

PYRENAE, núm. 40, vol. 2 (2009) ISSN: 0079-8215 (p. 7-35)
REVISTA DE PREHISTÒRIA I ANTIGUITAT DE LA MEDITERRÀNIA OCCIDENTAL
JOURNAL OF WESTERN MEDITERRANEAN PREHISTORY AND ANTIQUITY

La vegetación leñosa y el uso de la madera en tres valles de los Pirineos orientales desde el Neolítico hasta época moderna: análisis antracológico, dendrológico y tafonómico

ITXASO EUBA REMENTERIA

Institut Català d'Arqueologia Clàssica (ICAC)
Plaça Rovellat s/n, E-43003 Tarragona
ieuba@icac.net



Presentamos el análisis antracológico, dendrológico y tafonómico de 80 estructuras (cercados, cabañas, carboneras, hornos, etc.) del Holoceno Final, situadas en tres valles de los Pirineos orientales. El pino destaca con una representación de un 90 % sobre el total del registro, en contraste con los porcentajes mínimos de otros taxones. La vegetación es similar a la actual según los resultados, aunque se observan algunos cambios debidos a causas climáticas o antrópicas. En cuanto al uso de la madera, su selección se basa en características morfológicas y el estado de la madera y es diferente según la utilización que vaya a tener.

PALABRAS CLAVE

SIERRA DEL CADÍ, VALLE DEL MADRIU, VALLE DE PERAFITA, CARBONERAS, ESTRUCTURAS DE PASTOREO, HORNOS

We present the results of anthracological, dendrological and taphonomic analyses of 80 archaeological structures (enclosures, cottages, charcoal kilns, furnaces, etc) from three valleys in the Eastern Pyrenees corresponding to the Late Holocene. The results show that pine represents 90% of the total record analysed, in great contrast to the minimal percentages of other taxa. These results suggest that the vegetation is similar to present vegetation, although it has undergone changes, due to either climate-related or anthropical reasons. Regarding the use of wood, its selection was based on morphological characteristics and health of the raw material, which varied dramatically according to its main use.

KEY WORDS

CADÍ MOUNTAIN RANGE, MADRIU VALLEY, PERAFITA VALLEY, CHARCOAL KILNS, PASTORAL STRUCTURES, FURNACES

Data de recepció: 24-04-2009. Data d'acceptació: 30-09-2009





Introducción

Este estudio se integra en un proyecto de Arqueología del Paisaje de Alta Montaña (Palet *et al.*, 2006 y 2007), cuyo objetivo principal es conocer la relación de los grupos humanos con el paisaje altimontano. A través de un estudio pluridisciplina que se basa en análisis polínicos, geológicos, geográficos (S.I.G.) y antracológicos se pretende conocer el origen, la evolución y las características de la ocupación de alta montaña a lo largo del espacio y del tiempo, y determinar los factores (económicos, técnicos o simbólicos) que dan lugar a la socialización y culturización de este espacio y conocer las interacciones socioambientales. Para ello, se realiza una serie de prospecciones y sondeos de diagnóstico en una amplia zona de estudio, que proporcionarán igualmente un amplio marco cronológico.

La antracología tiene dos objetivos principales: conocer el entorno vegetal leñoso (árboles, arbustos, lianas y otras especies leñosas) de los yacimientos estudiados y la adaptación de las sociedades del pasado a ese medio, a través del uso de los recursos leñosos para diversas actividades desarrolladas, en este caso, en alta montaña. Dado que las muestras estudiadas provienen de un número importante de estructuras sondeadas o prospectadas pertenecientes a su vez a varios yacimientos de tres valles de los Pirineos orientales, la característica principal del registro es que ofrece un amplio abanico de estructuras con cronologías que discurren entre el Neolítico y la época moderna en un área extenso de estudio.

Hasta el momento, se han realizado pocos trabajos antracológicos integrados en proyectos de arqueología del paisaje de alta montaña como el que presentamos en este trabajo, aunque podemos mencionar algunos como Bonhôte (1995), Izard (1995), Davasse y Galop (1989) y Davasse *et al.* (1997) en los Pirineos orientales, y Durand (2003) y Durand y Py (2004) en los Alpes del Sur.

Este trabajo, por lo tanto, nos ofrecerá una imagen de la vegetación del entorno de los tres valles durante los últimos 5000 años. Además, la gran diversidad del tipo de estructuras, cronologías y conservación del material nos ha permitido la observación de un gran número de caracteres anatómicos, tanto de la estructura interna como externa, que ha aportado una información adicional innovadora e importante al análisis taxonómico. Para la observación de estos caracteres, hemos llevado a cabo el análisis dendrológico y taxonómico y el estudio del trabajo de la madera sobre artefactos.

El hecho de que la mayor parte de restos pertenezca a pino favorece que se pueda hacer un estudio sistemático, ya que, de este modo, a través de un elemento común —el pino— hemos podido observar el empleo diferencial del tipo de madera para diversos usos, el momento de uso, el estado de salud de la madera utilizada, su calibre, etc. De este modo, hemos podido obtener la respuesta a uno de los objetivos principales de este trabajo, que es la explotación de los recursos forestales desde el Neolítico antiguo hasta la actualidad en la alta montaña de los Pirineos orientales.





Contexto arqueológico

En este trabajo presentamos los resultados antracológicos obtenidos en varios yacimientos, situados en los pisos montano y subalpino (entre 1500 y 2500 metros de altitud) de tres extensas áreas de estudio. La primera es el valle de la Vansa situado en la sierra del Cadí (Alt Urgell) y las otras dos áreas son los valles andorranos del Madriu y Perafita (fig. 1).

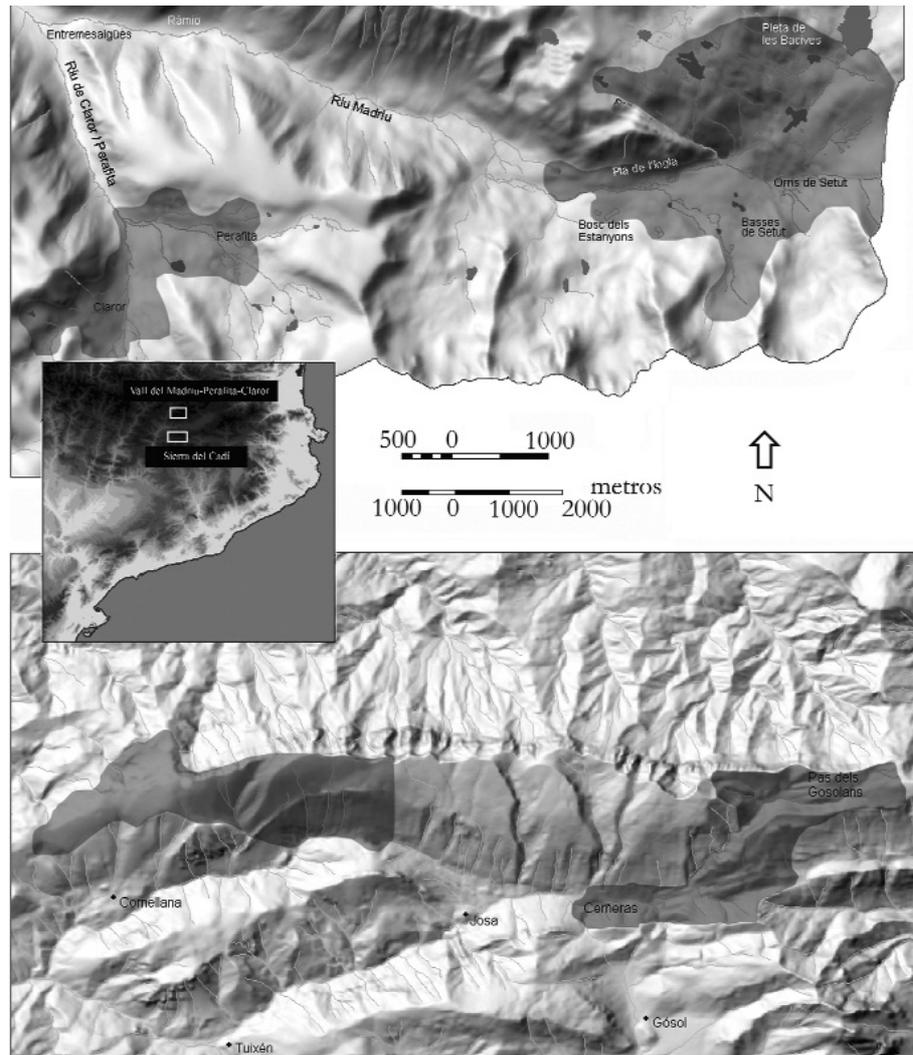


Fig. 1. Mapa de localización de las zonas de estudio.





El valle de la Vansa se encuentra en la región prepirenaica de los Pirineos orientales. La sierra del Cadí se sitúa en el Parque Natural del Cadí-Moixeró. Nuestra zona de estudio se localiza en la vertiente sur, de pendientes suaves y cumbres redondeadas y domina el sustrato calizo. La red hidrográfica es muy pobre, porque el agua se infiltra fácilmente a través de materiales calizos, hasta surgencias situadas a menores altitudes.

En Cernerres, que se encuentra en el piso montano, domina en la actualidad la extensión de bosques de umbría de pino albar, tanto primarios como secundarios. El boj suele aparecer en zonas claras y márgenes del bosque donde hay más pastos. El abeto, que puede ascender hasta el límite inferior del piso subalpino, suele relacionarse con terrenos silicios y umbrías húmedas de exposición norte y nordeste. A pesar de que esta especie es acidófila y de que la sierra del Cadí sea caliza, su presencia es posible gracias a que la elevada pluviosidad da lugar a la acidificación del suelo. En el resto de yacimientos que se encuentran en el piso subalpino dominan los pinares de pino negro acompañados por el enebro, puesto que se encuentran en solana.

Andorra se sitúa en la vertiente meridional del eje axial de los Pirineos orientales. El valle del Madriu y Perafita se sitúan en la vertiente meridional del eje axial de los Pirineos orientales. Los suelos silicios formados por sustratos de granitos y esquistos componen la mayor parte del terreno.

En cuanto a la vegetación, dominan, por lo tanto, las formaciones acidófilas. En el piso subalpino, podemos encontrar pinares de pino negro, a veces monoespecíficos, otros acompañados por el abedul, así como formaciones vegetales más abiertas donde domina el enebro en solana y las ericáceas en umbría.

Las masas forestales llegan en la actualidad a los 2.300 metros de altitud en los tres valles estudiados, aunque en el del Madriu podemos observar en la actualidad especies de pino negro de menor tamaño a 2.500 metros de altitud.

