

ALTERACIONES BIOLÓGICAS DE LA MADERA: EL ESTUDIO DE LOS MATERIALES CONSTRUCTIVOS DEL YACIMIENTO DE PLETA DE L'ESTALL SERRER (VALLE DEL MADRIU, ANDORRA)

BIOLOGICAL ALTERATIONS OF THE WOOD: THE STUDY OF THE CONSTRUCTIVE MATERIALS OF THE PLETA DE L'ESTALL SERRER SITE (MADRIU VALLEY, ANDORRE)

Itxaso Euba Rementeria (1) / *Ethel Allué Martí* (2) / *Josep Maria Palet Martínez* (3)

(1) *Geolab UMR 6042 CNRS; Institut Català d'Arqueologia Clàssica (ICAC)*

(2) *Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social (IPHES), Universitat Rovira i Virgili*

(3) *Institut Català d'Arqueologia Clàssica (ICAC)*

RESUMEN: *El análisis antracológico, dendrológico y tafonómico de tres estructuras pastoriles de época moderna del yacimiento de Pleta de l'Estall Serrer (valle del Madriu, Andorra) situado a 1.980 m de altitud, nos muestra una presencia casi absoluta del pino tipo negro y la presencia puntual de taxones arbustivos como las ericáceas. Se trata de especies típicas en un bosque subalpino de pino negro. La presencia casi absoluta del pino, nos ha permitido observar diferentes alteraciones de la madera que nos han proporcionado una gran información sobre el uso de la madera, sobre todo las alteraciones por microorganismos. Hemos podido distinguir varios tipos de alteraciones causadas tanto por insectos xilófagos e hifas de hongos. Además, hemos identificado algunos individuos de termitas subterráneas tanto vivas como carbonizadas. Las primeras son termitas que atacan la madera arqueológica durante los procesos postdeposicionales y las termitas carbonizadas seguramente fueron la causa del deterioro de las estructuras y su posterior destrucción a través de su incendio.*

SUMMARY: *Charcoal analysis, taphonomy and dendrology on three modern pastoral structures from Pleta de l'Estall Serrer site (Madriu valley, Andorra) situated at 1980 meters a.s.l., shows us an almost absolute presence of mountain pine and the presence of bush taxa like Ericaceae. These are typical species in a subalpine forest. The almost absolute presence of this pine, has allowed us to observe different alterations of the internal structure of the wood, mainly alterations related to microorganisms. We have been able to distinguish several types of this alterations caused by xylophagous insects and hyphae of fungi. In addition, we have been able to distinguish also some individuals of underground termites, alived and carbonized. The alives ones attack the archaeological wood during the postdepositional processes and the carbonized ones were surely the cause of the deterioration of the pastoral structures and their posterior destruction by fire.*

PALABRAS CLAVE: *Tafonomía, dendrología, alteraciones por microorganismos, estructuras pastoriles, época moderna, piso subalpino.*

KEY WORDS: *Taphonomy, dendrology, microorganism alterations, pastoral structures, modern age, subalpine stage.*

I. INTRODUCCIÓN

La antracología o el estudio de carbones y maderas recuperados en yacimientos arqueológicos se han basado tradicionalmente en la identificación taxonómica. Recientemente, sin embargo, son cada vez más numerosas las observaciones de otro tipo de caracteres de la estructura anatómica a través de la dendrología (el estudio de los anillos de crecimiento) o la tafonomía (el análisis de las diferentes alteraciones de la estructura de la ma-

dera o carbón). Este tipo de observaciones han demostrado claramente que aportan una información muy importante al análisis antracológico.

Uno de los objetivos de este trabajo es conocer el tipo de madera utilizada para diferentes actividades pastoriles tales como la construcción o el uso del combustible. Asimismo, el estudio antracológico nos permite reconstruir la vegetación del entorno del yacimiento estudiado. La observación de las alteraciones desde una perspectiva ta-

fonómica y en este caso una observación más detallada de las alteraciones por microorganismos, no sólo nos revelará el tipo de madera utilizada sino otros aspectos tales como sus condiciones y la causa de la destrucción de las estructuras.

