentes², la concentración más importante documentada a día de hoy se encuentra fundamentalmente en dos zonas, el valle de Baiasca y en el Bosque de Virós, en Vall Ferrera.

El ámbito de estudio está definido por un marco geográfico amplio en el que se trabajó en la zona de Vall Ferrera, el valle de Baiasca y la zona de Monestero. Un territorio dominado por dos grandes domos: el del Noguera Pallaresa en el norte y el del Orri al sur, ambos formados por materiales sedimentarios del Cambro-Ordoviciano. En medio de estos dos domos está el sinclinal de Llavorsí. En el núcleo del sinclinal afloran materiales del Devoniano y carboníferos, mayoritariamente constituidos por pizarras carbonáticas, calizas y calcoesquistos. El límite entre el sinclinal y los domos están definidos por pizarras negras del Silúrico, que por su naturaleza plástica favorecen el desarrollo de accidentes tectónicos destacables. De una manera muy general se puede decir que la base litológica más antigua está constituida por esquistos del Cambro-Ordoviciano, que son sucedidos por pequeñas franjas de pizarras negras del Silúrico, esquistos calcáreos y calcoesquistos del Devónico y pizarras y calcoesquistos del Carbonífero en el que, sobre todo, es un terreno caracterizado por una elevada esquistosidad (Poblet 1991).

Las principales mineralizaciones de hierro en la zona se asocian a fracturas y zonas de cizalla encajadas entre los minerales del Ordoviciano. Entre los minerales de hierro destacan la goethita, la hematites, la lepidocrocita y la siderita, que se pueden combinar con la piritita y la calcopiritita que, al igual que el mineral explotado, estaban asociados a filones de cuarzo (Mata-Perelló y Riba 1995).

Los factores orográficos condicionan la variabilidad climatológica de toda el área. La media de precipitación varía con la altitud entre 700 a 1.100 mm/año,

mientras que la media de la temperatura varía entre 10,1°C en el fondo del valle (900 msnm) y los -2,3°C en la cota más alta (2.700 msnm). El mes más cálido es julio y el más frío enero, con una media de temperaturas entre 10,2°C y 19,3°C, y -7,2°C y -2°C respectivamente, según las estimaciones hechas a partir del Atlas Digital de Cataluña (Ninyerola *et al.* 2000).

Mayoritariamente la vegetación se localiza en la transición entre el clima mediterráneo y el clima atlántico. El Bosque de Virós en Vall Ferrera nos sirve como ejemplo de gran masa forestal de la zona, ya que al estar orientada al noroeste se extiende desde el fondo del valle en torno a los 900 metros hasta los picos por encima de los 2.500 metros. La distribución de la vegetación hace que junto al río haya especies propias del bosque de ribera, con fresnos (*Fraxinus excelsior*), avellanos (*Corylus avellana*) y algunos robles (*Quercus humilis*), junto con otros caducifolios como los olmos (*Ulmus minor*) y los sauces (*Salix alba*), que rodean algunos cultivos que aprovechan los márgenes del río. Entorno a los 1.100-1.200 metros el pino silvestre (*Pinus sylvestris*) gana terreno a antiguas zonas cultivadas, y ocupa el espacio de robles y caducifolios. Entre 1.500 y 1.800 metros hay varios rodales en que el abeto (*Abies alba*) es la especie dominante si bien es cierto que comparte el espacio con el pino silvestre (*Pinus sylvestris*). Entre 1.600 y 1.800 metros el sotobosque tiene una gran variedad arbórea, ya que junto con los pinos también hay abedul (*Betula pendula*), abeto (*Abies alba*) y haya (*Fagus sylvatica*), que forma un pequeño rodal de forma dominante. El bosque de pino negro (*Pinus uncinata*) ocupa el espacio a partir de los 1.800 metros y sólo algunos pequeños prados culminantes y zonas de roca sin vegetación rompen el dominio del pinar hasta el Pico de Mániga, el punto culminante (2.515 m).

El Bosque de Virós tiene un relieve relativamente suave (pendiente media de entre 10 ° y 25 °), producto del contacto entre el sumergimiento norte de los materiales cambroordovicianos y Silurianos del domo de la Pallaresa, y el flanco sur del sinclinal resultado de la orogénesis alpina. La pendiente, junto con la dinámica periglacial, ha permitido grandes acumulaciones de materiales sedimentarios que, una vez terminados el periodo postglacial, ha favorecido la formación de suelos ricos y bien desarrollados. Este hecho, unido a las menores evapotranspiraciones y mayor capacidad de retención de humedad de la umbría, es lo que ha permitido el establecimiento de bosques altamente desarrollados y diversos, en los que viven especies animales con requerimientos forestales bien específicos, como el urogallo (*Tetrao urogallus*).

2 En este sentido es frecuente que la gente de la zona de cuenta de determinados lugares en los montes y bosques donde se encuentran *cagaferros*, que es el nombre popular con el cual se conocen las escorias globulares de sangrado.

3. METODOLOGÍA Y MATERIALES DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1. La metodología arqueológica.

Los datos arqueológicos documentados hasta ahora sobre la producción siderúrgica en la zona provienen de las campañas de prospección en superficie efectuadas en el norte de las comarcas del Pallars Sobirà, Pallars Jussà, Alta Ribagorça y el Valle de Aran entre los años 2001 y 2004, y de la excavación en extensión del Dolmen de la Font de los Coms de Baiasca, entre el 2003 y 2004 (Gassiot *et al.* 2005 y 2007; Rapalino *et al.* 2007).

La metodología de prospección se realizó combinando una estrategia de muestreo dirigido orientada a la revisión de determinados lugares a partir de indicios tales como la toponimia, las características del lugar o de referencias disponibles, junto a una prospección más intensiva del territorio. En esta última se recorrió el terreno estudiado revisando su superficie con un equipo formado entre 6 y 10 personas alineadas definiendo transeptos. De esta manera se iban registrando mediante varios tipos de fichas y fotografías los diferentes vestigios de actividad humana, con la excepción de aquellos elementos propios de una cronología del siglo XX que ya figuraban en la cartografía existente. Para hacer este trabajo se utilizó un GPS con una precisión inferior a 4 metros.

Más allá de su descripción detallada, en determinados contextos se procedió a limpiar algunas estructuras arquitectónicas y se efectuaron levantamientos planimétricos. También se realizaron sondeos estratigráficos en algunos yacimientos. Estos siempre consistieron en catas de extensión reducida con dos objetivos: evaluar el potencial arqueológico de algunos vestigios y obtener materiales para fechar los contextos documentados, dado que en muchos casos la inspección de superficie no ofrecía elementos diagnósticos inequívocos de la cronología a la que podían pertenecer.

Este trabajo permitió documentar diferentes contextos de producción siderúrgica antigua identificados por trazas de explotaciones mineras, restos de posibles hornos de tostado del mineral, y vestigios de talleres de reducción del tipo ferrerías de monte, formados principalmente por vertederos de escorias, carbones, mineral quemado y restos de arcilla cocida, presumiblemente fragmentos del revocado de la pared del horno. Así mismo, también se documentó un número importante de carboneras asociadas cronológicamente con estos talleres.

Se efectuaron once catas de 0,5 x 0,5 m. en los escoriales. En algunos casos, en que estos depósitos habían sido cortados por caminos, la operación efec-

tuada consistió en limpiar el perfil generado en el talud de la pista forestal. Estos sondeos han permitido no sólo definir el proceso de formación y la composición de estos vertederos, sino también obtener algunas dataciones absolutas. También se efectuaron catas similares en algunas de las carboneras del Bosque de Virós asociadas a los escoriales.

A parte de las prospecciones descritas se realizó la excavación en extensión del dolmen de la Font dels Coms, en el valle de Baiasca, una cista funeraria megalítica con túmulo conservado, que permitió documentar un reaprovechamiento posterior de parte de esta estructura para ubicar una estructura de combustión abierta, con varios niveles de aprovechamiento y reparación, que fue interpretada como un posible horno de tostado de mineral de hierro. La excavación permitió, además de documentar la construcción y uso de los diversos niveles de este horno, analizar el tipo de combustible utilizado y otros materiales asociados, como un pequeño ajuar cerámico y algunos objetos de metal (Gassiot *et al.* 2006 y 2008).

De los materiales que se mencionan en este artículo, se puede detallar que los carbones no sólo fueron determinados taxonómicamente sino que se documentaron patologías y otras características anatómicas con el fin de inferir el estado de la madera, la parte del árbol explotada, etc (Celma 2009), mientras que de la cerámica, recuperada prácticamente de forma exclusiva en el Dolmen de la Font dels Coms, se realizó su clasificación morfológica, su representación y estudio morfométrico y la interpretación del conjunto (Crespo *et al.* 2008).

3.2. El estudio paleoecológico.

Los datos arqueológicos obtenidos se contrastaron con dos tipos de registros paleoambientales: un primero basado en la obtención de datos de testigos sedimentarios procedentes de lagos y turberas, es decir, medios reductores. Y un segundo, mucho más pensado en clave del proceso de transformación del mineral de hierro, basado en el estudio de las carboneras del Bosque de Virós, en Vall Ferrera.

Los testigos sedimentarios empleados fueron:

a) La parte superficial del estanque de Burg (1.821 m), un paleolago actualmente relleno de sedimento. De él se recuperaron 16,50 m. con una sonda mecánica Rolatec RL 48-L de 10 cm. La datación de su base es de unos 17.000 años calBP, si bien aquí se hará mención únicamente a los últimos 3.350 años (CMB-8 y CMB-9) (Bal *et al.* 2010).

b) La turbera de Valencia de Aneu (1.150 m), en el valle de Aneu, de la que se recuperaron 3 m. de sedimento con una sonda de percusión mecánica Eijelkamp.

Su base tiene una datación de unos 300 años calANE (VAL-3) (Pèlachs *et al.* 2009b).

c) El estanque de Estanilles (2.200 m), otro paleo-lago situado en el valle de Cardós y que actualmente funciona como turbera, de la que se extrajeron cinco testigos. El más largo midió 2,75 m. y dio una edad en su base de entorno 13.775 años calANE. Aunque en esta comunicación sólo se hará referencia a los primeros 0,87 m. y una edad de base de 1000 años calANE (Cunill 2010).

Para el análisis polínico se utilizó el tratamiento químico propuesto por Goery y Beaulieu (1979). Para la identificación del polen se emplearon las colecciones de referencia de la Universidad Autónoma de Barcelona. Los porcentajes de polen se han representado en forma de diagrama usando el programa Tilia (Tilia-Graph-TGview) (Grimm 1992).

En los estanques de Burg y Estanilles, los datos polínicos –entre otros proxies– se completaron con el recuento de macrocarbones (>150 micras) siguiendo la metodología propuesta por Carcaillet *et al.* (2001 y 2007) (Bal *et al.* 2010).

En cuanto al estudio de las carboneras desde un punto de vista paleoecológico se realizaron adaptaciones de la metodología propuesta por Bernard Davasse (Davasse 2000). Así, se llevó a cabo un inventario de carboneras en 925 ha del bosque de Virós a partir de la cota 1.200 m. hasta la cota 2.515 m. El espacio de bosque estudiado se seleccionó de forma que estuviera

representada toda la vegetación arbórea principal del piso subalpino (*Pinus uncinata*, *Pinus sylvestris*, *Abies alba*, *Fagus sylvatica* y *Betula pendula*) y el mayor número de minas y puntos de extracción de hierro posible.