Materiales y métodos

Materiales estudiados

Se han estudiado un total de 80 estructuras de 28 yacimientos localizados en los valles andorranos del Madriu y Perafita y el valle de la Vansa, situado en la sierra del Cadí.

En el valle del Madriu hemos analizado los carbonos procedentes de 49 estructuras de 18 yacimientos; en el valle de Perafita, 10 estructuras procedentes de 6 yacimientos y, en la sierra del Cadí, hemos estudiado 28 estructuras procedentes de 4 yacimientos arqueológicos (tabla 1).

En el valle del Madriu, las 22 carboneras estudiadas son modernas y se sitúan en un marco que discurre desde el siglo XVI al siglo XIX. Se han analizado además carbonos de 18



**Tabla 1.** Datación, funcionalidad y nombre de las estructuras estudiadas en los yacimientos del valle del Madriu, del valle de Perafita y de la sierra del Cadí.

Valle del Madriu				
Yacimiento	Número de estructura (ES)	Tipo de estructura	Cronología	Altitud
Sobre els Orris de Setut I	10	Carbonera	s. XVI	2350 m
Sobre els Orris de Setut II	15	Carbonera	s. XVI-XIX	2340 m
Pla de l'Inglà I	53	Carbonera	s. XVI-XIX	2185 m
Pla de l'Inglà I	58	Carbonera	s. XVI-XIX	2185 m
Pla de l'Inglà I	59	Cercado	s. XIV	2185 m
Pla de l'Inglà II	60	Carbonera	s. XVI-XIX	2185 m
Pla de l'Inglà III	52	Horno	s. II d.C.	2200 m
Pla de l'Inglà III	100	Carbonera	s. XVI-XIX	2200 m
Pla de l'Inglà III	102	Carbonera	s. XVI	2200 m
Pla de l'Inglà III	104	Carbonera	s. XVI-XIX	2200 m
Bosc dels Estanyons	64	Carbonera	s. XVI-XIX	2100-2300 m
Bosc dels Estanyons	65	Carbonera	s. XVI-XIX	2100-2300 m
Bosc dels Estanyons	66	Carbonera	s. XVI-XIX	2100-2300 m
Bosc dels Estanyons	67	Carbonera	s. XVI-XIX	2100-2300 m
Bosc dels Estanyons	104	Carbonera	s. XVI-XIX	2100-2300 m
Bosc dels Estanyons	110	Carbonera	s. XVIII	2100-2300 m
Setut I	1	Carbonera	s. XVI-XIX	2320 m
Setut I	2	Carbonera	s. XVI-XIX	2320 m
Portella de Setut I	47	Carbonera	s. XVI-XIX	2350 m
Carboneres de Setut	48	Carbonera	s. XVI-XIX	2300 m
Carboneres de Setut	50	Carbonera	s. XVI-XIX	2300 m
Carboneres de Setut	129	Carbonera	s. XVI-XIX	2300 m
Orri del Riu dels Orris	82	Carbonera	s. XVI	2400 m
Orris de Setut III	27	Cabaña	s. XIX	2300 m
Orris de Setut III	35	Cabaña	s. XIV	2300 m
Orris de Setut III	29	Pleta	s. XIV	2300 m
Pleta de les Bacives	151	Cercado	III mil. a.C.	2520 m
Pleta de les Bacives	152	Cabaña	V mil. a.C. y s.v d.C.	2520 m
Pleta de les Bacives	153	Cabaña	s. XVI-XIX	2520 m
Basses de Setut II	121	Cercado	s. XVI	2300 m
Basses de Setut II	133	Cercado	s. XVI-XIX	2300 m
Basses de Setut II	135	Cercado	s. I d.C.	2300 m
Basses de Setut II	137	Cabaña	s. XVI-XIX	2300 m
Riu dels Orris I	83	Cabaña	s. X d.C.	2240 m
Riu dels Orris I	84	Cabaña	s. X d.C.	2240 m
Riu dels Orris I	85	Munyidora*	IV mil. a.C.	2240 m
Riu dels Orris I	87	Túmulo	s. XVI-XIX	2240 m
Riu dels Orris III	157	Horno	s. IV d.C.	2240 m
Els Estanyons	175	Cabaña	III mil. a.C.	2530 m
Els Estanyons	176	Cabaña	III mil. a.C.	2530 m
Pleta de l'Estall Serrer	201	Munyidora*	s. XVI/s. XVIII	2020 m
Pleta de l'Estall Serrer	209	Cabaña	s. XVIII	2020 m
Pleta de l'Estall Serrer	211	Cabaña	s. XVI-XIX	2020 m
Entremesaigües	13	Carbonera	s. XIX	1500 m





Tabla 1. Datación, funcionalidad y nombre de las estructuras estudiadas en los yacimientos del valle del Madriu, del valle de Perafita y de la sierra del Cadí (*continuación*).

Valle de Perafita				
Yacimiento	Número de estructura (ES)	Tipo de estructura	Cronología	Altitud
Orris de la Torbera de Perafita I	08	Cabaña	IV mil. a.C.	2248 m
Orris de la Torbera de Perafita I	09	Cabaña	X mil. a.C. y s. XII d.C.	2248 m
Planells de Perafita	67	<i>Munyidora*</i>	III mil. a.C.	2240 m
Camí del Port de Perafita	138	Cabaña	s. XVII	2230 m
Camí del Port de Perafita	141	Cercado	s. XVI	2230 m
Planell del Bisbe	123	Cabaña	s. VII-XIII	2204 m
Planell Gran III	50	<i>Munyidora*</i>	s. XVI-XIX	2230 m
Planell Gran III	55	Cabaña	s. XV	2230 m
Planell Gran III	167	Cabaña	s. XVI-XIX	2230 m
Planell Gran V	61	Cabaña	s. XVI-XIX	2230 m
Sierra del Cadí				
Yacimiento	Número de estructura (ES)	Tipo de estructura	Cronología	Altitud
Certeres	35	Carbonera	s. XVII	1650-1800 m
Certeres	36	Carbonera	s. XVI-XIX	1650-1800 m
Certeres	37	Carbonera	s. XVI-XIX	1650-1800 m
Certeres	39	Carbonera	s. XVI	1650-1800 m
Certeres	51	Carbonera	s. XVI-XIX	1650-1800 m
El Goleró	2	Cercado	s. IV d.C.	2030 m
El Goleró	16	Cercado	s. II a.C.	2030 m
El Goleró	46	Cercado	III mil. a.C.	
El Goleró			s. V d.C. - s. XVIII	2030 m
El Goleró	42	Horno	s. II a.C. - s. II d.C.	2030 m
El Goleró	43	Horno	s. II a.C.	2030 m
El Goleró	48	Cercado	s. XVIII-s. XIX	2030 m
El Goleró	75	Betas de mineral	III mil. a.C.	2030 m
El Goleró	79	Betas de mineral	?	2030 m
El Goleró	80	Betas de mineral	?	2030 m
El Goleró	11	Betas de mineral	?	2030 m
El Goleró	12.100	Betas de mineral	III mil. a.C.	2030 m
El Goleró	5	Cabaña	s. II d.C. - IV d.C.	2030 m
El Goleró	47	Círculo	s. XVI	2030 m
El Goleró	45	Cercado	s. XVIII	2030 m
El Goleró	49	Horno	s. II a.C. - II d.C.	2030 m
El Goleró	103	Túmulo	s. XVI-XIX	2030 m
El Goleró	106	Túmulo/fita	s. XVI-XIX	2030 m
Pradell	30	Cabaña	s. IV d.C.	2025 m
Pradell	31	Cercado	s. IV d.C.	2025 m
Pradell	81	Betas de mineral	s. VIII d.C.	2025 m
Carboneres	82	Carbonera	s. XIV	2050 m
Carboneres	83	Carbonera	s. XVIII	2050 m
Carboneres	84	Carbonera	s. XVI	2050 m

* La munyidora es el corredor donde se enfila el ganado tanto para contabilizarlo como para ordeñarlo como bien dice su palabra.





estructuras pastoriles con niveles de circulación¹ de época neolítica, así como estructuras de época romana, antigua, altomedievales (s. XIV-XV) y modernas. Por último, hemos analizado carbones de dos hornos de obtención de resina de cronologías romana y tardorromana.

En el valle de Perafita, todas las estructuras estudiadas son pastoriles —en total 10— con niveles neolíticos en 2 de ellas; las demás son estructuras altomedievales y modernas.

En la sierra del Cadí, de las 28 estructuras, 8 son carboneras y se sitúan en un marco cronológico que va desde el siglo XIV hasta el siglo XVIII. En cuanto a las estructuras pastoriles, en la sierra del Cadí se han analizado 9 de este tipo. En ellas tenemos niveles de circulación calcolítico/neolítico, niveles romanos, tardorromanos y modernos (s. XVI-XVIII). Por último, se han estudiado dos hornos romanos de primera transformación del hierro y un horno de reducción de mineral tardoantiguo.

Muestreo y análisis antracológico

En vista de una recuperación sistemática del material antracológico, hemos establecido una metodología de recogida de muestras específica para este tipo de excavaciones (Euba, 2008). Para ello, nos hemos basado sobre todo en el tipo de excavación, sondeos de diagnóstico o prospecciones y tipo de estructura.

Para el muestreo, hemos dividido las estructuras en muestras concentradas y dispersas, tal como establece Chabal (1997). En las carboneras y los hornos, por ejemplo, encontramos niveles formados por concentraciones de carbón. Por ello, en los hornos, se han recuperado 4 litros de sedimento en cada unidad estratigráfica. En el caso de las carboneras, se ha establecido una metodología de muestreo propia de este tipo de estructuras, que se basa en la realización de varias catas de 50 × 50 cm en diferentes lugares de la carbonera (exterior, periferia y centro). En cada una de ellas, se han recogido 4 litros de sedimento cada 10 cm excavados.

En las estructuras de pastoreo, encontramos carbones concentrados en estructuras como hogares domésticos, agujeros de poste o restos de combustión de estructuras de construcción. En cambio, en los niveles de uso encontramos carbones dispersos. En este tipo de estructuras se han recogido 4 litros de sedimento de aquellos niveles donde los carbones se encontraban de manera dispersa, como los niveles de uso y de destrucción de la estructura. El resto del sedimento ha sido tamizado en seco con una malla de 2 mm de luz

1. Con niveles de circulación nos referimos a un nivel donde se han documentado evidencias de actividades humanas, pero no se ha relacionado con la estructura de piedra seca excavada. Es el caso de la ES 152 de Pleta de les Bacives del valle del Madriu, la ES 09 de Perafita I del valle de Perafita y la ES 46 del Goleró. Las dataciones más antiguas, en el caso de la ES 46 de las dos más antiguas, se refieren al nivel de circulación o a un nivel anterior a la estructura excavada, mientras que la datación más moderna se refiere a la datación de la estructura de piedra seca en sí.





durante la excavación. En el caso de las concentraciones de carbones como agujeros de poste y hogares domésticos, se ha recogido la totalidad del sedimento.