II. EL YACIMIENTO DE PLETA DE L'ESTALL SERRER

Pleta de l'Estall Serrer se encuentra en la cabecera del valle del Madriu (Escaldes-Engordany, Andorra) a unos 2.060 m de altitud, en el área donde confluyen el camino del Madriu (GR 11) y la vía que desciende de la collada de la Maiana al Madriu y que comunica este valle con el de Perafita, situado más al sur. El yacimiento está formado por varias estructuras ganaderas de cronología moderna siendo la dominante un gran cercado o *pleta* (ES 197) reutilizado hasta inicios del siglo pasado. El conjunto revela además trazas de estructuras anteriores relacionadas con un *orri* (conjunto de estructuras relacionado con la producción de queso) y cabañas pastoriles de diferentes épocas. Se trata por lo tanto de un espacio ganadero de larga duración

En este trabajo presentamos tres estructuras modernas fechadas por radiocarbono en el siglo XVIII, en el que hemos documentado un elemento en común: todas ellas presentan niveles de destrucción de la estructura debido a su incendio. Se trata de una *munyidora* o corredor para ordeñar ganado (ES 201) y dos cabañas pastoriles (ES 209 y 211). En dos de las estructuras se recogie-



Fig. 1. Vista general del yacimiento de Pleta de l'Estall Serrer.

ron muestras para su datación por radiocarbono (Tabla 1) (Palet 2008 y 2009)¹.

La vegetación actual que domina el entrono de este yacimiento es una vegetación abierta formada principalmente por pino negro (*Pinus* tipo *uncinata*) acompañado de especies arbustivas como el enebro (*Juniperus* sp.) en zonas de solana y ericáceas como el rododendro (*Rhododendron ferrugineum*), el arándano (*Vaccinium myrtillus*) o la gayuba (*Arctotaphylos uva-ursi*) en umbría. La zona central del yacimiento se compone por una zona más profunda rodeada por la pleta de gran tamaño y que delimita una zona algo más boscosa. En esta zona central podemos observar una vegetación dominada por prado seco, gramíneas y abundante vegetación nitrófila (Figura 1).

Referencia	Yacimiento	ES	UE	Dat. C14 no cal.	Dat. C14 cal. a dos sigma	Cota	Taxón
Poz-28429	Estall Serrer	201	102	195±30 BP	1730+82 d. C.	2059 m.	<i>Pinus</i> tipo <i>uncinata</i>
Poz-28431	Estall Serrer	209	105	165±25 BP	1771+106 d. C.	2066 m.	<i>Pinus</i> tipo <i>uncinata</i>
Poz-28432	Estall Serrer	209	102	120±25 BP	1810+129 d. C.	2066 m.	<i>Pinus</i> tipo <i>uncinata</i>

Tabla 1. Dataciones por ¹⁴C calibradas (Stuiver *et al.* 2005) obtenidas en el laboratorio de radiocarbono de Poznań (Polonia) por Tomasz Goslar (Palet 2009)².

¹ PALET, J.M. 2008: *Memòria preliminar de les intervencions arqueològiques a la vall del Madriu (Andorra). Campanya del 2007*. Patrimoni Cultural, Aixovall, Sant Julià de Lòria, Andorra (documento inédito).

PALET, J.M. 2009: *Memòria preliminar de les intervencions arqueològiques a la vall del Madriu (Andorra). Campanya del 2008*. Patrimoni Cultural, Aixovall, Sant Julià de Lòria, Andorra (documento inédito).

² PALET 2009 (*op cit.*).

III. METODOLOGÍA

Las tres estructuras ganaderas modernas que presentamos en este trabajo fueron sometidos a sondeos de diagnóstico y se recogieron muestras de sedimento y carbón para su análisis antracológico (Palet 2008 y 2009)³. La metodología de recogida de muestras es la misma que se ha utilizado en este tipo de estructuras de alta montaña (Euba 2009). Se recogieron 4 litros de cada unidad estratigráfica y el resto del sedimento de ese nivel fue sometido a tamizado en seco con un tamiz de 2 mm durante la propia excavación. Igualmente se recogieron a mano aquellos carbones que fueran destinados a datación por radiocarbono y aquellos fragmentos de madera carbonizada o no que presentaran algún tipo de morfología antrópica.

El sedimento fue flotado en primer lugar con un tamiz de 1 mm de luz y a continuación, el resto del sedimento fue tamizado con agua pasando por una columna de tamices de 4 y 2 mm de luz. Una vez secas las muestras procesadas, cada fragmento de carbón se realizó la identificación taxonómica y se observaron los caracteres tafonómicos y dendrológicos. Para la identificación taxonómica, se utilizó el soporte de atlas de anatomía de maderas europeas de Schweingruber (1990). El análisis tafonómico se basó en la observación de diversas alteraciones de la madera que pueden producirse en diferentes momentos de la madera.