El trabajo de campo para la localización de las carboneras se hizo a pie y con un GPS Trimble Pathfinder Pocket de precisión submétrica, para llenar una ficha descriptiva que recogiera las dimensiones, vegetación actual y principales características del entorno de cada carbonera (Izard 1992).

Este trabajo permitió localizar un registro diacrónico de 942 carboneras en la zona del Bosque de Virós, en Vall Ferrera, repartidas entre los 1.300 y los 2.230 m. (fig. 2). Aunque la gran mayoría de ellas estarían relacionadas con la actividad siderúrgica que hubo en este valle entre los siglos XVIII i XIX, quince de estas carboneras estaban relacionadas espacialmente con escoriales vinculados a ferrerías de monte.

El conjunto de estas 942 carboneras y sus principales características ha permitido hacer un muestreo estratificado en función del tipo de vegetación actual, debido a la presencia dominante de *Pinus sylvestris* entre 1.200 y 1.599 m., mezcla de *Pinus uncinata*, *Abies alba*, *Fagus sylvatica* y *Pinus sylvestris* entre 1.600 y 1.799 m. y presencia dominante de *Pinus uncinata* entre 1.800 y 2.230 m. La estratificación también tuvo en cuenta su longitud, para validar la hipótesis que el tamaño está directamente relacionada con la cantidad de carbón producido. Por eso las carboneras

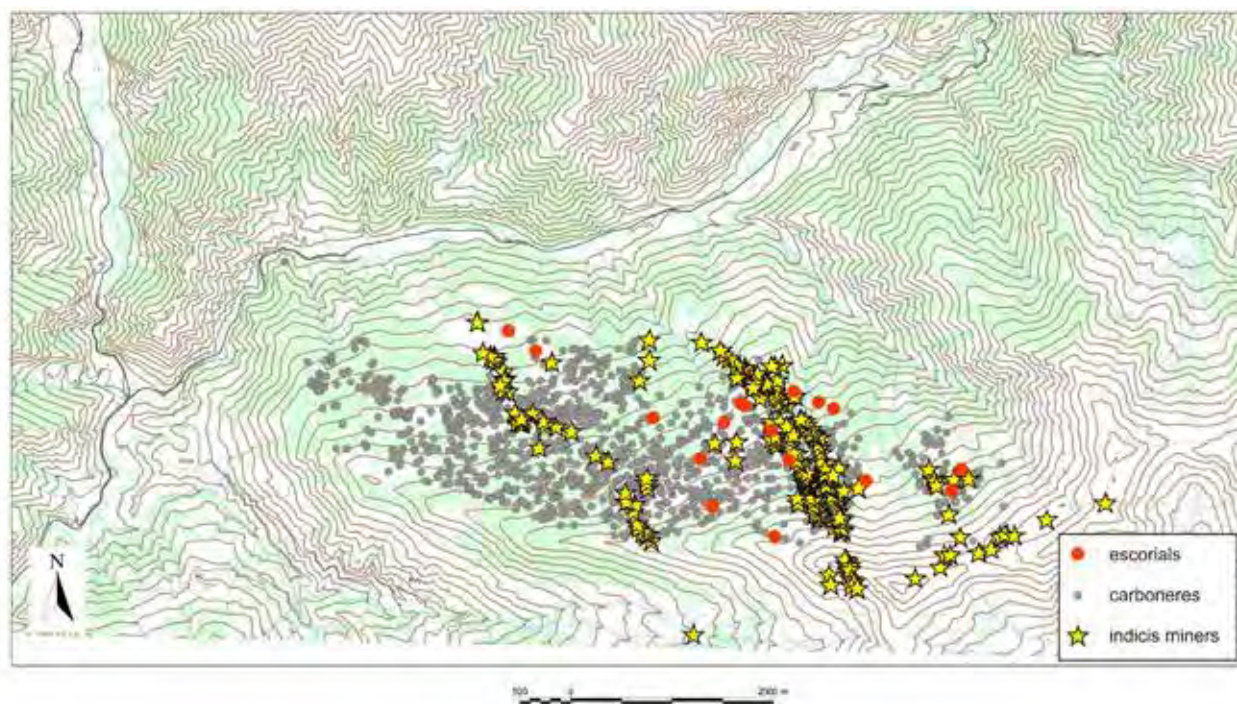


Figura 2. Dispersión de las carboneras documentadas en el Bosque de Virós (Vall Ferrera), en relación a bocaminas y otros puntos de extracción, y los escoriales tardoantiguos (Fuente: Augé *et al.*, 2012).

se agruparon en cuatro tipos: A (3, 4 y 5 metros de largo), B (6 metros de largo), C (7 y 8 metros de largo) y D (9 metros o más metros de longitud) (fig. 4). La elección de las carboneras fue aleatoria dentro de cada estrato.

La recopilación de muestra se realizó aplicando una adaptación del método antracobiogeográfico haciendo un sondeo de 0,5 x 0,5 metros desplazado ligeramente del centro de la carbonera, buscando la máxima profundidad pero evitando la mezcla de carbones del ojo de la carbonera. De cada sondeo se tomaron muestras cada 5 centímetros hasta la base que indicaba la roca madre o diferentes niveles termoalterados.

Para el tratamiento en el laboratorio se tomaron sólo los niveles de base de cada carbonera y se tamizaron con tres mallas, de 5 mm, 2 mm y 0,5 mm, de forma manual utilizando un chorro de agua, cepillo y un cubo por inmersión del tamiz. Esto permitió clasificar los carbones y recuperar muestras mayores de 5 mm, que son las que se utilizaron para hacer las dataciones de ¹⁴C.

3.3. Las dataciones.

Las dataciones radiocarbónicas han sido la herramienta principal para situar cronológicamente tanto los restos arqueológicos como los testigos paleoecológicos. En contextos arqueológicos las dataciones se

efectuaron mediante AMS, siempre en carbones pues no se localizaron muestras de vida corta que no fueran intrusivas. Esto permitió disponer de cronologías absolutas de 6 escoriales, sobre los que se realizaron 8 dataciones (dos de los cuales ellos disponen además de dos niveles de datación). También se dataron tres supuestos hornos de tostado de mineral hierro, entre ellos el del Dolmen de la Font dels Coms, del que se consiguieron tres dataciones que permiten conocer mejor el lapsus de tiempo de su funcionamiento (Gassiot *et al.* 2005, 2006 y 2007; Rapalino *et al.* 2007). También se efectuaron 37 dataciones del mismo número de carboneras, cinco de las cuales asociadas a los escoriales (Pèlachs *et al.* 2009a).

4. RESULTADOS Y PRIMERAS INTERPRETACIONES.

4.1. La cronología.

La tabla 3 y la figura 4 presentan los resultados de las dataciones de los diferentes contextos asociados a la producción siderúrgica de las cronologías tratadas en este trabajo. A estas dataciones se deben añadir las que han servido para datar los diferentes registros sedimentarios y validar los diferentes modelos cronológicos adecuados a la escala de análisis (Bal *et al.*, 2011; Pèlachs *et al.* 2009b; Cunill 2010).

Yacimiento	Código LAB	Datación BP	calibración 1σ	calibración 2σ	Descripción
Fangassals	KIA-28279	2115±30	192-99 calANE	342-49 calANE	Horno de tostado
Pi Florit	KIA-20468	2100±20	168-93 calANE	182-51 calANE	Horno de tostado
D. Font dels Coms	KIA-23143	1990±30	37 calANE-52 calNE	49 calANE-74 calNE	Horno de tostado (pavimento)
D. Font dels Coms	BETA-252599	1930±40	27-125 calNE	40-210 calNE	Horno de tostado (vertedero)
D. Font dels Coms	KIA-23141	1850±35	126-223 calNE	79-240 calNE	Horno de tostado (pavimento)
Escorial 1	BETA-173411	1760±60	135-323 calNE	85-386 calNE	Carbonera/escorial
Escorial 2	BETA-173447	1780±40	141-330 calNE	130-379 calNE	Carbonera/escorial
Meners II	KIA-26253	1780±30	214-326 calNE	135-337 calNE	Escorial
Font de la Canaleta	Gif-9434	1740±40	216-338 calNE	134-380 calNE	Escorial
Gall Fer - III	KIA-26252	1720±30	258-381 calNE	245-397 calNE	Escorial
Escorial 4	BETA-173413	1690±40	261-410 calNE	249-426 calNE	Carbonera/escorial
Meners VI	KIA-26247	1660±30	347-423 calNE	259-529 calNE	Escorial
Meners VI	KIA-26246	1650±30	349-429 calNE	262-532 calNE	Escorial
Escorial 3	BETA-173412	1640±40	346-530 calNE	263-537 calNE	Carbonera/escorial
Castenás	KIA-20467	1620±25	401-530 calNE	389-535 calNE	Escorial
Meners II	KIA-26254	1605±35	414-533 calNE	385-545 calNE	Escorial
Escorial 5	BETA-173414	1560±40	434-543 calNE	415-585 calNE	Carbonera/escorial
Gall Fer	KIA-20465	1265±20	691-772 calNE	676-779 calNE	Escorial

Tabla 3. Dataciones C14 de contextos relacionados con actividades asociadas a procesos de trabajo paleosiderúrgicos en el Pallars Sobirà (Fuente: Davasse 2000; Gassiot *et al.* 2005 y 2007; Pèlachs *et al.* 2009a).

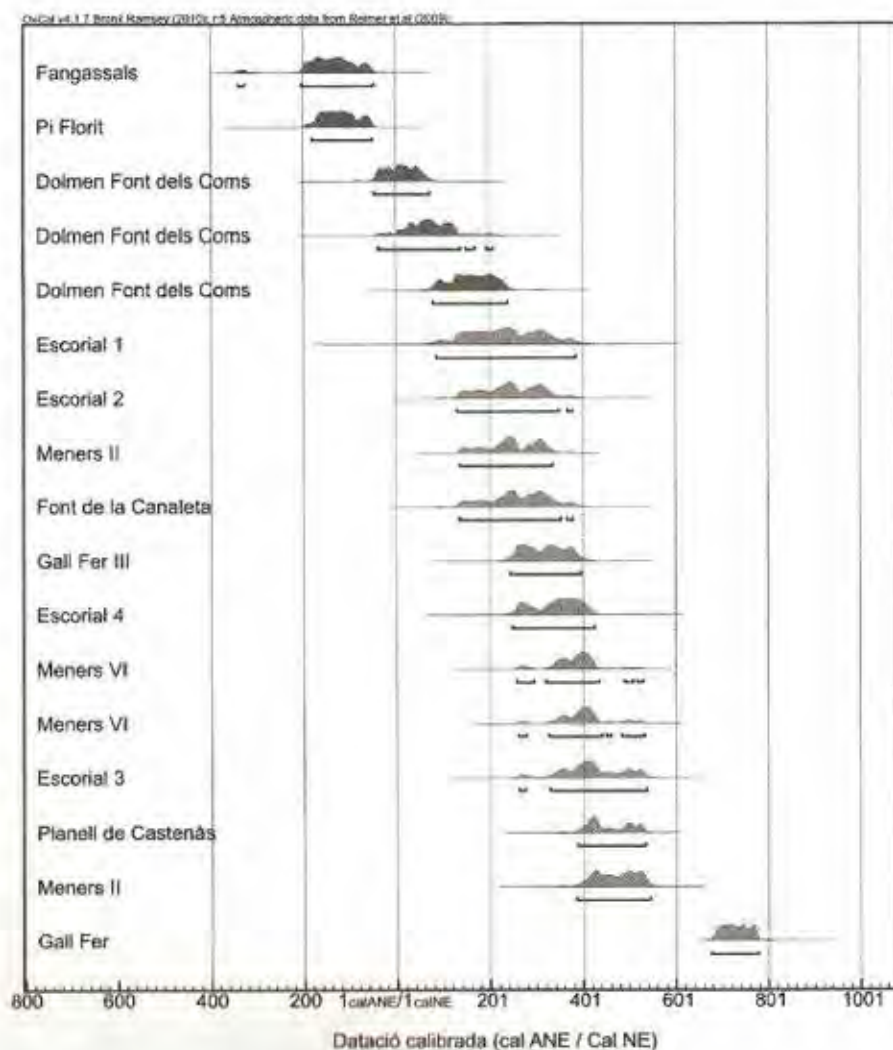


Figura 4. Calibración de las dataciones absolutas. Las 5 primeras corresponden a los supuestos hornos de tostado (Fuente: Gassiot *et al.* 2005)