En lo que se refiere al procesamiento del sedimento, se ha llevado a cabo la flotación manual utilizando un tamiz de 0,5 mm. El resto del sedimento ha sido tamizado con agua utilizando una columna de tamices de 4 y 2 mm de luz. En el caso del sedimento procedente de carboneras, no se ha realizado la flotación, únicamente el tamizado con agua, debido a la gran cantidad de carbón que presenta este tipo de estructuras y a que no muestra restos carpológicos (Euba, 2008).

Cada carbón ha sido observado para su identificación taxonómica. Esta identificación se ha realizado con un microscopio óptico de luz reflejada de 50 a 500 aumentos, apoyándonos en diversos atlas de anatomía de la madera (Schweingruber, 1990, y García Esteban *et al.*, 2002). Se han observado aquellos carbones recuperados en la flotación y en la malla de 4 mm de luz hasta llegar a un número mínimo establecido por nivel (Euba, 2008). Cuando no se ha llegado a este número mínimo en alguno de los niveles, se han observado las muestras tamizadas con 2 mm de luz durante la excavación o en el laboratorio.

Además del análisis puramente antracológico, se ha llevado a cabo el análisis dendrológico y tafonómico del material. La observación de otros caracteres de la estructura de los carbones estudiados, más allá de una mera identificación taxonómica, es una práctica que ya ha sido aplicada en la metodología antracológica y se han publicado algunos trabajos que intentan establecer una sistematización y normalización a esta aplicación (Dufraisse, 2006; Marguerie y Hunot, 2007; Kim y Hanna, 2006). Existen igualmente trabajos más genéricos que han establecido la base para la caracterización de varias alteraciones que sufre la madera, tales como Schweingruber (1996 y 2007). Algunos autores se apoyan en la dendrología y la tafonomía para interpretar los registros antracológicos (Allué, 2002; Carrión, 2005 y 2006; Euba, 2008; Gorzynski y Molski, 1969; Scheel-Ybert, 1998; Théry, 1993; Théry-Parisot, 1998 y 2001; Thiébault, 2006; Thinon, 1992).

Para el análisis tafonómico, hemos observado diversos aspectos de la estructura externa e interna de cada fragmento (tabla 2). En primer lugar, hemos analizado los caracteres morfológicos de la estructura externa, tales como la existencia de algún tipo de modificación antrópica o si se trata de un nudo. Además, en algunos casos, hemos podido conocer el diámetro completo de la rama analizada, porque se conserva entera o porque el fragmento conserva aún la corteza.

Igualmente, hemos determinado las características internas que presentaba la madera, como la curvatura de los anillos de crecimiento (nada, poco o muy curvados) y la reacción de la madera debida a situaciones de estrés, como la ubicación del árbol en pendiente, el peso de la nieve sobre sus ramas, etc. (compresiones, tensión, anillos sinuosos y diferencia de grosor entre los anillos de crecimiento).

Las alteraciones observadas causadas por microorganismos han sido las perforaciones de xilófagos, hifas, colapso de células y células deformadas con aspecto sinuoso y dentados. Hemos observado del mismo modo las alteraciones debidas a procesos de combustión



Tabla 2. Características observadas en cada fragmento estudiado.

Caracteres morfológicos	Curvatura de los anillos	Reacción de la madera	Alt. por microorganismos	Alt. relacionadas con la combustión	Alt. posdeposicionales
Conserva xilema		Compresiones	Perforaciones de xilófagos	Figuras	
Conserva corteza	Nada curvados	Tensión	Hifas	Vitrificación	Incrustación de minerales
Rama que conserva su diámetro entero	Algo curvados	Anillos sinuosos	Colapso de células	Redondeamiento	Sedimento introducido
Nudo	Muy curvados	Diferencia significativa entre los anillos de crecimiento	Células deformadas con aspecto sinuoso y dentados	Grado de combustión (madera, torrefactado, carbonizado)	Raíces introducidas
Modificación taxonómica				Grado de dureza (frágil, normal, muy duro)	



(fisuras, vitrificación, redondeamiento). En este caso, se ha anotado el grado de combustión del fragmento analizado (madera, torrefactado, carbonizado), aunque no se trate de una alteración propiamente dicha. Asimismo se ha tenido en cuenta el grado de dureza del fragmento, que en algunos casos suele estar relacionado con el tipo de combustión, aunque también tiene que ver con los procesos posdeposicionales (mineralización, fragmentación, etc.). En este sentido, hemos tenido en cuenta si el fragmento es muy frágil, si se rompe con facilidad, pero tiene una estructura cristalina o si, en cambio, es muy difícil partirlo con las manos. En lo referente a alteraciones posdeposicionales, hemos visto raíces insertas en la estructura, así como sedimento introducido. En algunos casos, los fragmentos presentaban colores relacionados con la incrustación de determinados minerales (por ejemplo, el azul guarda relación con el calcio).

Para la caracterización dendrológica, nos hemos basado en el trabajo de Dufraisse (2006), que clasifica la curvatura de los anillos en tres categorías: poco, mucho o nada curvado. Los anillos de crecimiento se han medido con ayuda de un programa informático a través de la captura de las secciones transversales, mediante una cámara conectada al microscopio en aquellos fragmentos mayores de 4 cm². La unidad de medida utilizada ha sido μm (Euba, 2008).

En el caso de algunos carbones que presentaban una curvatura de casi 60°, hemos utilizado una plantilla de curvatura de anillos basándonos en la técnica ya utilizada por Marguerie y Hunot (2007). Para ello, hemos realizado una plantilla con circunferencias de 0,5 cm de diferencia en un papel. A continuación, mediante un papel plastificado y un rotulador indeleble, hemos calcado la curvatura de los anillos situada en la parte más exterior del fragmento. Posteriormente, el calco se ha sobrepuesto en la plantilla; la curvatura sobre la que ha coincidido corresponde a la circunferencia de la plantilla con un diámetro específico. El resultado obtenido es el diámetro mínimo para el fragmento analizado.

Debido a la sobrerrepresentación porcentual del pino en más de un 90 %, frente a la presencia puntual del resto de los taxones, la cuantificación de los resultados se ha realizado teniendo en cuenta la presencia o ausencia taxonómica en cada tipo de estructura en las tres zonas geográficas.

Resultados

La tabla 3 muestra los resultados obtenidos a partir de la ubicuidad taxonómica; es decir, el número de veces que aparece cada taxón en cada tipo de estructura en las tres áreas de estudio. La presencia del pino en más de un 90 % del registro nos ha permitido la observación y la comparación de los caracteres dendrológicos, morfológicos y tafonómicos.





Análisis antracológico

Teniendo en cuenta la ubicuidad, observamos una significativa variabilidad taxonómica de los resultados (tabla 3). En todas las estructuras se ha identificado *Pinus* tipo *uncinata*, excepto en una de las carboneras localizadas en el valle del Madriu a 1500 metros de altitud, en la que únicamente se ha identificado *Abies alba*. En cambio, el *Juniperus sp.* se ha localizado en las estructuras del valle del Madriu y la sierra del Cadí, pero no en el valle de Perafita. *Betula sp.*, sólo se ha identificado en los dos valles andorranos y no en las estructuras de la sierra del Cadí. Su presencia es mayor en las carboneras del valle del Madriu, que se encuentran cerca del río homónimo. En el valle de Perafita, *Betula sp.* se ha identificado en las muestras correspondientes a los agujeros de poste neolíticos de las estructuras pastoriles de Orris de la Torbera de Perafita I.

El *Abies alba* se identifica en las carboneras del valle del Madriu y en la sierra del Cadí. También se ha determinado en uno de los «círculos» del Goleró (sierra del Cadí), en los hornos de primera transformación del mineral del mismo yacimiento y en uno de los hornos de resina del valle del Madriu. *Buxus sempervirens* se encuentra de manera muy similar a *Abies alba*. En el Goleró, se ha identificado en una estructura pastoril de época romana, en uno de los «círculos» y en uno de los hornos. En el valle del Madriu, se localiza en una de las carboneras, como ya hemos dicho, y en la sierra del Cadí, en tres de ellas. También ha sido determinado en uno de los hornos de resina del valle del Madriu. *Abies alba* y *Buxus sempervirens* no son identificados en las estructuras del valle de Perafita.

Las ericáceas aparecen en una de las estructuras del yacimiento de Pradell (sierra del Cadí). En el valle de Perafita, este taxón se halla en los niveles de época prehistórica relacionados con la actividad pastoril. En el valle del Madriu, las ericáceas han sido identificadas en dos estructuras pastoriles modernas situadas en umbría y en una de las carboneras. *Salix sp.* aparece en los tres valles, pero sólo en una de las estructuras en cada valle. En el valle de Perafita ha sido determinado en una de las cabañas pastoriles neolíticas; en la sierra del Cadí, en uno de los «círculos» del Goleró y, en el valle del Madriu, en una de las carboneras.

Se han identificado monocotiledóneas en las tres estructuras pastoriles de la sierra del Cadí y el valle del Madriu. En cuanto a las rosáceas, aparece una pomoidea en un horno de primera transformación de mineral del Goleró (sierra del Cadí), y *Prunus sp.* y *pomoidea* han sido determinados en niveles prehistóricos relacionados con la actividad pastoril del valle de Perafita. Para terminar, *Rhamnus sp.* ha sido identificado en uno de los hornos de primera transformación del hierro del Goleró.

El pino negro no se puede distinguir del pino albar; sin embargo, algunos autores han utilizado criterios anatómicos para diferenciarlos. Estos criterios son, por ejemplo, el número de células de los radios, la anchura de los anillos de crecimiento y la ubicación de los canales resiníferos en el leño (Figueiral y Carcallet, 2005; Guerrero-Campo *et al.*, 1998; Gregus, 1955; Heinz, 1990; Schweingruber, 1990, entre otros). En las mues-





Tabla 3. Tabla que muestra la ubicidad taxonómica en cada tipo de estructuras de la sierra del Cadí (SC), valle del Madriu (VM) y valle de Perafita (VP).