Aunque podemos observar varios tipos de alteraciones relacionados con diferentes procesos, hemos decidido reagrupar las alteraciones en 4 tipos de procesos que ocurren durante diferentes fases del material antracológico: las alteraciones relacionadas con el crecimiento de la madera, las alteraciones producidas durante los procesos de combustión de la madera, las alteraciones causadas durante los procesos postdeposicionales y las alteraciones causadas por microorganismos (Euba 2009). Estos últimos pueden producirse tanto du-

rante el crecimiento de la madera como durante los procesos postdeposicionales, por lo que se consideran aparte de estos dos tipos de alteraciones. A veces, este tipo de alteraciones pueden confundirse con grietas naturales de la madera o con las fisuras producidas durante la combustión, pero si los observamos a través de un microscópico electrónico de barrido, son claramente identificables, porque muestran un tejido vegetal completamente desordenado en el interior de la perforación (Carrión y Badal 2004).

La presencia y una clasificación más exhaustiva de los hongos e insectos xilófagos en carbones y maderas arqueológicas, ya ha sido documentado en otros trabajos anteriores (Badal 2006, Carrión 2005 y 2006, Carrión y Badal 2004, Goszynski y Molski 1969, Théry-Parisot 1998⁴ y 2001). Su aparición esta relacionada con unas condiciones de temperatura y humedad elevadas. Sin embargo, hay tal grado de variabilidad específica de este tipo de microorganismos, que podemos encontrarlos en un amplio rango de condiciones medioambientales (Carrión y Badal 2004). Los microorganismos xilófagos pueden atacar a la madera muerta o viva, por lo que su presencia o ausencia, al contrario de lo que muchas veces se ha pensado en antracología, no significa que se trate de madera muerta (Dufraisse 2006).

Habitualmente, el ataque de los microorganismos se observa en el leño inicial, ya que suele ser más plástico y débil (Carrión 2005). Debido a esto, este tipo de alteraciones puede causar el colapso de células, pues estas se aplastan al perder resistencia a causa del ataque de los xilófagos (Figura 3e). Asimismo, esta parte del leño presenta un aspecto vitrificado que podría estar relacionado con este hecho (Goszynski y Molski 1969, Théry-Parisot 2001).

En lo que se refiere a los hongos o elementos fúngicos que atacan la madera, otros autores han

³ PALET 2008 y 2009 (*op cit.*).

⁴ THERY-PARISOT, I. 1998: *Economie du combustible et Paléoeologie en contexte glaciaire et périglaciaire, Paléolithique moyen et supérieur du sud de la France. Anthracologie, Experimentation, Taphonomie*. Tesis Doctoral, Environnement et Archéologie, Académie de Paris, Université de Paris I Panthéon-Sorbonne, Paris.

ES 201								
Taxón	UE 201101	UE 201102	UE 201102B	UE 201103	UE 201105	UE 201106	Total	
							Nº frag.	%
<i>Pinus tipo uncinata</i>	36	10	35	66	36	40	223	91,39
Corteza	-	-	5	1	4	3	13	5,32
Conífera indeterminable	3	1	-	1	-	1	6	2,45
Indeterminable	1	-	-	-	-	1	2	0,80
Total	40	11	40	68	40	45	244	100

Tabla 2. Resultados antracológicos de la ES 201.

llevado a cabo una descripción exhaustiva de este tipo de microorganismos sobre carbones y maderas arqueológicas (Blanchette 2000, Carrión y Badal 2004). Estas hifas que atacan la madera muerta, son identificables en el material antracológico (Figura 3a). Las hifas causan un importante adelgazamiento y pérdida de consistencia de la estructura interna de la madera (Carrión y Badal 2004, Carrión 2005). Suelen atacar a partes que no tienen corteza y se desarrollan más rápidamente cuando las temperaturas son más elevadas o cuando existe una humedad ambiental de entre 70 y 90% (Schweingruber 1996).