Del total de 48 dataciones efectuadas en contextos relacionados a priori con la explotación paleosiderúrgica, 16 facilitaron cronologías anteriores a la época feudal, principalmente del periodo romano. De hecho, si se exceptúa algún recinto de habitación al aire libre fechado recientemente en el Valle de Aran, las dataciones de posibles hornos de tostado de mineral son las primeras tras el vacío de contexto arqueológicos que cubre, en zonas de alta montaña, desde mediados del III Milenio calANE hasta, prácticamente, finales del I Milenio calANE (Gassiot *et al.* 2010a y 2010b). A partir de aquí, la secuencia de dataciones obtenidas muestra una continuidad hasta el s. V o principios del VI CalNE, aunque puntualmente hay una datación que se sitúa entre el s.VII-VIII.

Los datos muestran algunas recurrencias que vale la pena destacar. Las cinco dataciones más antiguas provienen de supuestos hornos de tostado. Estos yacimientos se sitúan, todos ellos, en el margen occidental del río Noguera Pallaresa. En cambio, las 12 dataciones más recientes, incluida la citada por Bernard

Davasse (Davasse 2000), corresponden a nueve yacimientos situados en el Bosque de Virós, en la zona de Vall Ferrera, y uno en la divisoria entre los valles de Farrera y Romadriu. En todos los casos, estos elementos fechados al este del río Noguera Pallaresa consisten en escoriales atribuibles a ferrerías de monte.

Es posible que la ausencia de yacimientos más antiguos en la zona de Vall Ferrera se deba a una carencia del muestreo, y a la dificultad de detectar evidencias anteriores a partir de una simple prospección superficial en un terreno muy boscoso. De todos modos, llama la atención la disimetría de vestigios documentados en ambas zonas y como ésta se correlaciona con una marcada diferencia en los distintos tipos de restos vinculados a procesos de trabajo distintos dentro de la cadena operativa paleosiderúrgica, que se expresa tanto geográfica como cronológica. Si bien en las dos vertientes del río Noguera Pallaresa se ha registrado la presencia de posibles rasas o trincheras mineras de cronología presumiblemente antigua, hay una marcada diferencia en la morfología y la aparente

funcionalidad de las estructuras de combustión identificadas. Por un lado, las que han sido interpretadas como hornos de tostado tienen cronologías comprendidas entre el s. II calNE y finales del s. II calNE. Por otro lado, los escoriales documentados al este del río Noguera Pallaresa no parecen ir más allá de inicios del s. III calNE. Es cierto que algunas dataciones podrían superar este umbral y llegar hasta finales del s. II calNE (Beta-173411, Beta-173447, Gif-9434, KIA-26253), pero la amplitud de los intervalos resultantes de sus calibraciones viene en parte magnificado por las grandes desviaciones que tienen algunas de ellas y, sobre todo, por las oscilaciones en este tramo de la curva INTCAL09.

En consecuencia, en torno finales del s. II o inicios del s. III calNE parece producirse el inicio del modelo paleosiderúrgico documentado en Vall Ferrera y en menor medida en los valles de Farrera y Romadriu, y la desaparición del modelo propuesto al oeste del río Noguera Pallaresa, en la zona de Baiasca.

Finalmente, cabe mencionar que de las dataciones realizadas en las estructuras carboneras sin restos de escorias asociadas, 32 han facilitado en todos los casos unos resultados posteriores al siglo XIII siendo el periodo de mayor intensidad detectado a partir del siglo XVIII (Pèlachs *et al.* 2009a), tal y como era de esperar por las informaciones históricas disponibles que sitúan a partir de este momento el auge de la actividad siderúrgica en esta zona, ubicada ahora en el fondo del valle, y asociada a la nueva tecnología que supuso el sistema de la fragua a la catalana (Bringué 1995; Mas 2000).

4.2. Los indicios de minería antigua.

Las investigaciones realizadas han permitido localizar posibles indicios de explotación de filones de mineral de hierro en los valles de Son, Monestero, Baiasca, Farrera y Vall Ferrera (en el Bosque de Virós). En la mayoría de lugares donde se han localizado este tipo de rastros, estas consisten en zanjas o trincheras a cielo abierto, de formas alargadas y muy sedimentadas (fig. 5). Las trincheras de los valles de Son y Baiasca cortan afloramientos de esquistos más bien calcáreos donde se aprecian pequeñas mineralizaciones muy superficiales de hematites. En varios casos (Plans de Cabanyeres, Pic del Àguila, Pic de Riuposa) se intuye la existencia de alguna pequeña galería en algunos de los cortes.

Ninguno de estos indicios de minería antigua se ha excavado, por lo que su caracterización como minas de hierro actualmente sigue siendo una hipótesis, así como su cronología. En el caso del valle de Baiasca, sin embargo, estos restos se asocian espacialmente a varios vestigios de hornos donde se ha documentado algún tipo de procesamiento de mineral de hierro (fig. 7). Lo mismo sucede con la trinchera del Bony de



Figura 5. Imagen de la posible trinchera de extracción de mineral de Pi Florit, en la zona de Baiasca.

Castenàs respecto del escorial localizado en el Planell de Castenàs. Igualmente, aunque no se ha localizado ninguna zanja clara cercana al horno encontrado en el valle de Monestero, en la vertiente este de la misma hay, en la base del acantilado sur occidental del pico del Gran Encantat aflora una beta de mineral de hierro que podría haber sido rebajada dando lugar a la especie de cueva que se configura actualmente en este lugar. A pesar de que la vertiente es bastante abrupta, la distancia entre los dos es perfectamente practicable. La cronología que se presenta en la tabla 6 se ofrece también en base la datación que han facilitado los hornos a los que se asocian estas trincheras.

Una mención aparte merecen los hallazgos del Bosque de Virós que, en definitiva, es la única de las zonas presentadas en este estudio sobre la que hay documentación histórica que ilustra su explotación minera entre los siglos XVIII i XIX (Mas 2000, Rovira 2009). Los trabajos efectuados recientemente por varios investigadores (Castellarnau y Mata 2002; Gassiot *et al.* 2005; Pèlachs 2005) han permitido documentar unas 225 posibles bocaminas e indicios mineros, 200 de ellos bastante claros, que han servido para describir cinco alineaciones de puntos de extracción que descienden, de forma ligeramente escorada hacia el oeste, desde la zona del Pico de Mániga, la parte

más alta del Bosque de Virós, hacia el fondo del valle. Estas alineaciones parecen marcar las fracturas que contienen los filones de mineral explotados (fig. 9), y cubren desde el punto más alto de la sierra, que alcanza los 2.500 m en el tramo más cercano al pico, hasta como mínimo los 1.350 m. Por debajo de esta altitud es posible que las actividades de cultivo de los últimos siglos hayan escondido indicios de explotaciones anteriores.

A pesar de confluir en un espacio relativamente reducido, este importante número de indicios mineros del Bosque de Virós presenta una cierta diversidad morfológica. Así, se documentan trincheras alargadas que recorren los diferentes filones de mineral localizados en esta zona, y montículos de ganga y escombreras que a menudo marcan la existencia, justo por encima, de los restos de una bocamina colapsada. La cronología de este último tipo extractivo, muy posiblemente, se corresponde con la de la explotación minera de la zona en época moderna y hasta la segunda mitad del s. XIX.

En ocasiones ambas evidencias coexisten en el espacio. Cuando esto sucede, claramente las escombreras asociadas a galerías modernas cubren las trincheras, que se perfilan como explotaciones más antiguas.

Por otro lado, las bocaminas modernas sólo se han identificado en los filones de mayor ley, que son los que están situados en el centro del área con mayor

dispersión de puntos de extracción, y configuran los lugares donde, actualmente, la memoria popular y la toponimia local siguen identificando los emplazamientos mineros. En cambio, las posibles zonas extractivas antiguas cubren la totalidad de filones identificados, tanto los más pobres como los más ricos, y su distribución es bastante más coincidente con la de los escoriales documentados en el bosque.

Con la cautela que es necesaria mantener, este hecho parece indicar que el hierro que alimentaba estos talleres siderúrgicos más antiguos podría haberse obtenido mediante este tipo de explotación más superficial.

4.3. Los primeros vestigios siderúrgicos: los hornos de tostado del mineral.

Los hornos que han facilitado las cronologías más antiguas se han localizado en zonas altas del valle de Baisca y en la zona de Monestero (fig. 7). Se trata en todos los casos de estructuras definidas por un pavimento profundamente alterado por calor. Junto al pavimento no se ha encontrado en ningún caso vestigios de cierre del horno, lo que induce a pensar que operaban en ambientes abiertos y aireados. Asociados a estas estructuras de combustión se ha documentado siempre una gran cantidad de carbones, fruto del consumo de leña para su funcionamiento. Dichas estructuras han sido interpretadas como hornos de tostado de mineral, entre otras cosas, por su ubicación, próximos a zonas con indicios de actividad extractiva de mineral

Lugar	Núm. indicios	Características	Cronología
Valle de Son	Plans de Cabanyeres (1)	Trinchera a cielo abierto rellena de sedimento (13 m. largo)	Desconocida
Valle de Monestero	Encantats (1?)	Filón de hematites en la base de la pared rocosa. Posible origen antrópico.	s. II-I cal ANE (si es antrópica)
Valle de Baisca	Pico del Áliga (1)	Trinchera a cielo abierto rellena de sedimento (5,5 m. largo)	Desconocida
	Piqueta – Pi Florit (3)	Trincheras a cielo abierto rellena de sedimento (15 a 30 m. largo)	s. II-I cal ANE
	Pic de Riuposa (1)	Trinchera a cielo abierto rellena de sedimento, planta forma de L (11 x 6 m.)	s. II/I cal ANE a II calNE
Farrera	Bony de Castenàs (1 o más)	Trinchera a cielo abierto rellena de sedimento y grandes bloques	s. V calNE?
Vall Ferrera (Bosque de Virós)	Un mínimo de cuatro filones perpendiculares a la vertiente (> de 200)	Trinchera a cielo abierto que sigue la dirección de los filones, rellena de sedimento	s. III – V /VII calNE?
		Bocaminas con galerías hundidas y escombreras asociadas. Alineadas siguiendo los filones	Moderna (XVIII-XIX)

Tabla 6. Listado y breve explicación de los indicios localizados de posibles rasas o trincheras mineras de cronología presumiblemente antigua (Fuente: Augé *et al.* 2102).