Valle	Estructura de pastoreo prehistórico			Estructura de pastoreo romano/antiguo			Estructura de pastoreo medieval			Estructura de pastoreo moderno		
	VM	VP	SC	VM	VP	SC	VM	VP	SC	VM	VP	SC
N.º de estructuras en las que aparece cada taxón												
<i>Pinus tipo uncinata</i>	3	3		1		3	6	5		7	2	
<i>Abies alba</i>												
<i>Juniperus sp.</i>	1					2	1			1		
<i>Betula sp.</i>		2								1		
<i>Buxus sempervirens</i>						1						
Pomoideae		1										
Ericaceae		1				1	1			2		
Monocotiledónea						1				1		
<i>Salix sp.</i>		1										
<i>Prunus sp.</i>		1										
<i>Rhamnus sp.</i>												

tras estudiadas, el único elemento observado ha sido la anchura de los anillos de crecimiento.

Guerrero-Campo *et al.* (1998) calcularon la media de la anchura de los radios, así como el número de células de cada radio, en 10 fragmentos pertenecientes a *Pinus sylvestris* y *Pinus uncinata* procedentes de cuatro localidades diferentes, y observaron una diferencia en el crecimiento de los anillos de ambas especies (tabla 4). La tabla nos muestra que *P. sylvestris* es una especie con anillos más anchos (de entre 1,5 y 2 mm de media) que *P. uncinata* (de 1,2 mm de media). En cuanto al número de células de media en cada anillo, la tabla incide en que existe una gran variabilidad, pero que en ambas especies es muy parecida.

En nuestro caso, se ha realizado la medición de los anillos de crecimiento de 1234 fragmentos de pino de diferentes estructuras de diversas cronologías situadas a más de 1800 metros de altitud (tabla 5). De momento, hemos analizado un número diferente

Tabla 4. Anchura del anillo y número de células en cada anillo de diferentes muestras de *Pinus sylvestris* y *Pinus uncinata* (Guerrero-Campo *et al.*, 1998).

Localización de la muestra	Anchura del anillo (mm)	Número de células
La Estiva (<i>P. uncinata</i>) (1900 m)	1,198 + 0,141	40 + 5
Espierba (<i>P. sylvestris</i>) (1270 m)	2,037 + 0,135	57 + 4
Collado de Sahún (<i>P. uncinata</i>) (1790 m)	1,167 + 0,098	38 + 3
Plan (<i>P. sylvestris</i>) (1220 m)	1,490 + 0,109	40 + 3





Horno de primera "Círculos" del Goleró			Horno de transformación del hierro			Horno de fabricación de resina			reducción de mineral			Carboneras					
VM	VP	SC	VM	VP	SC	VM	VP	SC	VM	VP	SC	VM	VP	SC			
		6			3			2			1			29			8
		1			1			1			1			1			3
		3			2			1						1			3
					1			1						1			1
					1									1			
		1												1			
		1												1			
								1									



de fragmentos por cada franja altitudinal y en futuros estudios se pretende analizar un mayor número de fragmentos, pero con los resultados obtenidos podemos llegar a algunas conclusiones. Teniendo en cuenta los anillos falsos que generan los pinos, los resultados nos muestran una menor anchura de los anillos de los fragmentos de *Pinus* analizados a medida que subimos en altitud, debido a las condiciones climáticas, que es en todos los casos inferior a 1200 m. Según la clasificación de Guerrero-Campo *et al.* (1998), los fragmentos analizados se aproximan al tipo *Pinus uncinata*, por ello llamaremos a los fragmentos de *Pinus* situados a más de 1800 metros de altitud *Pinus* tipo *uncinata*, teniendo en cuenta que puede tratarse de *Pinus sylvestris* (sobre todo cuando la estructura se sitúe a menos de 1800 metros de altitud) o un híbrido entre *Pinus sylvestris* y *P. uncinata*.

Tabla 5. Mediciones de los anillos de crecimiento realizados en los fragmentos de carbón de estructuras localizadas a diferentes altitudes.

Altitud	Anchura media de los anillos de crecimiento	N.º de fragmentos analizados
1.800-1.900 m	1.055,495 mm	16
1.900-2.000 m	866,625 mm	45
2.000-2.100 m	714,206 mm	960
2.100-2.200 m	723,415 mm	30
2.300-2.400 m	736,527 mm	218
> 2.500 m	598,09 mm	55





Análisis dendrológico y tafonómico

En cuanto a las alteraciones producidas durante el crecimiento del árbol, hemos observado la reacción de la madera, la compresión, la tensión y los anillos sinuosos que aparecen, sobre todo, en los fragmentos procedentes de las carboneras (figs. 2A, B, C).

En algunos niveles correspondientes a los hornos de resina, hemos identificado nudos o ramas con nudos (fig. 2D), fragmentos que presentaban numerosas alteraciones por microorganismos. En estos mismos niveles, se han recuperado objetos modificados antrópicamente, como un mango de utensilio (fig. 3D) y algunos fragmentos indeterminables.

Mediante la utilización de la plantilla de curvatura de radios, hemos podido determinar que todos los fragmentos de los hornos de resina proceden de ramas de al menos 8 o 9 cm. de diámetro. En estas estructuras, se han diferenciado dos grupos principales de materia prima. Por un lado, se encuentran los fragmentos carbonizados alterados por microorganismos (en muchos casos son nudos) que aparecen junto con fragmentos modificados antrópicamente y, por otro lado, ramas torrefactas, lisas y en buen estado, con restos de resina en uno de sus extremos.

Los hornos de primera transformación del mineral presentaban fragmentos de más de 4 cm² y sus anillos apenas mostraban curvatura. Además, dichos carbones tenían una textura dura, cristalina y con aristas.

Muchas muestras procedentes de carboneras y algunas de otro tipo de estructuras presentaban la corteza, por lo que hemos podido observar que todos ellos fueron talados en el leño temprano; es decir, en época estival. Además, gracias a esto, hemos calculado el diámetro de los fragmentos de carbón que era de 10 cm de media. Las muestras de las carboneras apenas presentaban alteraciones por microorganismos ni nudos. Se recuperaron además varios fragmentos con corte de hacha (fig. 3A).

El mayor porcentaje de las alteraciones causadas por microorganismos se ha encontrado en las muestras procedentes de estructuras de construcción. Hemos observado xilófagos, hifas, colapso de células y células deformadas con aspecto sinuoso y dentado (figs. 2E, F, G, H e I). Las alteraciones más frecuentes son los xilófagos y las hifas, mientras que las demás han sido determinadas de manera puntual. Los xilófagos han sido identificados tres veces más que las hifas.

En algunos fragmentos de este tipo de estructuras hemos podido observar, a través del microscopio electrónico de barrido, microorganismos carbonizados, así como sus deposiciones (figs. 2F, G). Gracias a que todavía presentaban cierta morfología de la estructura externa del microorganismo, se ha determinado que se trataba de la termita *Reticulitermes lucifungus* (Termitract, s.c.p.). Este tipo de microorganismo suele habitar en ambientes con una humedad de entre un 95 y un 100 %. Atacan, además, maderas con un grado de humedad superior al 22 %. Su forma de atacar la madera es característica y suele crear alteraciones del tipo «hoja de libro», que también nos ha sido posible observar en nuestro material antracológico (fig. 2H).



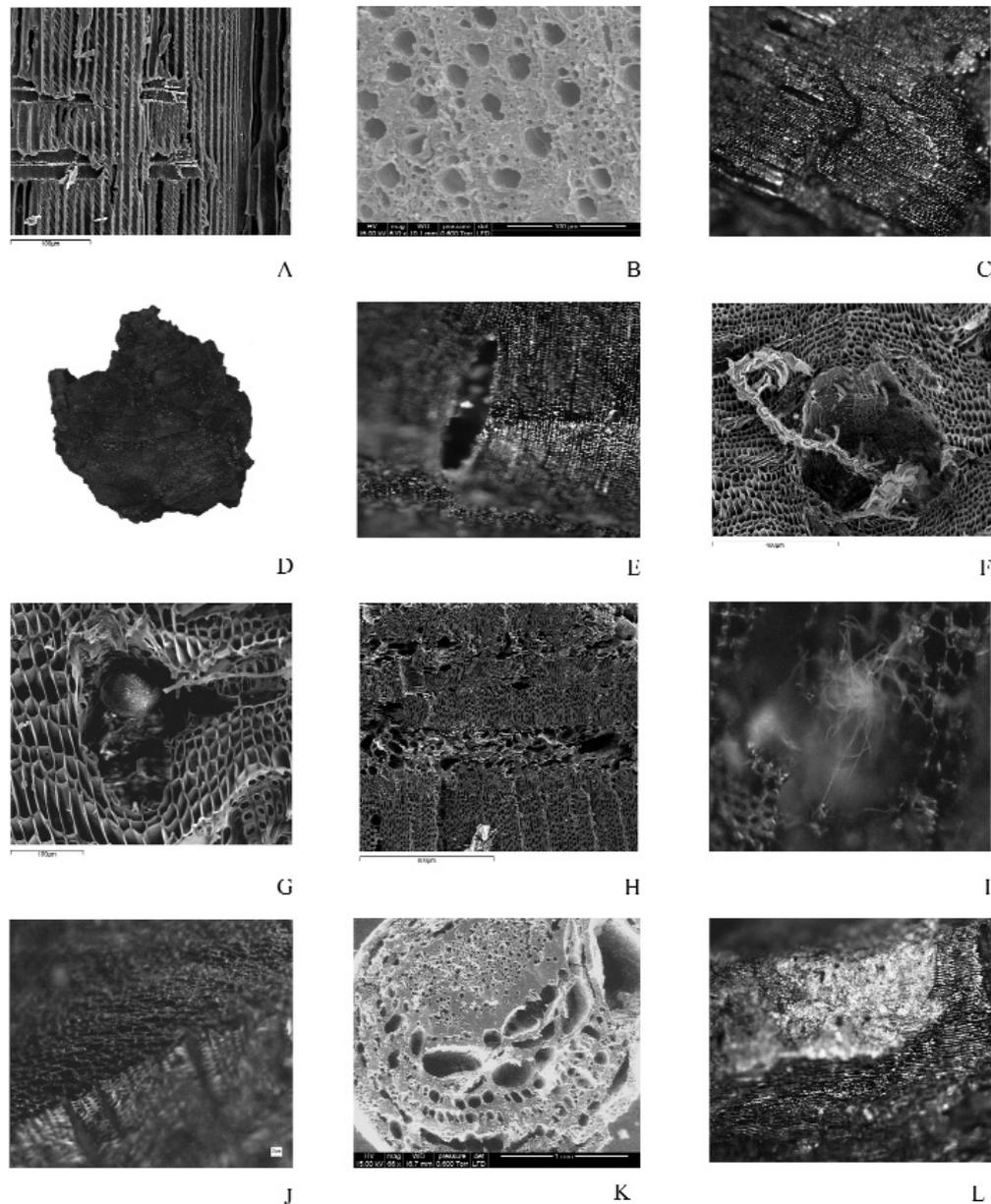


Fig. 2. Alteraciones observadas en el registro estudiado. A. Compresión en la sección radial de *Juniperus* sp.; B. Tensión en la sección transversal de *Buxus sempervirens*; C. Anillos sinuosos en la sección transversal de *Pinus* tipo *uncinata*; D. Nudo; E. Perforación causada por un xilófago; F. Xilófago carbonizado; G. Depósito de un xilófago; H. Alteración «hoja de libro» causada por *Reticulitermes lucifungus*; I. Hifas; J. Colapso de células; K. Fragmento de *Rhododendron ferrugineum* que presenta fisuras y vitrificación; L. Sedimento introducido.