Los dos tipos de insectos más abundantes que atacan la madera son las comúnmente conocidas carcomas y termitas. De las carcomas, las dos familias más comunes que pueden atacar a las coníferas son las Anobiidae y las Cerambyidae (Cabalrol Bartolomé *et al.* 2005). Las primeras atacan a la madera muerta tanto natural como trabajada, mientras que las segundas atacan a la madera tanto viva como muerta. Las carcomas se parecen al escarabajo. Las termitas en cambio, se parecen a las hormigas y son de color blanco. Existen dos clases de termitas: las termitas de la madera seca (*Katoterms flavicollis*) y las termitas subterráneas (*Reticulitermes lucifugus*) (Ibertrac, S.L. 2007). Las hembras de estos insectos suelen depositar huevos en el interior de la madera. Las larvas pueden hacer galerías en vertical pero obligatoriamente para salir al exterior del tronco y aparearse tienen que hacer una galería transversal. Ambos tipos de galerías se pueden ver en los tres planos anatóni-

cos de la madera (Carrión y Badal 2004). La figura 3f es el camino vertical de una larva, por tanto, antes de su madurez sexual. Cuando vaya a salir, su trayectoria será hacia la corteza, por tanto, trayectoria horizontal. En las galerías que forman suelen dejar restos de deposiciones (Figura 3c) y rellenan los agujeros con serrín (Figura 3f).

IV. RESULTADOS

La cuantificación de los resultados taxonómicos está basada en el número de fragmentos, sin embargo se ha tenido en cuenta la presencia/ausencia de los resultados, de modo que todos los taxones identificados han quedado documentados en los resultados.

ES 201 (*Munydora*)

De los 244 fragmentos analizados, un 91,39% corresponden a *Pinus* tipo *uncinata*, 13 (5,32%) son fragmentos de corteza, 6 fragmentos (2,45%) corresponden a algún tipo de Conífera indeterminable y 2 fragmentos no han podido ser identificados (Tabla 2).

En general las alteraciones que observamos no son muy abundantes. Sin embargo, el 22% que representan es significativo, ya que refleja que en general la madera utilizada no sufrió grandes alteraciones. Las alteraciones relacionadas con el crecimiento de la madera representan un 2,5%. Las alteraciones por microorganismos son algo más

significativas. Con respecto a las alteraciones por combustión hemos identificado un 14%. Tenemos que decir que no todo el material estudiado está completamente carbonizado. Hemos recuperado abundantes fragmentos de madera parcialmente carbonizados. Finalmente, las alteraciones postdeposicionales tampoco presentan valores muy elevados (Tabla 3).

ES 201	
Tipo de alteración	%
Crecimiento de la madera	2,45
Microorganismos	3,27
Combustión	14,34
Postdeposicionales	2,86
Total	22,92

Tabla 3. Porcentaje de las alteraciones observadas en la ES 201.

La mayor parte de los restos de madera carbonizada presentan diámetros de gran calibre. Muchos fragmentos de gran calibre recuperados en esta estructura no son carbón sino maderas parcialmente o nada carbonizadas y posiblemente corresponden a la estructura del cercado. Todos los fragmentos de gran formato, incluida una estaca que se ha recuperado casi entera, corresponden a *Pinus* tipo *uncinata* (Figura 2).

El poste o estaca medio carbonizado localizado en la UE 201102 tiene 70 cm. de longitud por 17 cm. de anchura. De hecho, sólo está carbonizada la parte exterior de la pieza. Este poste presenta trazas de uso de un golpe de hacha y una hendidura que parece haberse utilizado para unir el poste con una cuerda. La parte que debió corresponder a la cuerda muestra una superficie lisa y un poco más brillante que el resto si lo observamos a través de la lupa. La pieza presenta una sección circular. La técnica de construcción de la misma fue la obtención de un tronco de unos 24 cm. de diámetro al que se le arrancaron las pequeñas ramas que le salían por los costados. En concreto, hemos observado tres inicios de ramas. La parte que estaba en contacto con el suelo es madera y muestra alteraciones postdeposicionales.



Fig. 2. Detalle de la estaca i poste recuperado en el interior de la munyidora ES 201.

ES 209 (Cabaña pastoril)

En la ES 209 se han analizado 87 fragmentos en total de los niveles de relleno que se encuentran debajo del nivel de ocupación/abandono y encima del sustrato. De estos, un 80,45% corresponden a *Pinus* tipo *uncinata* y 3 (3,44%) a ericáceas de montaña, correspondiendo 2 de ellas a *Vaccinium myrtillus*. El resto corresponde a 4 fragmentos de corteza, a 2 fragmentos de conífera indeterminable y 4 fragmentos indeterminables (Tabla 4). En esta estructura casi todos los fragmentos corresponden a ramas de gran calibre. Cabe mencionar que algunos fragmentos de la UE 209103, no están quemados del todo.