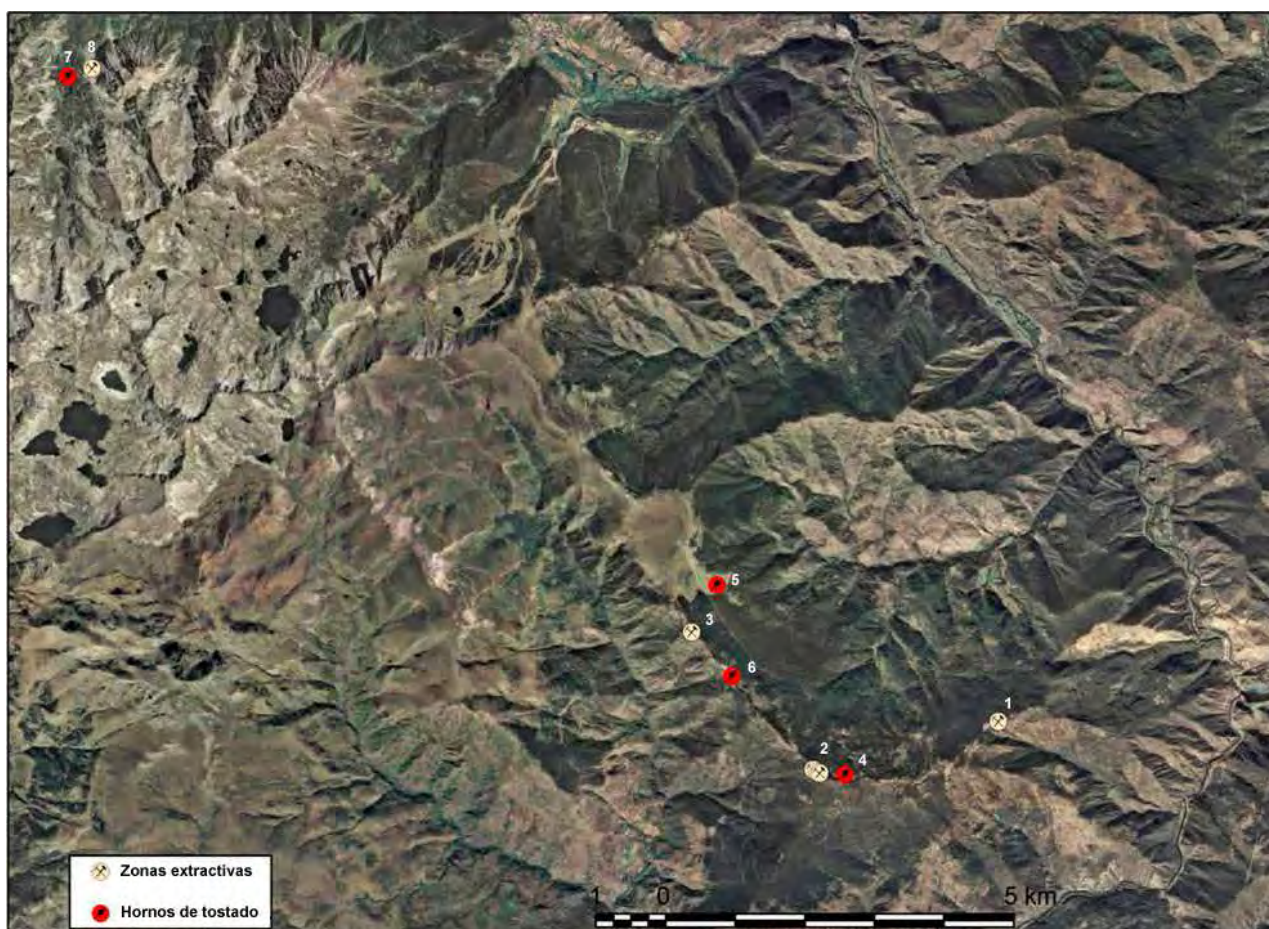


Figura 7. Localización de yacimientos asociados a la explotación paleosiderúrgica en los valles de Baiasca y Monestero. Minas: 1– Pic del Àliga; 2 – Piqueta-Pi Florit; 3 – Pic de Riuposa; 8 – Encantats Hornos; 4 – Pi Florit; 5 – Dolmen Font dels Coms; 6 – Coll del Cantó; 7 – Fangassals (Fuente: Augé *et al.* 2012).

de hierro (tab. 7). En ningún caso de los documentados se han encontrado los depósitos de residuos de escorias que caracterizan los emplazamientos asociados al proceso de reducción de mineral de hierro.³

En todos los casos se trata de vestigios muy poco visibles desde la superficie, el hallazgo se produjo por circunstancias excepcionales. La localización del horno de Fangassals, en el valle de Monestero, fue posible gracias al hecho que un sendero lo cruzaba justo por el centro, mientras que en el caso del horno de Pi Florit, en el valle de Biasca, fue el corte de una antigua pista forestal, que lo había seccionado parcialmente, lo que hizo posible su documentación. En este caso concreto, el hipotético horno se localizaba a unos 300 m. de una posible zona extractiva. La estructura consistía en un pavimento de al menos 1,5 m. de largo en el perfil, con losas de pizarra, recubierto por una

capa de tierra batida y cocida de unos 3 cm. de espesor. Asociado a esta estructura había una gran cantidad de carbón y restos de mineral de hierro –hematites– quemado.

El horno identificado en el Dolmen de la Font dels Coms pudo ser documentado en su totalidad en virtud de la excavación en extensión de dicho dolmen y el túmulo que la rodea. Se localizaba sobre el área que previamente había definido un pequeño corredor de acceso a la cámara mortuoria. Antes del inicio de la excavación, se intuía la existencia de un túmulo rodeando la cámara del dolmen. Finalmente se pudo comprobar que parte del túmulo de 17 m. de diámetro había sido remodelada por ocupaciones posteriores. Concretamente, en el área de acceso de la cámara se excavaron nueve pavimentos superpuestos profundamente alterados por el calor. Se localizaban en el interior del círculo de grandes bloques de unos 7,5 m. de diámetro que delimitaban la parte central del monumento funerario prehistórico. Delimitando por el sur y el este esta área, y por fuera de este círculo de bloques, se exhumó un potente depósito de sedimento con carbones, cenizas y otros materiales de desecho procedente de reiteradas combustiones efectuadas sobre los

3 Únicamente en el valle de Baiasca, en una zona próxima a los posibles hornos de tostado relacionados en este artículo, en el lugar denominado el Coll del Cantó, se ha constatado recientemente la existencia de escoria de reducción. No obstante, el depósito, que no ha sido fechado aún, se encuentra a más de 2 Km del posible horno de Pi Florit, y a más de 1 Km. del horno del Dolmen de la Font dels Coms.

Lugar	Yacimiento	Mina más próxima (y distancia)	Cronología
Valle de Monestero	Fangassals	Encantats (640 m., desnivel de 300 m.)	s. II-I cal ANE (si es antrópica)
Valle de Baïasca	Pi Florit	Mina de Piqueta – Pi Florit (770 m., desnivel de 170 m.)	s. II-I cal ANE
	Dolmen de la Font dels Coms	Mina del Pic de Riuposa (770 m., desnivel de 170 m.)	s. II/I cal ANE a II calNE

Tabla 8. Listado y breve explicación de los vestigios de posibles hornos de tostado de mineral (Fuente: Augé *et al.* 2012).

pavimentos mencionados. La parte documentada durante la excavación llegaba a los 4,5 m³ de volumen.

El horno excavado era una estructura abierta, de unos dos metros de diámetro, definida principalmente por un pavimento donde se llevaban a cabo actividades de combustión con uso de una considerable cantidad de leña. Las únicas delimitaciones laterales documentadas constituían dos zócalos de piedra que, en el mejor de los casos, no levantaban más de 0,4 m. respecto al nivel de los pavimentos. Además, parecía que a medida que se fueron reparando y construyendo los sucesivos pavimentos, y el nivel de la base del horno fue subiendo, estas delimitaciones fueron perdiendo entidad hasta quedar totalmente subsumidas en la base del horno. Ni en el interior de los pavimentos ni por fuera de estos se documentó ningún indicio de paredes o cubiertas colapsadas los sucesivos hornos, lo que indica que las combustiones se llevaban a cabo en ambientes abiertos.

Las nueve bases de horno tenían morfologías diversas entre sí. En uno de los casos, como por ejemplo la segunda más reciente, se conformaba de un pavimento preparado de adobe con una superficie alisada y oxidada y una base irregular y reducida, que apoyaba sobre una base de tierra y losas planas, siguiendo las pautas documentadas en los otros dos yacimientos con hornos similares (en estos casos sólo con un único pavimento cada uno de ellos). Otros pavimentos se conformaban como una capa de losas pequeñas sobre una base de tierra, otros como una capa de losas más grandes también sobre tierra y, finalmente, otros como capas de tierra compacta. No había una ordenación estratigráfica entre estas divergencias. La presencia de adobe en el material de desecho asociado indica que posiblemente durante el uso de algunos de los pavimentos se limpió esta cubierta de tierra que podría haber estado presente en más pavimentos. Todos los pavimentos aparecieron limpios de residuos, lo que en dificultó la datación en varios casos. También, en prácticamente todos se observó una impregnación sedimentaria de una elevada densidad de óxidos de hierro, que les daban tonalidades anaranjadas, rojizas y liliáceas.

La mayoría de los restos asociadas a los pavimentos del horno se recuperaron en las zonas de vertederos de residuos asociadas. El estudio de los carbones indi-

ca que el horno consumió una gran cantidad de leña, principalmente de pino y, en mucha menor medida, de enebro (Celma 2009). Este patrón polarizado en el pino contrasta con la mayor diversificación taxonómica del conjunto de restos antracológicos procedentes de la base de la construcción megalítica. Dentro de los vertederos de combustible asociados al horno se recogieron también pequeños fragmentos de mineral de hierro quemado. Estos residuos, junto a la rubefacción de los diferentes pavimentos con elevadas incorporaciones de óxidos de hierro, así como la proximidad de esta estructura a una posible zona extractiva documentada en el cercano Pico de Riuposa⁴ –una asociación espacial que se reproduce también en los otros supuestos hornos de tostado de Pi Florit y Fangassals– llevó a interpretarla como un horno de tostado de mineral. De hecho, su morfología constructiva, así como el hecho que los pavimentos aparecieran totalmente limpios de mineral, y que en el borde hubiera una gran cantidad de carbones procedentes de la leña consumida, se documenta también en otras estructuras identificadas con dicho tipo de hornos. También merece la pena destacar que fuentes clásicas, como Diodoro de Sicilia, mencionan que durante el s. II ANE en Córcega y la isla de Elba se obtenía mineral de hierro, que era procesado –tostado– en la respectivas islas y que posteriormente era trasladado al continente donde era procesado para obtener hierro metálico (Pleiner 2000: 110).

Con respecto a las cronologías de este tipo de estructuras de combustión, los hornos de Pi Florit y Fangassals facilitaron dataciones prácticamente idénticas, del s. II o I calANE⁵, mientras que los resultados del horno del Dolmen de la Font dels Coms fueron sensiblemente más recientes. Uno de los pavimentos más antiguos, el séptimo de los nueve excavados, dio una datación de finales del s. I calANE o inicios del s. I calNE. Sin embargo, un fragmento de cerámica itálica y otro de cerámica de barniz negro asociados a los niveles de uso del horno parecería ser, como mínimo, de la primera mitad del s. I calANE (Crespo *et al.* 2008). Este hecho podría envejecer el inicio del emplazamiento del supuesto horno de tostado exactamente medio siglo y hacerlo compatible cronológicamente con los de Pi Florit y Fangassals.