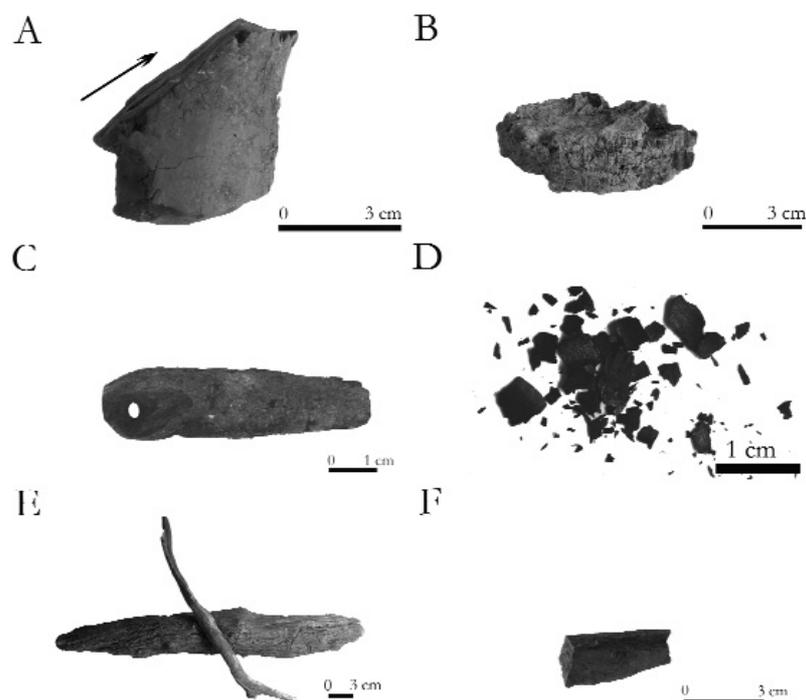


Fig. 3. Fragmentos con modificaciones antrópicas. A. Corte de hacha; B. Tapa de recipiente; C. Mango de útil; D. Virutas; E. Fragmentos de cubierta de estructura; F. Fragmento de estructura.

En relación con las alteraciones causadas por los procesos de combustión, hemos observado fisuras, vitrificación y redondeamiento de la estructura exterior (fig. 2K). Esta última alteración se constata de manera puntual. El mayor porcentaje de vitrificación se ha determinado en los fragmentos procedentes de carboneras y, a continuación, en hornos de primera transformación del mineral. Las fisuras no han sido tan frecuentes en este tipo de estructuras, pero sí en los hornos de producción de resina.

Por último, el mayor porcentaje de alteraciones debidas a procesos posdeposicionales, como la introducción de sedimento (fig. 2L), raíces y minerales en el interior de la estructura, corresponde a los niveles de las estructuras pastoriles más antiguas.

Modificaciones antrópicas

En cuanto a la modificación antrópica en el material estudiado, en fragmentos pertenecientes a estructuras pastoriles, se han identificado varios objetos como tapas de recipientes



tes, estructuras de vallas y de coberturas. Como ya hemos dicho, en uno de los hornos de obtención de resina se recuperó un mango de utensilio, así como varios fragmentos indeterminados, aunque con morfología claramente antrópica. Asimismo, en las carboneras se han recuperado restos de actividades de trabajo de la madera tales como virutas de madera y cortes de hacha (fig. 3).

En los hornos de primera transformación del mineral y hornos de resina, se han recuperado además otros fragmentos de boj y de abeto sin una morfología específica, aunque posiblemente también correspondieron a objetos, ya que estas especies no se encuentran en el entorno de las estructuras, por lo que pudieron ser transportadas por seres humanos desde altitudes inferiores.

Discusión

Vegetación

El conjunto de los resultados nos indica una vegetación característica del piso subalpino, dominada por bosques de pino tipo negro que se ve acompañado por otras especies arbóreas y arbustivas de afinidad boreoalpina. En este piso podemos encontrar dos tipos de pinar, que se diferencian principalmente por el estrato arbustivo. Por un lado, en solana, el estrato arbustivo suele estar formado por el boj, la gayuba, el pudío, la chopera, el enebro común y el enebro enano. Sin embargo, domina el estrato herbáceo frente al arbóreo o arbustivo, por lo que los pastos suelen ser más abundantes que en umbría. Por otro lado, en umbría, el estrato arbustivo de un pinar, normalmente más espeso, suele ser el arándano y el rododendro y, a veces, a menores altitudes (en el límite superior del piso montano) encontraríamos algún abeto formando parte de esa composición (Blanco *et al.*, 1998). El abeto, identificado en el yacimiento del Goleró (sierra del Cadí), probablemente provenga de menores altitudes, porque en las inmediaciones de este yacimiento no encontramos esa especie. Además, el Goleró se encuentra en un prado subalpino situado en solana y el abeto, como ya hemos dicho, suele ser de umbría.

En el valle de Perafita, la solana se limita a una estrecha franja que sigue el curso del río homónimo. En los análisis antracológicos no se ha identificado ningún fragmento correspondiente a enebro, típico de pinares de solana, sino a ericáceas, por lo que, posiblemente, los resultados reflejan la vegetación mayoritaria de este valle que, al igual que en la actualidad, está formada por pinos negros y rododendros.

En el piso subalpino, cerca de arroyos y ríos, podemos encontrar especies como el abedul o el sauce, ambas muy exigentes en cuanto a agua. Hallamos asimismo individuos de serbales, aunque de manera puntual. El abedul ha sido identificado, tanto en el valle del





Madriu como en el de Perafita, en estructuras que se sitúan muy cerca de los cursos de agua. Actualmente, el abedul se encuentra en estos valles entre los 1500 y los 2100 metros de altitud, cumpliendo la función de especies secundarias. Su presencia se debe a causas naturales o antrópicas (Carreras *et al.*, 2003).

En los resultados del análisis antracológico de los niveles neolíticos de las cabañas de Orris de la Torbera de Perafita, los resultados nos muestran una mayor variabilidad. Destaca la presencia de especies de ambientes más húmedos, como el abedul, el sauce o las rosáceas. Las especies caducifolias de ribera, que actualmente no crecen a más de 2100 metros de altitud, llegarían durante el Neolítico hasta al menos 2248 metros de altitud, debido a unas condiciones climáticas más calidas. Según datos polínicos realizados en el valle del Madriu, el abedul se extiende, junto con el pino, reemplazando los prados de altitud, debido a la mejora climática del Preboreal hace 11.000 años (Miras *et al.*, 2007), situándose en las cercanías de los cursos de agua.

En el piso montano, por debajo de los 1900 metros de altitud, el pino albar domina frente al pino negro. En umbría, este pinar se encuentra acompañado de abetos y, en solana, de enebros y boj. El boj, identificado en el Goleró, puede ascender hasta el piso subalpino, aunque es característico del piso montano, al igual que al abeto (Blanco *et al.*, 1998, y Vigo *et al.*, 2003).



Uso de la madera

Debido a la presencia casi exclusiva del pino negro o albar como especie leñosa en la mayoría del territorio pirenaico de alta montaña, las poblaciones humanas utilizan principalmente estas especies para las muy diversas actividades desarrolladas en ese entorno. A pesar de la presencia puntual de otros taxones en el registro estudiado, consideramos que existe una importante variabilidad taxonómica. Se utiliza principalmente el pino para todas las actividades, teniendo en cuenta características como el calibre, la dureza, la flexibilidad, el hecho de que proporcione madera lisa, etc. Sin embargo, si en el entorno se dispone de otras especies leñosas, también se hace uso de ellas. El pino se explota para todas las funcionalidades, y las demás especies se seleccionan para actividades concretas como el consumo animal o humano, combustible para hogares domésticos o la construcción de techumbres, puesto que en el entorno son menos numerosos que el pino (tabla 6).

Cada actividad utiliza un tipo de materia prima, principalmente madera de pino, que se basa en el estado de salud de la madera y sus características morfológicas. Esto dependerá de la funcionalidad que vaya a tener la madera. Por eso, hemos podido distinguir la madera utilizada en las estructuras pastoriles, en los diferentes tipos de hornos y en las carboneras, pudiendo hacer así una reconstrucción de este tipo de actividades desde el Neolítico hasta la actualidad en la alta montaña.





Taula 6. Posibles usos de cada taxón identificado.

	Combustible	Construcción	Alimentación del ganado	Consumo de frutos	Obtención de resina	Elaboración de objetos
<i>Pinus tipo uncinata</i>	X	X	X		X	X
<i>Juniperus sp.</i>	X	X	X			
Ericaceae	X	X	X	X		
<i>Betula sp.</i>	X	X				
<i>Buxus sempervirens</i>	X		X			X
<i>Abies alba</i>	X		X			X
<i>Salix sp.</i>						
Monocotiledónea	X		X			
Pomoideae	X			X		
<i>Prunus sp.</i>	X			X		
<i>Rhamnus sp.</i>	X					X

Estructuras pastoriles

La forma de construcción de las estructuras de pastoreo está documentada en otras áreas de los Pirineos y la técnica utilizada no cambia hasta la época moderna (Rendu, 2003). Las estructuras se levantan a veces íntegramente en madera y, en el caso de las cabañas, la base se construye con piedra seca. La utilización de piedra seca en las cabañas de pastores es más común a partir de época antigua, debido a que la frecuentación en alta montaña en época estival es más habitual y se pretende una durabilidad mayor de las estructuras (Rendu, 2003). Está comprobado que, si la estructura se construye con la madera en contacto directo con el suelo, la madera sufre importantes ataques por microorganismos y, cuando la estructura adolece de una excesiva degradación, es quemada y abandonada. De hecho, los fragmentos recuperados en las excavaciones con una morfología clara de elemento de construcción presentaban un mayor número de alteraciones de xilófagos que el resto de carbones de diferente origen. Estos mismos elementos presentan claramente indicios de combustión, por lo que se deduce que fueron quemados intencionadamente por su estado alterado. Se han documentado alteraciones abundantes en elementos de construcción de intemperie en otros yacimientos (Carrión, 2006).