ES 209					
Taxón	UE 209102	UE 209103	UE 209104	Total	
				Nº frag.	%
<i>Pinus</i> tipo <i>uncinata</i>	32	33	5	70	80,45
<i>Vaccinium myrtillus</i>	-	2	-	2	2,29
Ericácea de montaña	-	-	1	1	1,14
Corteza	3	-	1	4	4,59
Conífera indeterminable	-	1	1	2	2,29
Indeterminable	1	3	-	4	4,58
Total	40	39	8	87	100

Tabla 4. Resultados antracológicos de la ES 209.

En esta estructura se han observado también pocos fragmentos alterados al igual que en la ES 201, un 22% de los fragmentos analizados presentan algún tipo de alteración. Las alteraciones relacionadas con el crecimiento de la madera y el ataque de microorganismos son los menos numerosos. Las alteraciones postdeposicionales son algo más numerosos aunque tampoco alcanzan un 6%. La vitrificación que se relaciona con la combustión es el tipo de alteración más numeroso que se ha observado en esta estructura, siendo identificado en un 9% (Tabla 5).

ES 209	
Tipo de alteración	%
Crecimiento de la madera	3,44
Microorganismos	3,44
Combustión	9,19
Postdeposicionales	5,74
Total	21,81

Tabla 5. Porcentaje de las alteraciones observadas en la ES 209.

ES 211 (Cabaña pastoril)

En esta estructura se ha estudiado un total de 106 fragmentos de los cuales 93 (87,73%) corresponden a *Pinus* tipo *uncinata*, 3 han sido identificados como Conífera indeterminable y otros 3 pertenecen a fragmento de corteza. Asimismo, 7 fragmentos (6,60%) han resultado indeterminables (Tabla 6). En esta estructura, caso todos los fragmentos analizados son pertenecen a ramas de gran calibre.

En esta estructura, las alteraciones son casi 3 veces más numerosas que en las dos estructuras anteriores. Se ha identificado algún tipo de alteración en un 66% de los carbones analizados. Las alteraciones menos numerosas son las relacionadas con el crecimiento de la madera, un 6% en total. Las alteraciones por microorganismos, debidos a la combustión y postdeposicionales aparecen en un porcentaje que oscila entre 17 y 23%, siendo también en este caso las alteraciones relacionadas con la combustión las más numerosas. (Tabla 7).

ES 211					
Taxón	UE 211101	UE 201102	UE 201103	Total	
				Nº frag.	%
<i>Pinus</i> tipo <i>uncinata</i>	39	36	18	93	87,73
Conífera indeterminable	-	1	2	3	2,83
Corteza	1	2	-	3	2,83
Indeterminable	-	1	6	7	6,60
Total	40	40	26	106	100

Tabla 6. Resultados del análisis antracológico de la ES 211.

ES 211	
Tipo de alteración	%
Crecimiento de la madera	5,66
Microorganismos	16,98
Combustión	22,64
Postdeposicionales	20,75
Total	66,03

Tabla 7. Porcentaje de las alteraciones observadas en la ES 211.

De momento, hemos podido observar varias alteraciones relacionadas con los microorganismos: hifas, perforaciones y canales de microorganismos en el interior de la estructura, restos de defecación o huevos de microorganismos, microorganismos carbonizados y colapso de células (Figura 3).

V. DISCUSIÓN

Los resultados antracológicos nos muestran un porcentaje entorno al 80% de *Pinus* tipo *uncinata* (pino negro) en las tres estructuras analizadas. En la ES 209, también se ha identificado la presencia de ericáceas de montaña entre las que encontraríamos *Vaccinium myrtillus* (arándano). El conjunto de los resultados nos indica una vegetación característica del piso subalpino dominada por bosques de pino negro que se ve acompañado por otras especies arbóreas y arbustivas de afinidad boreoalpina (Euba 2009).