⁴ Concretamente a unos setecientos metros de ésta.

⁵ Un carbón del horno de Pi Florit fue fechado por AMS dando un resultado de 180-501 calANE

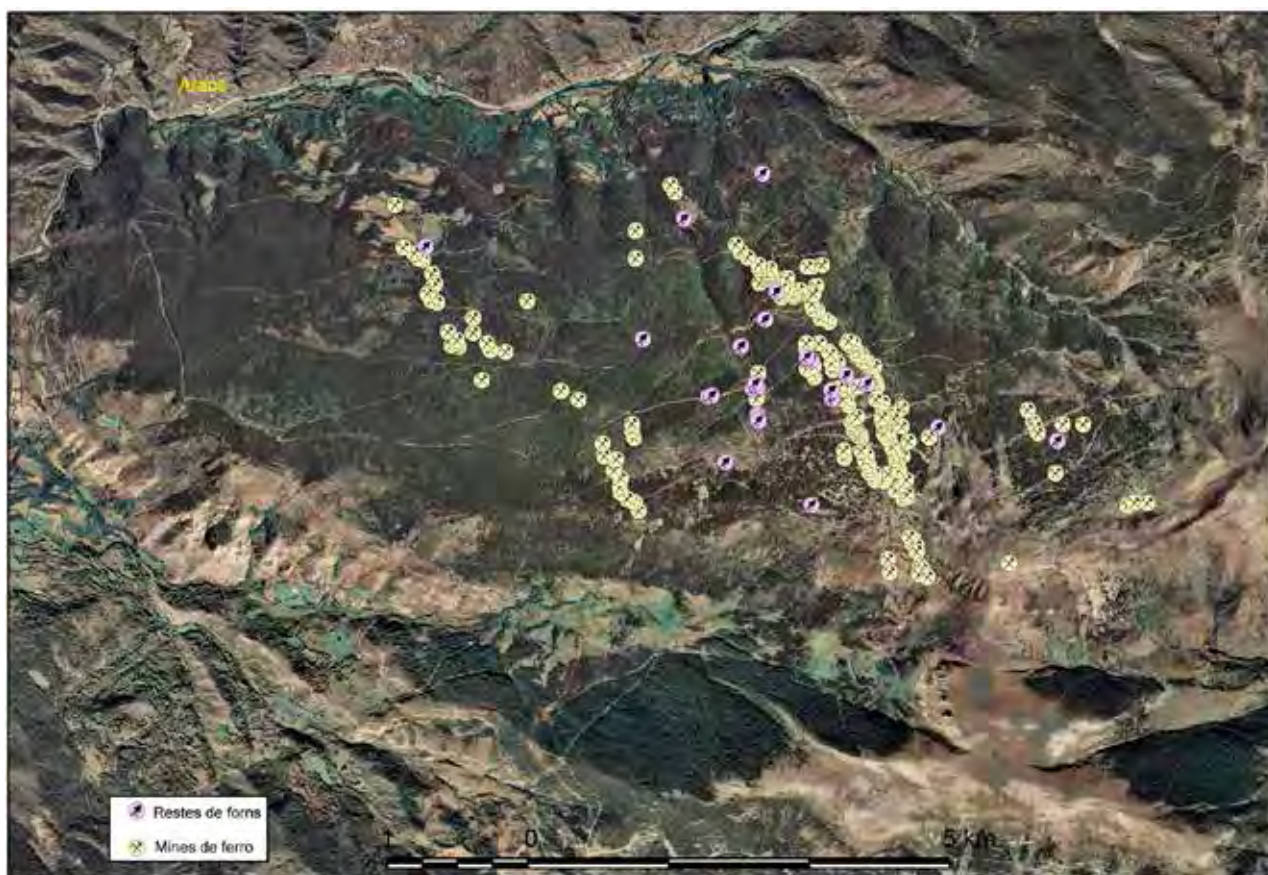


Figura 9. Ortofotomapa del Bosque de Virós con la localización de los escoriales documentados, y los vestigios mineros (Fuente: Dr. Ermengol Gassiot Ballbè).

Finalmente, el tercero de los pavimentos más recientes dio una antigüedad de finales del s. II CalNE.

4.4. Los talleres de reducción del Bosque de Virós (Vall Ferrera).

A diferencia de lo expuesto en el punto anterior, los vestigios más antiguos identificados de talleres de reducción del mineral de hierro se localizan al este del río Noguera Pallaresa, concretamente en la zona del Planell de Castenàs, en el valle de Farrera-Romadriu, donde se documentó un área con una dispersión de escorias de aproximadamente unos 10 m², y muy especialmente en el Bosque de Virós, en Vall Ferrera, donde se llegaron a identificar entre 20 y 25 escoriales repartidos por todo el bosque (fig. 9). De hecho, el propio topónimo Vall Ferrera, que proviene del latín tardío y significa valle donde se hace hierro (Sancho 1999), aparece ya en diversos documentos medievales del siglo XI, indicando pues el potencial antiguo de la explotación metalúrgica en este lugar.⁶ Por otro lado, en esta zona se habían estudiado unos carbones mezclados con mineral de hierro fechados entre los siglos III y IV dC (Davasse 2000). Además, los datos histó-

ricos de este ámbito ponían de manifiesto una actividad siderúrgica continuada desde el siglo XVIII hasta el siglo XIX, en relación con la tradición de la fragua a la catalana (Bringué 1995; Esteban 2003; Mas 2000).

Estos escoriales presentan vertidos de cantidades importantes de escorias de reducción, de diferente tipología (de sangrado y otras más esponjosas), junto con otros residuos generados por los hornos siderúrgicos, principalmente carbones y cenizas. También se documentan fragmentos de pared de los propios hornos. Básicamente trozos de arcilla cocida, en algunos casos con evidencias de cocción diferente en sus dos caras (signo de haber estado expuesta a un ambiente más reductor u más oxidante, según el caso). En la mayoría de estos fragmentos se parecían improntas vegetales, y en algunos, además, una parte vitrificada.

Se localizan en zonas de llano o pendiente suave dentro del bosque –en ningún caso se ha apreciado una preparación previa del terreno que pudiera llevar a pensar en una nivelación artificial de éste– siguiendo un patrón que parece correlacionarse con la dirección de los filones de mineral que descienden desde la sierra. Este hecho podría ser un factor determinante en la elección del sitio donde ubicar estos talleres, ya que en

⁶ Así, en un documento fechado el 8 de junio de 1076 se hace mención de la *valle Ferraria Sutirana i la valle Ferraria Subirana*



Figura 10. Imagen de uno de los escoriales del Bosque de Virós, seccionado por una pista forestal

todos los casos se documentan posibles evidencias de rasas o trincheras de extracción cercanas⁷.

Alrededor de ninguno de los escoriales identificados se han detectado trazas de canalizaciones o canales de agua. Sin embargo, en algún caso sí que existen pequeñas fuentes próximas.

Fuera de Vall Ferrera, donde las prospecciones arqueológicas han sido menos intensivas, esta asociación se hace más tenue. Mientras el escorial del

⁷ Muchos de estos escoriales se sitúan a menos de 200 m. de indicios mineros y de los filones de mineral de hierro que éstos recorren.

Lugar	Yacimiento	Características	Cronología (caINE)
Valle de Farrera / Romadriu	Planell de Castenàs	Escorial de unos 15 cm. de espesor. Se localiza a 1 km. de una posible zona extractiva.	Finales s. IV a inicios s. VI
Valle de Romadriu	El Delmador	Escorial de 130 m ² y 25 cm. de espesor. Tiene una carbonera asociada. No se documenta ninguna zona extractiva próxima.	Desconocida
Bosque de Virós (Vall Ferrera)	Meners II	Escorial de unos 425 m ² y más de 70 cm. de espesor. Tiene asociadas 4 carboneras y posibles recintos de habitación. Se documentan diversas minas a 120/140 m.	Finales s. II a inicios s. IV (parte inferior del escorial) Finales s. IV a inicios s. VI (parte superior del escorial)
	Meners VI	Escorial de unos 520 m ² y 70 cm. de espesor. Tiene 3-4 posibles recintos de habitación. Se documentan minas a 100 m.	Finales s. III a finales s. IV/ inicios s. V (parte inferior del escorial).
	Meners I	Escorial seccionado por pista forestal, con una sección de unos 35 m. de largo y 100 cm. de espesor. Tiene una carbonera asociada. Se documentan minas a 75 m.	Desconocida
	Font de la Canaleta	Escorial seccionado por pista forestal, con una sección de unos 42 m. de largo y 60 cm. de espesor. Se documentan minas a 30 m.	Segunda mitad s. II a finales s. IV.
	Gall Fer	Escorial de extensión imprecisa y de más de 50 m. de espesor. Se documentan diversas minas a menos de 40 m. y una carbonera a 95 m.	Finales s. VII a finales s. VIII.
	Meners VII	Dos escoriales, uno de los cuales tiene unos 55 cm. de espesor. Tienen dos carboneras asociadas (35 i 65 m.). Se documentan diversas minas a partir de 75 m.	Desconocida
	Meners VIII	Escorial seccionado por pista forestal, con una sección de unos 43 m y 60-65 cm. de espesor. Tiene diversas carboneras en un radio de 40 m. Se documentan minas a 50/70 m.	Desconocida
	Gall Fer - II	Escorial de unos 260 m ² y 55/60 cm. de espesor. Tiene asociadas dos carboneras, un segundo escorial más pequeño y diversos posibles recintos de habitación en un radio de 70 m. Se documenta una mina a 110 m i una segunda a 170 m.	Desconocida
	Gall Fer - III	Escorial de unos 590 m ² y más de 95 cm. de espesor, afectado por una carbonera posterior. Tiene asociada una segunda carbonera a 40 m. Se documentan minas a 230 m.	Mediados s. III a finales s. IV (parte inferior del escorial).
	Escoria 3, Costa dels Meners	Escorial asociado a una carbonera. Hay vestigios de alguna construcción. Se data la carbonera.	Mediados s. III a inicios s. VI.
	Escoria 4, Torredo	Escorial asociado a una carbonera. Se data la carbonera.	Mediados s. III a inicios s. V.
	Escoria 5, Avet del capellà	Escorial asociado a una carbonera. Hay vestigios de alguna construcción. Se data la carbonera.	Inicios s. V a finales s. VI.
	Escoria 1, Bordes de Virós	Escorial asociado a una carbonera. Se data la carbonera. Se documenta una mina a unos 320 m.	Finales s. I a finales s. IV.
	Bordes de Virós	Escorial seccionado por pista forestal, con una sección de unos 35 cm. de espesor. Se documentan minas a 80 m.	Desconocida

Tabla 11. Listado y breve explicación de los escoriales localizados en la zona de estudio (Fuente: Augé *et al.* 2012).

Delmador no tiene ningún indicio minero conocido, el del Planell de Castenás, en la zona de Romadriu, se encuentra a unos 850 m. de la zanja identificada en el Bony de Castenás. Probablemente una mayor prospección más intensa permitiría precisar estas apreciaciones.