Para la construcción, se utiliza el abedul y el pino, porque proporcionan madera lisa para esta funcionalidad, por lo que son adecuadas (Abella, 1998). Para elementos como la cubierta, se utiliza el enebro y las ericáceas (Euba, 2008).

Para la alimentación del ganado ya se ha documentado en los Pirineos la utilización de ramas de poco calibre de pino, así como enebro y cereales (Thiébaud, 2005). Aunque el ganado ya tendría suficiente con los pastos subalpinos, los animales cercados por enfermedad o en momentos de tormenta serían alimentados con ramas recogidas en el entorno y cereales (Violant i Simorra, 1986). Los humanos, además, consumirían los frutos que ofrecen especies como el serbal de cazadores o el cerezo silvestre.





En lo referente a los pastores y sus actividades cotidianas, fabricarían objetos en sus tiempos libres (Violant i Simorra, 1986), de ahí la localización de tapas de recipientes de pino tipo negro, que seguramente se obtuvo de las inmediaciones del yacimiento, en una de las cabañas del siglo IV d.C. del yacimiento de Pradell (sierra del Cadí). Los fuegos domésticos —también una actividad diaria— serían alimentados con ramas caídas y arbustos del entorno inmediato; para ello son adecuados todos los taxones identificados excepto el sauce. Quizás éste proceda de algún tipo de utensilio, como una cesta que pudo ser quemada intencionada o accidentalmente.

Hornos de primera transformación y reducción del hierro

La actividad relacionada con el mineral de hierro se ha documentado en época romana y antigua en la sierra del Cadí y, en época moderna, de manera indirecta a través de las carboneras, en la sierra del Cadí y en el valle del Madriu.

La primera transformación del hierro se lleva a cabo de manera importante en el promontorio del Goleró (sierra del Cadí). El combustible utilizado es carbón de pino procedente de carboneras, porque tiene una textura angulosa y cristalina, procede de ramas lisas, sanas y de gran calibre y en muchos casos presenta vitrificación. La utilización del carbón nos indica una actividad artesanal relativamente intensa y su fabricación en el entorno, aunque todavía no se hayan localizado carboneras en él (Euba, 2008). Sin embargo, se ha documentado el uso de carboneras en época antigua, tanto arqueológicamente como a través de fuentes literarias antiguas (Dubois, 1988-90; Gutiérrez i Perearnau, 1996; Pèlach, 2004, y Ramos i Riera, 2002).

En el horno de reducción de mineral también es posible que utilizaran carbón como combustible, aunque en este caso no lo podemos constatar a partir de los resultados antracológicos. La reducción de mineral debió ser una actividad muy importante durante la antigüedad tardía, según datos polínicos realizados en la turbera de Pradell, en las cercanías del único horno de reducción localizado hasta el momento (Ejarque *et al.*, en prensa).

Ambos tipos de hornos explotan fundamentalmente el pino y la presencia de otros taxones, como el boj, el abeto, el pudío o la pomoidea, puede estar relacionada con otra funcionalidad.

Hornos de resina

En los hornos de resina hemos observado dos tipos de materia prima para diferentes funcionalidades dentro de la misma estructura. Por un lado, se encuentra el combustible, que





se trata de maderas de unos 8 y 9 cm de diámetro, seguramente recogidas del suelo, pues presentan un gran número de alteraciones por microorganismos y nudos, junto con objetos cuya combustión puede haber sido accidental o intencionada. Por otro lado, en relación con la producción de resina, se utilizarían maderas verdes y lisas de un diámetro mínimo de 9 cm.

El carbón procedente de carboneras se fabrica a través de una combustión anaeróbica y lenta de la madera, por lo que el porcentaje de fragmentos con vitrificación es mayor cuando proceden de este tipo de estructuras. En los hornos de resina, en cambio, la combustión es más rápida y la violenta salida de gases y agua de la madera ha producido que este tipo de fragmentos carbonizados presenten un mayor porcentaje de fisuras que de vitrificación.

Carboneras

En las carboneras se utiliza el pino, el abedul y el abeto, mezclándose en ocasiones las tres especies en una misma carbonera. En otras carboneras del piso subalpino de otros valles de los Pirineos centrales y orientales, se utilizan también estas mismas especies (Pèlachs, 2004, y Davasse, 2000).

Los datos antracológicos nos indican que la representación porcentual de cada una de las especies identificadas depende de su disponibilidad en el entorno inmediato en el momento de la explotación de la carbonera. A partir del estudio dendrológico y taxonómico hemos podido mostrar que los árboles son talados en periodo estival y no presentan alteraciones por microorganismos. Por lo tanto, consideramos que la madera utilizada se tala en el momento de su uso, sin ningún tipo de almacenamiento. Se trata de ramas lisas, sanas y verdes de unos 10 cm de diámetro de media, que son taladas con hacha. Asimismo, la presencia de alteraciones relacionadas con la reacción de la madera nos indica que la materia prima se obtiene de masas forestales que se sitúan en vertiente.

La presencia del sauce y otras especies arbustivas, como el enebro o las ericáceas identificadas en algunas carboneras, no está relacionada directamente con la obtención de carbón, sino que puede tener otro origen. Pudieron haber sido arrastradas con la leña recogida o pudieron utilizarse para prender fuego a la chimenea, o para cubrir la carbonera para obtener una cocción reductora junto con otras ramas de pequeño calibre de especies arbóreas cercanas y con tierra.





Conclusiones

Desde el Neolítico antiguo hasta la actualidad, en los Pirineos orientales el principal taxón explotado para todo tipo de actividades es el pino tipo negro. Asimismo identificamos otros taxones como el abedul durante el Neolítico en el valle de Perafita u otras especies arbustivas, como las ericáceas o el enebro que pudieron utilizarse como elementos constructivos. Las ramas de menor calibre se utilizarían para la construcción de la techumbre. Una vez el elemento de construcción se altera o deja de ser funcional, la estructura se quema y se abandona. De ahí las estructuras de construcción carbonizadas que se han conservado casi enteras y que muestran un gran número de alteraciones por microorganismos.

Tanto para la alimentación del ganado como para el combustible de los hogares, se utiliza el pino, habitualmente ramas de pequeño calibre, junto con las especies arbustivas disponibles en el entorno. El serbal, el pudio o el *Prunus* sp. son utilizados con otros fines, como el consumo de sus frutos.

En los hornos, independientemente de su funcionalidad, es el pino el árbol que más se utiliza. Lo que varía es la forma de usarlo: como carbón en los hornos de primera transformación y reducción del mineral; madera alterada y caída, para combustible de los hornos de resina, y madera fresca y lisa, para la obtención de resina. En las carboneras, el pino es igualmente la especie más utilizada, pero también se explotan, si se dispone de ellos en el entorno, el abeto o el abedul. Algunos fragmentos de carbón recuperados en carboneras muestran señales de tala con hacha. En las carboneras se seleccionan ramas lisas y, posiblemente, se usan ramas verdes que se utilizan en el momento, sin ningún tipo de almacenaje.

Igualmente, el pino se utiliza para la fabricación de objetos. Seguramente éstos son fabricados durante las estancias de pastores, artesanos y carboneros en alta montaña. Sin embargo, también se transportan a estas altitudes otros objetos de especies diferentes como el boj o el abeto, que serán quemados accidental o intencionadamente, una vez agotado su uso.

Finalmente, cabe señalar que la aplicación de la dendrología y la tafonomía nos ha permitido obtener una abundante información sobre el uso de la madera en un registro dominado casi de manera absoluta por el pino. Su madera, al ser la más abundante en el entorno, se emplea para todas las funcionalidades aplicadas en alta montaña en diversas cronologías, utilizando madera de diferentes características morfológicas y condiciones de salud para cada tipo de actividad. El resto de los taxones disponibles en el entorno se utiliza también, si se dispone de ellos, para actividades más puntuales, como el consumo humano y animal, y la construcción de techumbres o de hogares domésticos.





Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado gracias al apoyo económico y científico del ICAC (Institut Català d'Arqueologia de Catalunya) de Tarragona. Queremos agradecer sinceramente a la Dra. Ethel Allué, a la Dra. Rosa Maria Albert y al Dr. Josep Maria Palet, las correcciones y sugerencias realizadas sobre este artículo.

Short text

Woody vegetation and use of wood in three valleys of Eastern Pyrenees: Charcoal analyses and dendrological and taphonomical analyses

We present the results of charcoal analyses from several structures located in 3 valleys in the Eastern Pyrenees: the Madriu and Perafita Valleys in Andorra and the Vansa Valley (Cadí mountain range, Alt Urgell).

This work is part of a multidisciplinary project on High Mountain Landscape Archaeology (Palet *et al.*, 2006, 2007) featuring numerous structures from an extensive area of study. The main purpose of this project is to describe the relationship between human populations and the configuration of high mountain landscapes. To date, few charcoal analyses have been included in this type of projects, although some studies have been published, such as Bonhôte (1995), Izard (1995), Davasse and Gallop (1989) and Davasse *et al.* (1997) for the Eastern Pyrenees, and Durand (2003) and Durand and Py (2004) for the Southern Alps.

The samples corresponded to 80 structures from 28 sites located at altitudes of between 1500 and 2500 metres. They were dry stone shepherding structures dating from between prehistoric times and the modern age, modern circular structures related to pastoral activities, first mineral transformation kilns from Roman times, a mineral reduction oven from late Ancient

times, Roman and Late Roman resin ovens and charcoal kilns from Late Mediaeval and modern times (table 1).

The sediment and charcoal collection was adapted to the typology of the structures. Four litters of sediment were collected from the levels with dispersed charcoal from the shepherding structures, and the whole sediment was collected from the charcoal concentrations, such as post holes or domestic fireplaces. The rest of the sediment was sifted during excavation. In the case of ovens, four litters of sediment were collected from each stratigraphical unit. For charcoal kilns, several test-pits of 0.5 m² were carried out and four litters of sediment were gathered every 10 cm excavated. The sediment was floated with a 0.5 mm sieve and the rest of the sediment was water-sifted with a column of 4 and 2 mm sieves. In case of the charcoal kilns, the sediment was not floated.

The great diversity of sample origins (types of structure, chronologies and material conservation) has allowed observing the dendrological and taphonomic characteristics, as well as taxonomic analysis.

The results of anthracological analyses indicate that mountain pine represents 90% of the





samples observed, with particular presence of other taxa. Thus, we decided to consider the taxa ubiquity in every type of structure in the three valleys studied (table 3).