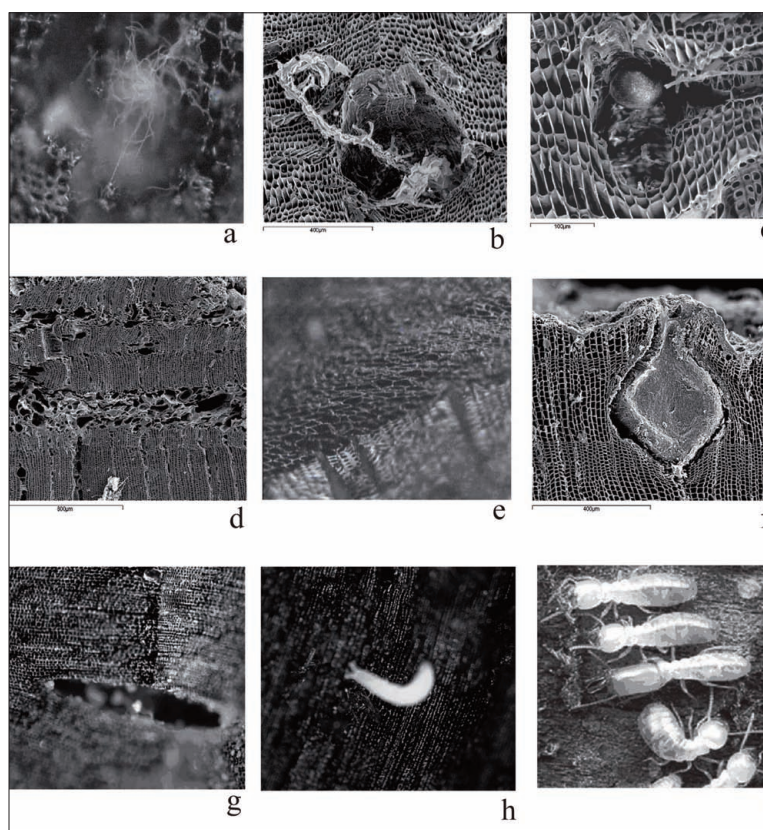


Fig. 3. Diferentes alteraciones por microorganismos observados en el material estudiado: a. Hifa; b. Esqueleto de microorganismo; c. Deposición de un microorganismo; d. Alteración “hoja de libro”; e. Colapso de células; f. Relleno de una galería por parte de un microorganismo; g. Perforación causada por microorganismo; h. Xilófago vivo recuperado en el material arqueológico; i. Imagen con diferentes tipos de termitas que componen una colonia de termitas⁵.

Los resultados antracológicos nos han demostrado que las estructuras ganaderas están construidas básicamente en madera de pino negro, sobre un muro de base construido en piedra seca. En Pleta de l'Estall Serrer, en la *muniyidora* (ES 201) se recuperó un fragmento de estaca de pino y varios fragmentos de gran formato que también debieron corresponder a la estructura de madera del cercado, todos ellos de pino negro. La estaca se cayó debido a un incendio y la parte inferior que no estaba en contacto con el fuego no se carbonizó. Debido a esto, con los años, esta parte se ha desintegrado debido a la acidez del suelo. La parte superior ha podido conservarse porque estuvo en contacto con el fuego y sufrió la carbonización de su parte exterior.

El pino negro es una madera muy buena para la construcción porque proporciona un

tronco liso. Además, las coníferas en general, debido a que tienen más lignina, aguantan más el deterioro de la madera (Carrión y Badal 2004). Los tejidos lignificados resisten al ataque de los microorganismos, impidiendo la penetración de las enzimas destructivas en la pared celular. La madera de comprensión de las coníferas, también aguanta más el ataque de los hongos porque tiene paredes celulares más gruesas con altas concentraciones de lignina (Blanchette 2000). Sin embargo, en las construcciones al aire libre y en condiciones de alta humedad, como es el caso de las estructuras pastoriles de Estall Serrer, los microorganismos que se encuentran en la tierra ocupan de manera rápida la madera de las mismas. Esta gran invasión de microorganismos se ha documentado en otras estructuras de construcción de madera de intemperie en otros yacimientos (Carrión y Badal 2004; Carrión 2006).

⁵ Imagen obtenida en noloseytu.blogspot.com.

En los niveles de derrumbe de las cabañas ES 209 y ES 211, se han recuperado básicamente fragmentos de pino de gran formato y en la ES 209, a parte de pino, se han identificado ericáceas. No hemos identificado ningún fragmento correspondiente a enebro. Este taxón no es adecuado para la construcción, pues es un arbusto que además no presenta suficiente madera para los elementos constructivos y su madera no es lisa. Las pequeñas ramas que se obtienen de estos arbustos y de ramas de pequeño calibre de pino recuperados en estas estructuras, puede que estén relacionados con la estructura de cubierta. Sin embargo, también podrían proceder del encendido o avivado de un posible fuego doméstico de estos niveles, que haya quedado totalmente cubierto e irreconocible debido al incendio y posterior destrucción de la estructura. Por lo tanto, para la combustión de hogares domésticos, para la alimentación del ganado o su lecho, se utilizaría la madera de ramas de pequeño calibre de pino, pero también de otras especies arbustivas como las ericáceas.