El segundo elemento clave que podría determinar la ubicación de los talleres paleosiderúrgicos sería, sin duda, el acceso al combustible. Todas las acumulaciones de escorias de reducción de hierro identificadas se encuentran por debajo del límite superior del bosque actual y, por ejemplo en el Bosque de Virós, en ningún caso más arriba del área de dispersión de carboneras. Es más, es habitual que haya carboneras muy cercanas a los escoriales. Cuando éstas se han datado han proporcionado cronologías homologables a las procedentes de los vertederos de escorias y claramente diferenciadas de las del resto de carboneras estudiadas (Pèlachs *et al.* 2009a).

A diferencia del horno documentado en el Dolmen de la Font dels Coms de Baiasca, ninguno de estos escoriales ha sido excavado en extensión y la documentación de su contenido interno y de su estratigrafía proviene de limpiezas de cortes ocasionados por pistas forestales, o de los sondeos estratigráficos realizados. No obstante, una primera aproximación a los volúmenes de los vertederos documentados no parece que superen los 250 m³ (Gassiot *et al.* 2005). Este hecho coincide, además, con los datos polínicos y que parecen indicar una explotación localizada, especializada y poco general (fig. 10).

Se trataría, pues, de talleres con producciones relativamente reducidas en comparación con otros en funcionamiento durante la primera mitad del Imperio romano, como los documentados en la zona de la Montagne Noire, en Les Martys (Decombeix *et al.* 2001). En este sentido, la producción documentada en Vall Ferrera sería más parecida al caso de les Hautes Baronnies, en el Pirineo central francés, a la cual también se asemeja por las cronologías establecidas (Beyrie *et al.* 2000), o incluso al ejemplo más cercano de la zona de Lercoul, en la en el departamento francés del Ariège, donde se excavaron tres hornos de reducción aislados fechados entre los s. III de nuestra era. (Dubois 2000).

Posiblemente se trataba, además, de una producción estacional, pues las altitudes de muchos de los escoriales superan los 2.000 m, y en el caso de Virós, todos se encuentran en una zona de umbría. No obstante, seguramente estos eran, de año en año, unos asentamientos estables que, a su alrededor, debían concentrar una cantidad no menospreciable de mano de obra, tanto en las minas como en la producción de carbón, en el funcionamiento de los hornos de reducción y en el transporte del metal obtenido. La presencia de vestigios de recintos de habitación en algunos

de los yacimientos sugiere que al menos parte de esta fuerza de trabajo hacía vida en el lugar durante, como mínimo, una parte del año. No disponemos de datos, pero, como se organizaba la vida social de estas comunidades fuera de la producción siderúrgica.

A nivel cronológico, una revisión a las trece dataciones absolutas obtenidas para once emplazamientos muestra cómo, a pesar de la imprecisión que suponen los intervalos que cada resultado lleva asociado, este tipo de talleres se inician no antes del s. II CalNE y, muy posiblemente, durante el s. III. Como se muestra en la Tabla 11, la mayoría de escoriales fechados han facilitado cronologías comprendidas entre este período y finales del s. V o, como mucho, inicios del s. VI CalNE. Únicamente uno, el escorial *Gall Fer-I* tiene una cronología indiscutiblemente posterior al final del período romano pero, en todo caso, anterior a finales del s. VIII CalNE.

En algunos casos, se ha documentado la formación del escorial en un lapso de tiempo de varias décadas o incluso centenares de años. Este es el caso de *Meners II*, donde dos muestras recogidas en el mismo sondeo, separadas por 46 cm. de profundidad, han facilitado cronologías de entre 150 y 250 años de diferencia, lo que indica la perdurabilidad temporal del taller siderúrgico en este emplazamiento; aunque no sabemos si ininterrumpidamente o no. De hecho, las estratigrafías de muchos de los vertederos documentados muestran depósitos claramente diferenciados de residuos, tanto por la densidad de carbones y escorias, como por el predominio de uno de los dos elementos o por su disposición. Estas secuencias indican procesos de sedimentación alargados en el tiempo y definidos por varios episodios.

4.5. Signos en la vegetación.

Para conocer el posible impacto que tuvo la transformación del mineral de hierro en la vegetación de la zona, ahora que podemos estimar una cronología, se ha tenido que establecer el marco general del paisaje. En este sentido, se debe considerar que alrededor del año 750 calANE los registros fósiles identifican un episodio climático al que se suma una gran influencia humana. A partir de ese momento el paisaje forestal del piso subalpino tiene en el pino uno de sus máximos exponentes y especies como el abeto y algunos caducifolios pierden importancia (Pèlachs *et al.* 2011).

A partir de este marco general, los datos indican un antes y un después del período romano, ya que hasta su inicio el paisaje forestal se caracteriza por su recubrimiento. Durante la primera parte de este período (200 años antes y después de nuestra era) los datos polínicos indican que probablemente hubo una gestión del medio forestal. Y con posterioridad (a partir del siglo III de nuestra era), coincidiendo con la mayor parte de escoriales localizados en el Bosque de Virós,

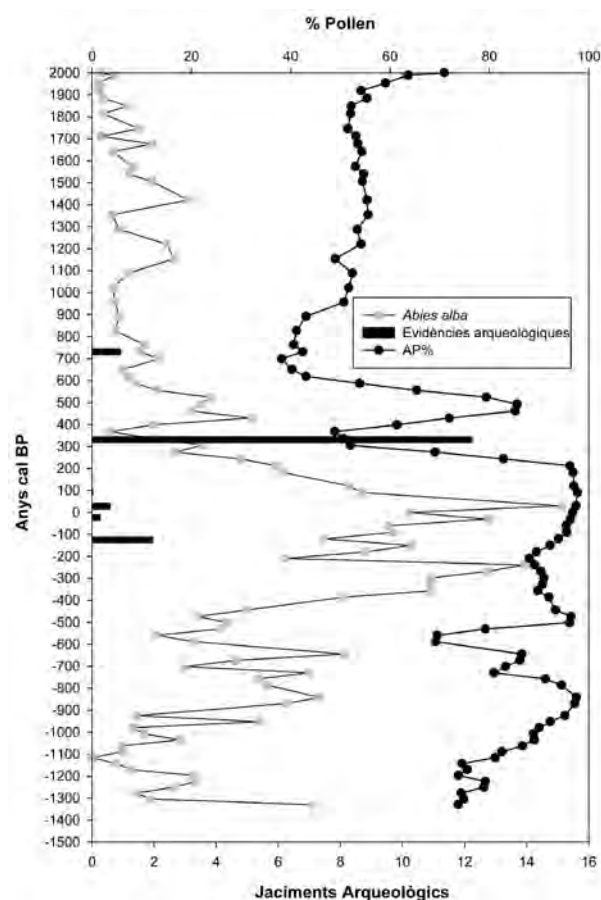


Figura 12. Evidencias arqueológicas y explotación del abeto en relación al porcentaje de polen arbóreo (AP%) de la Coma de Burg. (Fuente: Augé *et al.* 2012)

el medio forestal se verá fuertemente modificado, con una abertura forestal del entorno muy acusada y que sólo se puede explicar por una caída del recubrimiento arbóreo. Esta perturbación dará paso a una breve recuperación justo antes del inicio de lo que tradicionalmente se ha considerado como la Alta Edad Media que dará paso a la apertura del medio forestal más grande que ha habido en los últimos 2000 años de historia en esta zona, y que es lo que ha caracterizado el marco amplio de la zona de estudio prácticamente hasta mediados del siglo XX.

La descripción de estos grandes escenarios temporales no está exenta de diferencias acusadas para momentos determinados y, lógicamente, si el interés se centra en el impacto de la paleosiderurgia sobre el medio, cuesta conocer cómo esta actividad afectó a la vegetación. Ahora bien, hay una serie de evidencias paleoecológicas que ocurren a partir del período romano que nos pueden dar indicios de cuál fue la repercusión de esta actividad. Para ello se han utilizado los datos obtenidos en la muestra del estanque de Burg, que son las más cercanas desde un punto de vista geográfico (Pèlachs *et al.* 2007; Bal *et al.* 2011).

Las diferencias entre el porcentaje de polen arbóreo (AP%) y la concentración polínica (pol/cm³) pueden dar una idea del grado de recubrimiento forestal, puesto que a más concentración polínica corresponderá más biomasa, y a la inversa. Si este dato se combina con la AP% se puede obtener una imagen del grado de recubrimiento. Un porcentaje elevado, aunque sea con poca biomasa, indicará un buen recubrimiento provocado por pocos árboles necesariamente adultos y poca presencia de herbáceas. Un porcentaje bajo, con poca biomasa, indicará un bajo recubrimiento y claros con herbáceas.

En el estanque de Burg, concentración y recubrimiento caen en el momento en que se ha identificado la transformación del mineral de hierro en el Bosque de Virós, siendo la primera vez desde el inicio del período romano donde se observa esto. Y por lo tanto, sí parece que la presión sobre el medio forestal se incrementa a partir del siglo III y hasta el siglo V de nuestra era, de una manera bastante clara. Con posterioridad hay un paréntesis y el recubrimiento aumenta nuevamente, coincidiendo con la disminución de los escoriales fechados. A partir del siglo VII-VIII el espacio abierto parece ganar terreno al bosque e indicaría la llegada del paisaje abierto (fig. 12).

La pregunta que debemos contestar entonces es si fue la producción paleosiderúrgica la única responsable de esta perturbación forestal. Los principales indicadores antrópicos del diagrama polínico del estanque de Burg indican que no. Al menos no la única causa, ya que los datos no permiten excluir otras actividades como la agricultura y la ganadería. En relación con estas dos actividades parece que el fuego habría jugado un papel muy importante a la hora de abrir el bosque. En este sentido, a partir de los siglos II-III de nuestra era hay un incremento de los incendios, una caída forestal y un elevado incremento de la curva polínica de cereales (Bal *et al.* 2011) (fig. 13). Una posible interpretación de este hecho se deba a un aumento de la presión humana en la zona minera de Virós y la Coma de Burg.

Respecto la relación entre la paleosiderurgia y la explotación forestal, aunque hasta ahora los estudios antracológicos de las carboneras asociadas a los escoriales del Bosque de Virós no son exhaustivos, se han identificado carbones de abeto y de pino a partes iguales en una cota altitudinal donde el abeto prácticamente ha desaparecido actualmente. No obstante, los datos polínicos parecen indicar un aprovechamiento selectivo de esta especie en un momento de mantenimiento del recubrimiento forestal, que coincide con el primer estadio del período romano en esta zona (Pèlachs *et al.* 2009b). Inicialmente, este descenso también es coincidente con un pico de macrocarbones que no va acompañada de un incremento de señal agrícola, y que podría estar directamente relacionado con una actividad silvícola a partir de este período, aunque no se puede asegurar que ésta estuviera directamente rela-

cionada con la producción de combustible para los talleres paleosiderúrgicos.

5. SÍNTESIS Y CONSIDERACIONES FINALES.

La intensificación de las investigaciones paleoecológicas y arqueológicas en diversas áreas del alto Pirineo catalán y, concretamente, en el Pallars Sobirà han aportado una gran cantidad de datos acerca del poblamiento humano de estas zonas montañosas y de los cambios en sus paisajes a lo largo del tiempo. Entre otros fenómenos, se ha podido documentar, en los últimos 2.000 a 2.250 años la existencia de varias producciones especializadas en la explotación del hierro en algunos valles. De estas la más voluminosa es, sin lugar a dudas, la que existió en Vall Ferrera durante los s. XVIII y XIX, conocida ya ampliamente por diversas fuentes (Bringué 1995; Mas 2000; Pèlach *et al.* 2009a). Las más antiguas, en cambio, eran totalmente desconocidas hace apenas catorce años y, actualmente, constituyen algunas de las evidencias de centros de producción siderúrgica conocidas más antiguas de nuestro Pirineo. Este hecho les da un valor especial como fuente de información sobre los procesos de producción paleosiderúrgica.