Pinus uncinata was identified in all the structures analysed except in a charcoal kiln from the Madriu Valley, where only *Abies alba* has been recognized. We also identified *Abies alba* in one of the 'circles' of the Goleró site (Cadí mountain range), in the first mineral transformation ovens and in one of the resin ovens from the Madriu Valley. *Buxus sempervirens* appears in a very similar way to *Abies alba*. At the Goleró site, it was identified in a pastoral structure dating from Roman times, in one of the 'circles' and in one of the ovens. In the Madriu Valley, it was noted in one of the charcoal kilns, and in the Cadí Mountain Range it was recovered from three of them. This taxon was also discovered in one of the resin ovens from the Madriu Valley. *Abies alba* and *Buxus sempervirens* were not identified in the Perafita Valley structures.

Juniperus sp. was identified in the Madriu Valley and the Cadí mountain range but not in the Perafita Valley. *Betula sp.* was discovered in the two Andorran valleys but not in the structures of the Cadí mountain range. This taxon has a greater presence in the charcoal kilns from the Madriu Valley, located near the river Madriu. In the Perafita Valley, *Betula sp.* was identified in the samples recovered from the Neolithic post holes of Orris de la Torbera de Perafita I.

Ericaceae appear in one of the structures from the Pradell site (Cadí mountain range). In the Perafita Valley, these taxa appear in the prehistoric levels related to the pastoral activity. In the Madriu Valley, Ericaceae were noted in two modern pastoral structures and in one of the charcoal kilns. *Salix sp.* appears in all three valleys, but in only one of the structures in each valley. In the Perafita Valley it was recovered from one of the Neolithic levels, in the Cadí mountain range in one of the 'circles' of the Goleró, and in the Madriu Valley in one of the charcoal kilns.

Monocotyledonous plants were recovered from three pastoral structures dating from different times, in the Cadí mountain range and the Madriu Valley. As for Rosaceae, Pomoidea was identified in the first mineral transformation oven from Goleró (Cadí mountain range), and *Prunus sp.* and Pomoidea were discovered in prehistoric levels related to the pastoral activity of the Perafita Valley. *Rhamnus sp.* was identified in one of the Goleró ovens.

The results represent a mosaic vegetation characteristic of the subalpine stage dominated by forests of mountain pine and other tree and shrub species. At this stage, we can distinguish two different types of pine forest, which differ mainly in their shrub strata. On sunny slopes, the shrub stratum consists of boxwood, common bearberry, alpine buckthorn, common juniper and alpine juniper. On shady slopes, the shrub stratum of a pine forest, normally denser, is cranberry and rhododendron and sometimes, at lower altitudes (at the upper limit of the mountainous stage), fir can be seen (Blanco *et al.*, 1998). The fir identified at the Goleró site (Cadí mountain range) probably comes from lower altitudes, since this species was not observed in the areas surrounding this deposit.

In the Perafita Valley, the sunny slope is limited to a narrow band that follows the course of the river Perafita. In the charcoal analyses, no taxa corresponding to juniper were identified, which is common in pine forests on sunny slopes. By contrast, Ericaceae have been found. This means that the main vegetation of this valley consisted, probably, of mountain pines and alpen rose.

At the subalpine stage, near creeks and rivers, we find other species, such as birch or willow, both of which demand a great deal of water. We also find examples of rowan. Birches were identified in the structures of the Madriu Valley and in the Perafita Valley, close to water courses. Nowadays, the birch is located at altitudes between 1,500 and 2,100 meters in these valleys,





carrying out the function of secondary species due to anthropical or natural causes (Carreras *et al.*, 2003).

The results of charcoal analysis of the Neolithic levels in Perafita's pastoral structures show major taxonomic variation, with coastal species as birch, rowan, cherry and willow. The deciduous species on the banks, which nowadays do not rise above altitudes of 2,100 metres, would have reached altitudes up to at least 2,248 metres during the Neolithic Age, due to better climate conditions. According to palynological information ascertained in the Madriu Valley, the birch spreads together with the pine, replacing high-altitude meadows, due to the climate improvement of the Preboreal 11,000 years ago (Miras *et al.*, 2007), and they are located near water courses.

At the mountainous stage, at altitudes below 1,900 metres, the Scots pine begins to dominate over the mountain pine. On shady slopes, this pine is accompanied by firs, while on sunny slopes it is accompanied by junipers and boxwood. The boxwood and the fir identified in the deposits of the Cadí mountain range can reach up to the subalpine stage, though they are typical of the mountainous stage (Blanco *et al.*, 1998; Vigo *et al.*, 2003).

Due to the almost exclusive presence of pine in most of the high mountains of the Pyrenees, human populations use mainly this species for their various activities. In spite of the occasional presence of other taxa in the archaeological record, we were able to observe significant taxonomic variation. The most commonly-used species is the pine. Some characteristics, such as calibre, hardness, flexibility, the fact that they provide smooth wood, etc., are chosen according to the use of the raw material. Other species common in the surroundings are also used for domestic firewood, roofs or animal or human feed (table 6). We made a distinction between the wood used in the pastoral structures, the different types of ovens and the charcoal kilns. This

enabled us to reconstruct this type of activity in high mountain areas, from the Neolithic to the present.

The same construction of the shepherding structures is documented in other areas of the Pyrenees, and the technology used does not change (Rendu, 2003). The structures are built entirely of wood, or, in the case of livestock, the base is sometimes constructed from dry stone. The use of dry stone is more common in Antiquity, due to the fact that high mountains begin to be frequented more regularly in the summer season and the structures need to last longer (Rendu, 2003). The results confirm that, if the structure is constructed with wood in direct contact with the soil, the wood suffers substantial deterioration due to microorganisms. We have recovered large fragments of charcoal belonging to structures that showed more signs of microorganism alterations than other structures. This means that these structures were probably intentionally burned because they had deteriorated. When a structure showed excessive deterioration, it was set on fire. Abundant alterations have been documented in construction elements from other sites (Carrión, 2006). For construction purposes birch and pine are used because they provide smooth wood (Abella, 1998). Juniper and Ericaceae are used for roofing (Euba, 2008).

For cattle feed, the use of pine, juniper and cereal branches has been documented in the Pyrenees (Thiébaud, 2005). Although subalpine pastures would have been sufficient to feed the cattle, those animals affected by disease or during storms would be fed with branches gathered in the surroundings, and cereals (Violant and Simorra, 1986). Humans would have eaten the fruits of species such as rowan or cherry.

Shepherds would make objects in their free time (Violant and Simorra, 1986). We recovered mountain pine container lids in one of the 4th century A.D. pastoral structures from the Pradell site (Cadí mountain range). Domestic fires were





probably made using fallen branches and shrubs from the immediate surroundings.

Activities related to the use of iron were documented in Roman and Ancient times in the Cadí mountain range, and in modern times, indirectly, in charcoal kilns in the Cadí Mountain Range and the Madriu Valley.

First mineral transformation is carried out mainly in Goleró (Cadí mountain range). The fuel used is known to be pine charcoal, because the charcoal recovered in these structures presents an angular, crystalline texture, as it comes from smooth, healthy branches of high calibre with abundant vitrification. The use of coal indicates relatively intense artisan activity. We assume charcoal was made in the surrounding area, although we have not identified any charcoal kiln yet (Euba, 2008). Nevertheless, it has been documented archaeologically and in ancient documents in Antiquity (Dubois, 1988-90; Gutiérrez and Perearnau, 1996; Pèlachs, 2004; Ramos and Riera, 2002).

In the mineral reduction oven, it is possible that coal was used as fuel, although we cannot be completely certain about this. According to palynological information from the Pradell peat bog, located in the surroundings of the reduction oven, mineral reduction would have been a very important activity in Late Antiquity (Ejarque *et al.*, in press).

Both types of oven use mostly pine. The presence of other taxa, such as boxwood, fir, alpine buckthorn or pomoideae, can also be related to their utility.

In the resin ovens we observed two types of raw material for different uses inside the same structure. The fuel used is wood approximately 8-9 cm in diameter, almost certainly gathered from the ground, because the samples show a large number of alterations due to microorgan-

isms and knots, together with obsolete objects. For resin production, smooth green wood with a minimum diameter of 9 cm was used.

In charcoal from charcoal kilns, combustion of wood takes place anaerobically and slowly, as it is shown by the percentage of fragments with vitrification, which is higher in this type of structure. On the other hand, in resin ovens, combustion is more rapid, and the violent ejection of gases and water from the wood causes more fissures in the structure.

In charcoal kilns, pine, birch and fir were used, and were mixed *in situ*. The same species were also identified in other charcoal kilns from the subalpine stage of other valleys in the Central and Eastern Pyrenees (Pèlachs, 2004; Davasse, 2000).

Charcoal analyses indicate that the percentage corresponding to each one of the species identified in the archaeological record depends on their availability in the immediate surroundings when the charcoal kilns are built. Wood is felled as needed, with no kind of storage. Charcoal is usually felled in summer and does not present alterations due to microorganisms. Smooth, healthy, green branches approximately 10 cm in diameter on average, cut down with an axe, were probably used. The raw material is obtained from sloppy woodlands since many of the fragments proceeding from the charcoal kilns show alterations related to the reaction of the wood.

The presence of willow and other shrubs such as juniper or ericaceae identified in some charcoal kilns is not directly related to coal. Moreover, they may have been dragged together with the collected wood. They could have been used either together with pine twigs to start a fire in the kiln, or to cover the kiln and obtain a reductive atmosphere.