En las ES 201 y 209 se han observado alteraciones de la estructura de la madera en el 20% del registro total observado, mientras que en la ES 211 se han identificado en un 66,03%. Las alteraciones relacionadas con el crecimiento de la madera son las menos significativas y posiblemente esto se debe al uso de una madera de buena calidad, lisa y verde para la construcción de las estructuras. Las alteraciones postdeposicionales son algo más frecuentes que las anteriores y en el caso de la ES 211 alcanzan un 20%. El mayor porcentaje de las alteraciones son las relacionadas con la combustión. Autores como Scheel-Ybert (1998)⁶ han relacionado la aparición de alteraciones como fisuras y vitrificaciones cuando se produce una combustión de altas temperaturas de madera verde o húmeda. Este incendio pudo ser de origen accidental, aunque el hecho de que se documente en las tres estructuras que posiblemente estuvieron relacionadas, nos hace pensar que fue una acción intencionada. En cuanto a las alteraciones por

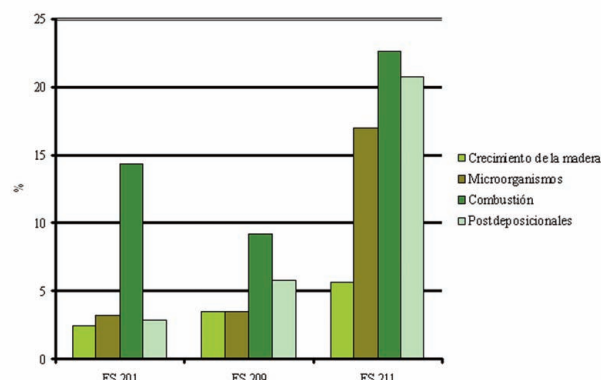


Fig. 4. Alteraciones observadas en las tres estructuras pastoriles modernas (ES 201, 209 y 211) estudiadas.

microorganismos, en las ES 201 y 209 representan un 3,5% y en la ES 211, un 17% (Figura 4).

Los microorganismos que hemos identificado tienen, por un lado, un origen postdeposicional porque en algunos casos hemos observado microorganismos vivos que atacan la madera que aún se conserva en las estructuras arqueológicas. Se trata con claridad de termitas subterráneas (Figura 3h y 3b). La termita más común de la Península Ibérica que ataca los elementos constructivos no móviles (Figura 3i) es la termita subterránea *Reticulitermes lucifugus* (Ibertrac, S.L. 2007). Este insecto ataca maderas con una humedad superior al 22% y de entre un 95 y 100% en el ambiente. Dentro de la madera abre galerías paralelas a la dirección de las fibras dejando entre las galerías verdaderas tiras de madera sin degradar, con lo que adquiere un aspecto característico llamado "hoja de libro" (Figura 3d). Las termitas pueden llegar a habitar en la madera unos 50 años si ésta no se trata.

Por otro lado, también hemos identificado este mismo tipo de microorganismos carbonizados y algunas alteraciones que posiblemente están relacionados con el ataque de la madera antes de que las estructuras sufrieran un incendio. Asi-

⁶ 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.

mismo, hemos observado fisuras relacionadas con la salida de los xilófagos una vez terminado su ciclo larvario. Tanto las termitas como las carcomas, suelen cubrir estas perforaciones con excrementos o con serrín de la propia madera (Figura 3f). Este tipo de deposiciones también han sido documentados en otros elementos de construcción de cronologías modernas y contemporáneas (Badal 2006, Carrión y Badal 2004).

En el material analizado, la presencia de señales de ataques de xilófagos es 3 veces mayor al de las hifas. La razón de que hayamos identificado menos hifas, no significa sin embargo que haya menos que insectos xilófagos. Esto puede deberse a que el análisis de los carbones se haya realizado con un microscopio de luz reflejada de 500 aumentos como máximo y los micelios de las hifas hayan pasado desapercibidos debido a su tamaño microscópico. Las alteraciones causadas por insectos, sin embargo, suelen ser claramente visibles a través de un microscopio de este tipo (Carrión y Badal 2004). La presencia de los microorganismos en las 3 estructuras puede ser la razón por la que éstas fueron quemadas. Además, el ataque de insectos xilófagos daría lugar a abundantes agujeros y galerías en el interior de la madera que facilitarían el acceso y la instalación de hongos y bacterias (Blanchette 2000). Posiblemente, la madera presentaba un aspecto degradado que dio lugar a la destrucción mediante el incendio de las estructuras antes de su abandono que, como ya hemos dicho, sería intencional. A pesar de que no hayamos identificado un gran porcentaje de este tipo de alteraciones en el material estudiado, el hecho de que hayamos documentado la presencia de termitas en el material indica que las estructuras se verían gravemente dañadas, pues este tipo de insectos suelen formar colonias muy numerosas y se reproducen muy rápidamente dañando gravemente la estructura interna de la madera. Además se reproducen cuando no hay presencia antrópica en el entorno, pues