De la revisión de las evidencias, tanto arqueológicas como paleoecológicas, se desprenden varios argumentos que apuntan una serie de cuestiones de manera sintética y que, estudios futuros, irán perfilando mejor. El primero muestra cómo los distintos trabajos vinculados a la cadena operativa paleosiderúrgica no se encuentran de forma homogénea a lo largo del territorio. Este fenómeno guarda cierta lógica si se tiene presente que las fuentes de mineral se distribuyen de forma desigual, definiendo varios filones de características diferentes y emplazamientos específicos a lo largo de la zona de estudio (Castellarnau y Mata 2002). En definitiva, la disposición de los indicios de explotación del hierro es un elemento constitutivo de la diversificación de algunas actividades humanas en los diferentes valles pirenaicos a lo largo del tiempo.

También en las distintas áreas donde se ha documentado la existencia de vestigios arqueológicos relacionados con la explotación del hierro los restos localizados presentan características diferenciales que señalan divergencias en las organizaciones de las respectivas actividades relacionadas con la producción paleosiderúrgica. Hasta ahora en el Pallars Sobirà se han identificado, para una época anterior al feudalismo, dos grandes zonas con indicios de producción, al oeste y este del río Noguera Pallaresa respectivamente. Esta dualidad de zonas coincide también con diferentes pautas en las evidencias arqueológicas documentadas, tanto morfológicas como cronológicas.

En general, la intensidad de los vestigios en el lado occidental del Noguera Pallaresa es sensiblemente menor. La mayoría se concentran en el valle de Baiasca y, en menor medida, en el valle de Monestero y los Llanos de Son. Consisten, por un lado, en algunos indicios mineros, definidos por pequeñas trincheras al aire libre asociadas con mineralizaciones muy superficiales de óxidos de hierro de baja ley, en comparación con los de Vall Ferrera. Por otro, tanto en el valle de Baiasca como el de Monestero se han encontrado, en tres lugares cercanos a estos indicios, restos de hornos abiertos que se interpretan, a partir de varios criterios, como hornos de tostado del mineral de hierro. Su datación indicó que su antigüedad se sitúa entre el s. II y I calANE en los casos de Pi Florit y de Fangassals, y I calANE y finales del II calNE en el caso del horno documentado en el Dolmen de la Font dels Coms, en Baiasca. Precisamente este último ha podido ser excavado y se ha documentado un elevado número de pavimentos reparados y utilizados a lo largo de un periodo superior a los 200 años.

Si su interpretación es correcta, estos hornos sirvieron para tostar y enriquecer el mineral de hierro obtenido en las minas cercanas a fin de facilitar su posterior reducción. Aunque discutido por algunos autores, éste es un proceso que parece que fue frecuente en las producciones siderúrgicas hasta bien entrada de edad media (Clee y Crossley 1985; Diodoro [1995]; Pleiner 2000; Tylecote 1992).

Un elemento recurrente en los dos emplazamientos con hornos de este tipo en los valles de Baiasca y de Monestero, es que asociados a ellos no se han encontrado evidencias de hornos de reducción. Únicamente en el valle de Baiasca, en una zona próxima a los posibles hornos de tostado relacionados en este artículo, el Coll del Cantó, se ha constatado recientemente la existencia de escoria de reducción. No obstante, el depósito, que no ha sido fechado aún, se encuentra a más de 2 Km del horno de Pi Florit, y a más de 1 Km. del horno del Dolmen de la Font dels Coms.

Las evidencias llevan a pensar, más bien, que la transformación del mineral en metal se hizo en emplazamientos diferentes, quizá dentro del mismo valle o, incluso, fuera de él, en centros de producción centralizados (Gassiot *et al.* 2005 y 2007). Es posible, pues, que la explotación de hierro de inicios de época romana del oeste del Noguera Pallaresa sólo cubriera la primera fase del proceso productivo, y la transformación en metal se realizara en centros que quizás se encontraban bastante alejados, siguiendo la pauta descrita por Diodoro de Sicilia en la isla de Elba el s. I ANE.

En cambio, en Vall Ferrera y las zonas adyacentes la imagen que generan los vestigios arqueológicos de producción siderúrgica es bien diferente. Esta disimetría encuentra, para empezar, un correlato en la crono-

logía, de forma que la antigüedad de casi todos los restos fechados del Bosque de Virós y del valle de Farrera oscila entre inicios del s. III y mediados del s. VI calNE, aunque puntualmente alguna datación de extiende hasta finales del s. VII. Se trata, pues, de una fase más reciente de explotación que la documentada en las valle de Baiasca y Monestero, y que cubre los últimos siglos del periodo romano.

Esta segunda fase de la siderurgia antigua en el Pallars Sobirà integra todo el proceso de producción, desde la obtención del mineral hasta su reducción. En cambio, no se han documentado indicios de preforja, ni de forja, cosa esta última que, por otro lado, no debe de extrañar, pues esta actividad se realizaría, habitualmente, en el interior de los lugares de asentamiento (Rovira 1997), y éstos, desgraciadamente, no han sido todavía documentados en Vall Ferrera ni en las zonas estudiadas. No obstante, a este respecto merece la pena mencionar que hace unos años, en una excavación de urgencia realizada en la población de Sant Julià de Loria, en Andorra, se documentó un posible taller de forja datado en el s. V calNE, asociado a una zona de hábitat en el fondo del valle (Fortó y Vidal 2009).

En relación a las evidencias de actividad extractiva, hay que remarcar que en el Bosque de Virós se han identificado más de doscientos indicios mineros relacionados con varios filones. Los de tipología aparentemente más antigua, las zanjas y trincheras abiertas, están presentes en todos los filones, lo que puede indicar que en la Antigüedad se explotaron mineralizaciones que en épocas posteriores (s. XVIII y XIX) no fueron considerables suficientemente rentables para mantener una actividad sostenida en el tiempo.

Los datos arqueológicos muestran una producción sostenida de hierro a lo largo de unos 250 años. Se desconoce cómo se insertaba el hierro producido en la sociedad de su tiempo, ni si abastecía un mercado local o su distribución y consumo era entraba en una escala mayor. En todo caso, parece que los diferentes talleres documentados tenían unas dimensiones relativamente reducidas en comparación con otros ejemplos de producción siderúrgica romana, como por ejemplo los talleres alto imperiales de la Montagne Noire (Decombeix *et al.* 2001), si bien algunos de los documentados en el Bosque de Virós posiblemente estuvieron en funcionamiento al mismo tiempo. Más bien su caracterización asemeja más a otros ejemplos próximos que se han ido documentando en la vertiente francesa de la cordillera pirenaica (Dubois 2000; Beyrie *et al.* 2000).

Todo ello lleva a preguntarse si la producción paleosiderúrgica que se documenta en nuestro ámbito de estudio a partir del s. II-III calNE es el resultado de un proceso de mayor territorialización, y una gestión más municipal o privada de algunos recursos, como se

ha propuesto también para zonas pirenaicas vecinas (Beyrie *et al.* 2000).

Respecto a la incidencia de la actividad paleosiderúrgica sobre la vegetación, si bien hay indicios de una gestión forestal que coincide cronológicamente con los indicios más antiguos de actividad metalúrgica, no parece que ésta tuviera una gran repercusión sobre el paisaje forestal. Sin embargo, coincidente con este periodo se ha detectado una actuación selectiva sobre el abetal. En cambio, las señales de deforestación y apertura del medio forestal sí coinciden con la fase paleosiderúrgica documentada en el Bosque de Virós a partir de los siglos II y III de nuestra era. Un hecho que también coincide con un incremento de la explotación agropastoral de la zona. Y por lo tanto, parece que durante esta segunda fase de explotación la influencia humana sobre el medio natural fue mucho más marcada. A pesar de este hecho, los pocos datos que hay hasta el momento de la cantidad de hierro producida no permiten realizar una inferencia directa que nos lleve a pensar en una gran explotación forestal en relación con el hierro. Son necesarios estudios más profundos de los escoriales y de los procesos de trabajo imbricados en la transformación del mineral de hierro para evaluar la importancia de esta actividad en la dinámica vegetal de la zona.

6. AGRADECIMIENTOS.

Los resultados presentados en este trabajo han sido el fruto de varios proyectos de investigación arqueológica que se han ido desarrollando ininterrumpidamente en las zonas altas del Pallars Sobirà, Alta Ribagorça y el Valle de Aran desde el año 2001 hasta hoy: *La vida prehistòrica a l'alta muntanya del Pallars Sobirà. De la cacera a la transhumància (9.000-50 calANE)*. 2002-2007; *Arqueologia de l'alta muntanya pirinenca. Ocupació humana i canvi climàtic al llarg de l'Holocè*. 2008-2011; *Interacció entre clima y ocupación humana en la configuración del paisaje vegetal del Parque Nacional de Aiguestortes i Estany de Sant Maurici a lo largo de los últimos 15.000 años (OCUPA)*. 2010-2012. Estos proyectos han sido dirigidos por el Dr. Ermengol Gassiot Balbè, del Departamento de Prehistoria de la Universidad Autónoma de Barcelona, y director del Grupo de Arqueología de Alta Montaña (GAAM), del cual he tenido el placer de formar parte, que integra miembros de la misma universidad, y del Instituto Milà y Fontanals del Centro Superior de Investigaciones Científicas de Barcelona. Así mismo, la investigación paleoecológica la ha desarrollado el Dr. Albert Pèlach Manyosa, del Departamento de Geografía de la Universidad Autónoma de Barcelona, y miembro del *Grup de Recerca en Àrees de Muntanya i Paisatge* (GRAMP) de ese mismo departamento. A ellos dos

quiero agradecer su aportación a este artículo y los datos facilitados para su elaboración.

7. BIBLIOGRAFÍA.

Augé, O.

- 2012 “El proyecto Boscos de Ferro. Una propuesta de desarrollo local a partir del patrimonio arqueológico y natural”, *Actas del Congreso Cultura y Patrimonio de los Pirineos. Pirineos en Red*, Graus, Huesca, 18-20 mayo 2012, 129-137

Augé, O.; Gassiot, E.; Pèlachs, A.

- 2012 “La producció del ferro a la protohistòria i època romana al Pallars Sobirà. L'exemple del bosc de Virós a la Vall Ferrera”, *Actes de les 1res Jornades de recerca i desenvolupament de la Vall Ferrera*, 1-3 octubre 2010, Alins, 9-40.
- 2008 “L'explotació dels recursos naturals de l'alta muntanya pirinenca al llarg del primer mil·lenni”, Miñarro Casas, M.; Valenzuela Lamas, S. (coord): *Actes del 1er Congrés de Joves Investigadors en Arqueologia dels Països Catalans: La Protohistòria als Països Catalans*, 18-19 novembre 2005, Santa Maria del Camí-Igualada, 9-16.

Bal, M.-C.; Pèlachs, A.; Pérez-Obiol, R.; Julià, R.; Cunill, R.

- 2010 “Fire history and human activities during the last 3300 cal yr BP in Spain's Central Pyrenees: the case of the Estany de Burg”, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 2011 300, 179-190

Beyrie, A.; Fabre, J.-M.; Sablayrolles, R.