Bibliografía

- ABELLA, I., 1998, *El hombre y la madera*, Integral, Barcelona.
- BLANCO, E., CASADO, M.A., COSTA, M., ESCRIBANO, R., GARCÍA, M., GÉNOVA, M., GÓMEZ, A., GÓMEZ, F., MORENO, J.C., MORLA, C., REGATO, P. y SÁINZ, H., 1998, *Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica*, Planeta, Madrid.
- ALLUÉ, E., 2002, *Dinámica de la vegetación y explotación del combustible leñoso durante el Pleistoceno Superior y el Holoceno del Noreste de la Península Ibérica a partir del análisis antracológico*, Tesis doctoral, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.
- BONHÔTE, J., 1995, Forges à la catalane et charbon de bois: histoire de l'environnement dans les Pyrénées de l'Haute-Ariège, en TOMÀS I MORERA, E., *La farga catalana en el marc de l'arqueologia siderúrgica*, Govern d'Andorra, Ministeri d'Afers Socials i Cultura, Andorra la Vella, 191-195.
- CARRERAS, J., CARRILLO, E., FERRÉ, A. y NINOT, J. M., 2003, *Mapa digital dels Hàbitats d'Andorra (MDHA), escala 1: 25.000*, Centre de Biodiversitat, Institut d'Estudis Andorrans, Andorra.
- CARRIÓN, Y., 2005, *La vegetación mediterránea y atlántica de la Península Ibérica. Nuevas secuencias antracológicas*, Servicio de Investigación Prehistórica, Diputación Provincial de Valencia, Valencia
- CARRIÓN, Y., 2006, Tres Montes (Navarra, Spain): Dendrology and wood uses in an arid environment, en DUFRAISSE, A. (ed.), *Charcoal Analysis: New Analytical Tools and Methods for Archaeology*, Papers from the Table-Ronde held in Basel 2004, BAR International Series 1483, 83-93.
- CHABAL, L., 1997, *Forêts et sociétés en Languedoc (Néolithique final, Antiquité tardive). L'antracologie, méthode et paléoécologie*, Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme, Documents d'Archéologie Française 63, Paris.
- DAVASSE, B., 2000, *Forêts, 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, Tolosa.
- DAVASSE, B. y GALOP, D., 1989, Le charbon de bois et le pollen: éléments pour une approche de l'évolution historique du paysage forestier dans les Pyrénées ariégeoises, *Acta Biológica Montana IX*, 333-340.
- DAVASSE, B., GALOP, D., RENDU, C., 1997, Paysages du Néolithique à nos jours dans les Pyrénées de l'Est d'après l'écologie historique et l'archéologie pastorale, en *La dynamique des paysages protohistoriques, antiques, médiévaux et modernes*, APDCA, Sophia-Antipolis, 577-599.
- DUBOIS, C., 1988-1990, *La forêt charbonnée. Histoire des forêts et impact de la métallurgie dans les Pyrénées ariégeoises au cours des deux derniers millénaires*, Centre National de la Recherche Scientifique, Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'environnement, Histoire de l'Environnement, Université de Toulouse, Tolosa.
- DUFRAISSE, A., 2006, Charcoal anatomy, wood diameter and radial growth, en DUFRAISSE, A. (ed.), *Charcoal Analysis: New Analytical Tools and Methods for Archaeology*, BAR International Series 1483, 47-60.
- DURAND, A., 2003, *Forêts et économie du combustible d'après l'analyse anthracologique en Champsaur médiéval à haute altitude. Essai de synthèse des résultats*, Département d'Histoire de l'Université d'Aix-Marseille I-Laboratoire d'Archéologie Médiévale Méditerranéenne, 109-132.
- DURAND, A. y PY, V., 2004, *Essai d'approche diachronique et synthétique de l'évolution des écosystèmes dans le haut Champsaur et le plateau de Faravel au Moyen Âge (VIII siècle-époque moderne)*, Université de Provence et Laboratoire d'Archéologie Médiévale Méditerranéenne, inédito.
- EJARQUE, A., JULIÀ, R., RIERA, S., PALET, J. M., ORENGO, H. A., MIRAS, Y., GASCÓN, C., en prensa, *Tracing the history of highland management in the Eastern Pre-Pyrenees: an interdisciplinary*





paleoenvironmental study at the Pradell fen, Spain, The Holocene.

EUBA, I., 2008, *Anàlisi antracològic de estructures altimontanes en el valle de la Vansa-Sierra del Cadí (Alt Urgell) y en el valle del Madriu (Andorra): explotació de recursos forestals del Neolític a època moderna*, Tesis doctoral, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.

FIGUEIRAL, I. y CARCAILLET, C., 2005, A review of Late Pleistocene and Holocene biogeography of highland Mediterranean pines (*Pinus* type *sylvestris*) in Portugal, based on wood charcoal, *Quaternary Science Reviews* 24, 2466-2476.

GARCÍA ESTEBAN, L., GUINDEO CASASÚS, A., PERAZA ORAMAS, C., DE PALACIOS DE PALACIOS, P., LÁZARO DURÁN, I. y GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, L., 2002, *Anatomía e identificació de maderas de coníferas a nivel de especie*, Fundación del Valle Salazar- Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

GORCZYNSKI, T. y MOLSKI, B., 1969, Anatomical changes of commonly used wood species from archaeological excavation, *Archaeologia Polona* XI, 147-171.

GREGUSS, P., 1955, *Identification of living gymnosperms on the basis of xylotomy*, Akademiai Kiado, Budapest.

GUERRERO-CAMPO, J., CAMARERO, J. J., GUTIÉRREZ, E., 1998, Crecimiento estacional y caída de acículas en *Pinus sylvestris* y *P. Uncinata*, *Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales* 7 (1 y 2), 155-172.

GUTIÉRREZ I PEREARNAU, C., 1996, *El carboneig. L'exemple del Montseny*, Alta Fulla, Barcelona.

HEINZ, C., 1990, *Dynamique des végétations holocènes en Méditerranée nordoccidentale d'après l'antracoanalyse de sites préhistoriques : méthodologie et paléocologie*, Paléobiologie Continentale XVI, n° 2, Montpellier.

IZARD, V., 1995, Le charbonnage des forêts dans la vallée de la Lentilla. paléo-métallurgique, anthracologie et histoire de l'environnement (Conflent, Pyrénées-Orientales), en TOMÀS I MORERA, E., *La farga catalana en el marc de l'arqueologia siderúrgica*, Govern d'Andorra,

Ministeri d'Afers Socials i Cultura, Andorra la Vella, 177-195.

KIM, N.-H. y HANNA, R. B., 2006, Morphological characteristics of *Quercus variabilis* charcoal prepared at different temperatures, *Wood Science and Technology* 40, 392-401.

MARGUERIE, D. y HUNOT, J. Y., 2007, Charcoal analysis and dendrology: data from archaeological sites in north-western France, *Journal of Archaeological Science* 34 (9), 1417-1433.

MIRAS, Y., EJARQUE, A., RIERA, S., PALET, J. M., ORENGO, H. y EUBA, I., 2007, Dynamique holocène de la végétation et occupation des Pyrénées andorranes depuis le Néolithique ancien, d'après l'analyse pollinique de la tourbière de Bosc dels Estanyons (2180m, Vall del Madriu, Andorre), *Comptes Rendus Palevol* 6 (4), 291-300.

PALET, J. M., RIERA, S., MIRAS, Y., EJARQUE, A. y EUBA, I., 2006, Estudi i revalorització dels paisatges culturals d'alta muntanya: els projectes vall del Madriu (Andorra) i la Vansa - Serra del Cadí (Alt Urgell), *IBIX 2004-05, Actes del IV Col·loqui d'Estudis Transpirinencs* 4, 89-107.

PALET J. M., EJARQUE A., MIRAS Y., RIERA S., EUBA I., ORENGO H., 2007, *Formes d'ocupació d'alta muntanya a la vall de la Vansa (Serra del Cadí-Alt Urgell) i a la vall del Madriu-Perafita-Claror (Andorra): estudi diacrònic de paisatges culturals pirinencs*, Servei d'Arqueologia i Paleontologia, Direcció General del Patrimoni Cultural, Departament de Cultura i Mitjans de Comunicació, Generalitat de Catalunya, Tribuna d'Arqueologia, 2006, Barcelona, 229-253.

PÈLACHS, A., 2004, *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 Vall Ferrera*, tesis doctoral, Departament de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra (Cerdanyola del Vallès).

RAMOS I RIERA, E., 2002, Els oficis perduts dels bosquerols de les Guillerries, *Revista d'Etnologia de Catalunya* 20, 162-173.





- RENDU, C. (coord.), 2003, Dossier Spécial La Montagne. Habitats et systèmes pastoraux d'altitude (Pyrénées, Massif central, Alpes). L'occupation de la haute montagne, premiers acquis et perspectives, *Actes de la table ronde tenue à Lattes, le 30 janvier 2002, Archéologie du Midi Médiéval. Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Rhône-Alpes* 21.
- SCHEEL-YBERT, R., 1998, *Stabilité de l'Écosystème sur le Litoral Sud-Est du Brésil à l'Holocène Supérieur (5500-1400 Ans BP) -Les Pêcheurs- cueilleurs- Chasseurs et le milieu végétal: apport de l'Anthracologie*, Tesis doctoral, Université Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier.
- SCHWEINGRUBER, F.H., 1990, *Anatomie europäischer Hölzer. Ein Atlas zur Bestimmung europäischer Baum-, Strauch- und Zwergstrauchhölzer/ Anatomy of European woods. An Atlas for the identification of European trees, shrubs and dwarf shrubs*, Verlag Paul Haupt, Stutgart.
- SCHWEINGRUBER, F.H., 1996, *Tree Rings and Environment Dendroecology*. Berne, Stuttgart, Vienna, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, WSL/FNP, Birmensdorf.
- SCHWEINGRUBER, F.H., 2007, *Wood Structure and Environment*, Springer, Berlín y Heidelberg.
- TERMITRACT, S.C.P., 2009, <http://www.termitract.com/termitas.htm>
- THÉRY, I., 1993, *Les déformations anatomiques des charbons de bois: Implications archéologiques (Sites des Canalettes et des Usclades, Aveyron)*. D.E.A., Environnement et Archéologie, Université de Paris I, Paris.
- THÉRY-PARISOT, I., 1998, *Economie du combustible et Paléoécologie en contexte glaciaire et périglaciaire, Paléolithique moyen et supérieur du sud de la France. Anthracologie, Expérimentation, Taphonomie*, Tesis doctoral, Environnement et Archéologie, Université de Paris I, Paris.
- THÉRY-PARISOT, I., 2001, *Économie des combustibles au Paléolithique. Expérimentation, taphonomie, anthracologie*, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre d'études Préhistoire, Antiquité, Moyen Âge, Paris.
- THIÉBAULT, S., 2006, Wood-anatomical evidence of pollarding in ring porous species: a study to develop?, en DUFRAISSE, A. (ed.), *Charcoal Analysis: New Analytical Tools and Methods for Archeology, Papers from the Table-Ronde held in Basel 2004*, BAR International Series 1483, 95-102.
- THINON, M., 1992, *L'analyse pédoanthracologique. Aspects méthodologiques et applications*, Tesis doctoral, Faculté des sciences et techniques de Saint-Jérôme, Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille, Marsella.
- VIGO, J., SORIANO, I., AYMERICH, P., CARRILLO, E., FONT, X., MASALLES, R. M. y NINOT, J. M., 2003, *Flora del Parc Natural del Cadí-Moixeró i de les serres veïnes (Prepirineus orientals ibèrics) I*, Institut de Cultura de Barcelona, Ajuntament de Barcelona, Barcelona.
- VIOLANT I SIMORRA, R., 1986., *El Pirineo español. Vida, usos, costumbres, creencias y tradiciones de una cultura milenaria que desaparece*, Alta Fulla, Barcelona.