huyen de la luz, las vibraciones y el sonido (Ibertrac, S.L. 2007). Por lo tanto, estos microorganismos ocupan el interior de las estructuras durante la ausencia de los pastores en alta montaña.

VI. CONCLUSIONES

El estudio de las alteraciones de la estructura anatómica del material estudiado nos ha proporcionado una gran cantidad de información suplementaria a la obtenida a través de la identificación taxonómica. A partir de la identificación taxonómica hemos comprobado como las estructuras pastoriles de época moderna se construían con pino negro. Las alteraciones identificadas y los formatos de madera utilizados nos permiten sugerir que se trataría de maderas lisas y verdes. Sin embargo, las condiciones de alta humedad y temperaturas más cálidas del verano y la primavera atraerían a las termitas subterráneas que destrozarían la estructura interna de las cabañas, cercados y *muniyidoras* de este yacimiento. Los pastores por lo tanto, al ver dañadas y débiles sus estructuras por microorganismos, quemarían las estructuras alteradas y abandonarían el lugar.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado gracias al soporte económico y científico del ICAC (Institut Català d'Arqueologia de Catalunya) de Tarragona, del Govern d'Andorra y de la Generalitat de Catalunya (AGAUR programa EXCAVA). El estudio forma parte de un proyecto interdisciplinar más amplio coordinado por el Dr. Josep Maria Palet y el Dr. Santiago Riera titulado *Ocupació del sòl i formes del paisatge de muntanya als Pirineus orientals de l'Antiguitat a l'època medieval: la vall del Madriu-Perafita-Claror (Andorra)*, realizado entre 2004 y 2010. Gracias igualmente a la Dra. Ernestina Badal de la Universitat de Valencia por las correcciones efectuadas sobre el texto.

BIBLIOGRAFÍA

- BADAL, E. 2006: "Nuevas aplicaciones de la antracología o de la identificación botánica del carbón y la madera". *Actas del VI Congreso Ibérico de Arqueometría. Avances en Arqueometría (Girona 2005)*: 37-44.
- BLANCHETTE R.A. 2000: "A review of microbial deterioration found in archaeological wood from different environments". *International Biodeterioration & Biodegradation* 46 (3): 189-204.
- CABALLOL BAROLOMÉ, D.; PÉREZ MORENO, I.; MARCO MAN-CEBÓN, V. 2005: "La carcoma de la madera de construcción". *Revista Terralia* 47.
- <http://www.terralia.com/index.php?revista=47&articulo=331>
- CARRIÓN, Y. y BADAL, E. 2004: "La presencia de hongos e insectos xilófagos en el carbón arqueológico. Propuestas de interpretación". *Actas del V Congreso Ibérico de Arqueometría. Avances en Arqueometría (Cádiz 2003)*: 98-106.
- 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 A. Dufraisse (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.
- DUFRAISSE, A. 2006: "Charcoal anatomy, wood diameter and radial growth". En A. Dufraisse (ed.): *Charcoal Analysis: New Analytical Tools and Methods for Archaeology, Papers from the Table-Ronde held in Basel 2004*. BAR International Series 1483: 47-60.
- EUBA, I. 2009: *Análisis antracológico de estructuras altimontanas en el valle de la Vansa-Sierra del Cadí (Alt Urgell) y en el valle del Madriu (Andorra): explotación de recursos forestales del Neolítico a época moderna*. Serie Documenta 9. ICAC. Tarragona.
- IBERTRAC, S.L. 2007: <http://www.termitract.com/termittas.htm>
- SCHWEINGURBER, 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, Stuttgart.
- SCHWEINGRUBER, F.H. 1996: *Tree Rings and Environment Dendroecology*. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Viena. WSL/FNP, Birmensdorf.
- THERY-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.