- 2000 “Les hommes de fer su dieu Ageio. Exploitations du fer dans les Hautes-Baronnies (Hautes-Pyrénées)”, *Gallia*, 57, CNRS, 37-52.

Bringué JM

- 1995 *Comunitats i bens comunals al Pallars Sobirà, segles XV–XVIII*. Tesis doctoral, Institut Universitari d'Història Jaume Vicens Vives, Universitat Pompeu Fabra, Barcelona

Castellarnau, A.; Mata, J.

- 2002 “Estudi sobre les mineralitzacions de ferro de la Vallferrera (Pallars Sobirà)”. Treball de recerca inèdit. Manresa: EUPM

Celma, M.

- 2009 *Antracoanàlisi del Dolmen de la Font del Coms. Metodologia aplicada a l'estudi arqueobotànic de contextos metal·lúrgics de període romà al Pirineu Central Català*. Tesina. Universitat Autònoma de Barcelona.

Cleere, H. i Clossey, D.

- 1985 *The iron industry of the Weald*, Leicester University Press.

Crespo, C.; Gassiot, E. Jiménez, J.; Morell, N.

- 2008 “L'explotació del ferro a finals de la protohistòria: l'exemple de la vall de Baiasca (Pallars Sobirà)”. *Arqueomediterrània*, 10: 191-196.

Cunill Artigas, R.

- 2010 “Estudi interdisciplinari de l'evolució del límit superior del bosc durant el període holo-cènic a la zona de Plaus de Boldís-Montarenyo, Pirineu central català”. Bellaterra: Departament de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona.

Davasse, B.

- 2000 *Fôrets, charbonniers et paysans dans les Pyrénées de l'est du moyen âge à nos jours: Une approche géographique de l'histoire de l'environnement*, GEODE UMR 5602 CNRS Ed., 1 vol. 287 p.

Decombeix, P.M.; Fabre, J.-M.; Tollon, F.; Domergue, C.

- 1998 “Evaluation du volume des ferriers du domaine des Forges (Les Martyrs-Aude), de la masse d'escories qu'ils renferment et de la production de fer correspondant”, *Revue d'Archéométrie*, 22, 77-90.

Decombeix, P. M.; Fabre, J. M.; Rico, Ch.

- 2001 “La sidérurgie dans la Montagne Noire à l'époque romaine. Aspects méthodologiques de la recherche”, *Actes del 6è curs d'Arqueologia d'Andorra. L'obtenció del ferro pel procediment directe entre els segles IV i XIX*, Andorra la Vella, Andorra la Vella, Ministeri de Cultura, 161-175.

Diodor, de Sicília

- 1995 *Biblioteca històrica*, Ediciones clásicas, Madrid, Traducción coordinada por J. Lens Tuero

Dubois, C.

- 2000 “Lercoul (Pyrénées Ariégeoises). Une site sidérurgique du IIIe s. de notre ère”, *Gallia*, 57, CNRS, 53-62.

Dunikowski, CH.; Cabboi, S.

- 2001 “L'extraction du mineral de fer, la production du charbon de bois et la réduction du minerai de l'Age du Fer, de la période romaine et du haut moyen Age dans le nord de la France (les exemples du site de Clérismois, département de l'Yonne et ensemble des sites de la Sarthe)”, *Actes del 6è curs d'Arqueologia d'Andorra. L'obtenció del ferro pel procediment directe*

- entre els segles IV i XIX, Andorra la Vella, Ministeri de Cultura, 189-210.
- Esteban, A.; Oliver, J.; Còts, P.; Pèlachs, A.; Mendizàbal, E.; Soriano, JM.; Nasarre, E.; Matamala, N.**
- 2003 *La humanización de las altas cuencas de la Garona y las Nogueras (4500 aC–1955 dC)*, Servicio Nacional de Parques Nacionales, Madrid
- Forés, A.; Gassiot, E. ; Oltra, J.**
- 2002 “Mes enllà de la transhumància: mineria i metal·lúrgia antiga a l’alta muntanya del Pallars Sobirà”. *Actas del I Simposio Latino de historia de la minería*, Bellmunt 2002. Barcelona.
- Fortó García, A.; Vidal Sánchez, A.**
- 2009 “En los orígenes de Sant Julià de Loria (Andorra). La evidencias de ocupación durante la Antigüedad Tardía y la Alta Edad Media (ss. V-XII d.C.)”, Quirós Castillo, J.A. (ed): *The archaeology of early medieval villages in Europe*, Documentos de Arqueología e Historia 1, Universidad del País Vasco, Bilbao, 253-262.
- Gassiot, E.; Jiménez, J; Oltra, J.**
- 2003 “Prospecciones arqueológicas en alta montaña. La zona media y alta del Pallars Sobirà (Lleida, Catalunya) y su relación con manifestaciones arqueológicas más amplias”, Esparza, A. (coord.) *Encuentro de jóvenes investigadores sobre el bronce final y hierro en la Península Ibérica*, Salamanca, Universidad de Salamanca, 339-361.
- 2006 *Excavacions arqueològiques en el Dolmen de la Font dels Coms (Baïasca, Llavorsí)*. Memòria d’intervenció arqueològica. Document inèdit. Barcelona: Direcció General del Patrimoni Cultural.
- Gassiot, E.; Jiménez, J.; Picón, A.**
- 2005 “Producción metalúrgica en espacios de montaña: La explotación del hierro en el Pallars Sobirà durante la antigüedad”, López, F.; Mazadiego, L. F.; Jordá, L. (eds) *Minería y metalúrgia históricas en el Sudoeste europeo*. Ciempozuelos: SEDPGYM – SEHA, 319-325.
- Gassiot, E.; Jiménez, J.; Oltra, J. Picón, A. Verdún, E.**
- 2007 “Canvis tecnològics en la producció metal·lúrgica a gran alçada durant la prehistòria final als Pirineus. El cas de l’alt Pallars Sobirà, Lleida”, Fígols, A.; Weller, O. (ed.) *Prehistoric and Protohistoric Workshop. Cardona, 6 de desembre del 2003*. Cardona: Institut de Recerca Envers la Cultura, 101-125.
- Gassiot, E.; Pèlachs, A.; Bal, M. C, García, V.; Julià, R.; Pérez, R.; Rodríguez, D.; Astrou, A. Ch.**
- 2010a “Dynamiques des activités anthropiques sur un milieu montagnard dans les Pyrénées occidentales catalanes durant la Préhistoire: une approche multidisciplinaire”, Tzortzis, S.; Delestre, X. (coord). *Archéologie de la montagne européenne*. Bibliothèque d’archéologie méditerranéenne et africaine, 4, 33-43.
- Gassiot, E.; Rodríguez-Antón, D.; García, V.**
- 2010b “El poblament del Parc Natural de Aiguestortes i l’Estany de Sant Maurici durant el neolític. Noves dades arqueològiques i les seves implicacions per a l’estudi de les zones d’alta muntanya.” *VIII Jornades sobre Recerca al Parc Nacional d’Aiguestortes i Estany de Sant Maurici*, Lleida: Generalitat de Catalunya, 153-164.
- Izard, V.**
- 1992 “La typologie des charbonnières: méthode d’inventaire pour l’étude diachronique du charbonnage”, Métaillé, Jean-Paul (Coord.): *Protoindustries et histoire des forêts. Les Cahiers de l’Isard*, 3. Toulouse, GDR ISARD 881-CNRS: 223-235.
- Mas, C.**
- 2000 *Historia de la farga catalana*. Lleida, Pagès editors.
- Mata-Perelló, J.M^a; Riba, A.**
- 1995 “Breus consideracions entorn de la composició de les menes de ferro catalanes; passat i present de la seva mineria”, Tomàs i Morera, E. (ed.): *La farga catalana en el marc de l’arqueologia siderúrgica*. Andorra, Govern d’Andorra, Ministeri d’Afers Socials i Cultura: 197-203.
- Ninyerola, M.; Pons, X.; Roure, J.M^a**
- 2000 “A methodological approach of climatological modelling of air temperature and precipitation through GIS techniques”. *International Journal of Climatology*, 20: 1823-1841.
- Pèlachs, A**
- 2005 *Deu mil anys de geohistòria ambiental al Pirineu Central Català. Aplicació de tècniques paleogeogràfiques per a l’estudi del territori i el paisatge a la Coma de Burg i a la Vallferrera*, Tesi doctoral inèdita, Departament de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.
- Pèlachs, A.; Nadal, J.; Soriano, J.M.; Esteban, A.**
- 2007 “Holocene environmental history and the human impact in the Pyrenees”, *Contributions to Science* 3: 423-431.

Pèlachs, A.; Nadal, J.; Soriano, J.M.; Molina, D.; Cunill, R.

- 2009a "Changes in Pyrenean woodlands as a result of the intensity of human exploitation: 2,000 years of metallurgy in Vallferrera, northeast Iberian Peninsula", *Vegetation History and Archeobotany* 18 (5): 403-416.

Pèlachs, A.; Pérez-Obiol, R.; Ninyerola, M.; Nadal, J.

- 2009b "Landscape dynamics of Abies and Fagus in the southern Pyrenees during the last 2200 years as a result of anthropogenic impacts", *Review of Palaeobotany and Palynology* 156 (3-4): 337-349.

Pèlachs, A.; Julià, R.; Pérez-Obiol, R.; Soriano, J.M., Bal, M.C.; Cunill, R.; Catalan, J.

- 2011 "Potential influence of Bond events on mid-Holocene climate and vegetation in southern Pyrenees as assessed from Burg lake LOI and pollen records", *The Holocene* 21(1): 95-104 .

Pleiner, R.

- 2000 *Iron in Archaeology. The European Bloomery Smelters*, Praha: Czech Institute of Archeology.

Poblet, J.

- 1991 *Estructura herciniana i alpina del vessant sud de la zona axial del Pirineu central*, Departament de Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia, Universitat de Barcelona. Tesi doctoral inèdita.

Rapalino, V.; Marugan, C. M.; Gassiot, E.; Font, J.; Cazanueva, X.; Cases, LL. ; Bringué, J. M.; Adell, J. A.

- 2007 *Un passeig per la història de Llavorsí*. Lleida: Ajuntament de Llavorsí i Pagès Editors.

Riera, S.; Wansard, G.; Julià, R.

- 2004 "2.000-year environmental history of a karstic lake in the Mediterranean Pre-Pyrenees: the Estanya lakes (Spain)", *Catena*, vol. 55, núm. 3, 293-324.

Rovira, C.

- 1997 "De bronzistes a ferrers: dinàmica de la metal·lúrgia protohistòrica al nord-est peninsular", *Cota Zero*, 13, 59-70

Rovira, Salvador, J.

- 2009 *Els Castellarnau Senyors del Ferro*. Tarragona. Arola Editors

Sancho, M.

- 1999 *Homes, fargues, ferro i foc. Arqueologia i documentació per a l'estudi de la producció de ferro en època medieval: les fargues dels segles IX-XIII al sud del Pirineu català*. Associació/Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya i Boixareu, Barcelona

Serneels, V.

- 1997 "L'estudi dels rebutjos metal·lúrgics i la seva aportació a la comprensió de la indústria del ferro", *Cota Zero*, 13, 29-42

Sudrià Andreu, X.

- 2011 *La Vall Ferrera. Recull d'història, geografia i cultura*, Pagès Editors, Lleida.

Tylecote, R. F.

- 1992 *A history of metallurgy*, London: Institute of Materials.