

Los carbones y las maderas de contextos arqueológicos y el paleoambiente

R. Piqué i Huerta

Departamento de Prehistòria, Universitat Autònoma de Barcelona. 08193 Bellaterra

La madera, sobre todo carbonizada, se encuentra frecuentemente en los yacimientos arqueológicos. Generalmente estos restos de leñosas se acumulan en los niveles arqueológicos debido a la actividad humana. No obstante, su consumo está condicionado por la oferta de recursos del entorno. Por ello aportan datos sobre la composición de la vegetación y las transformaciones del paisaje a lo largo del tiempo. Para una buena comprensión del significado de los datos obtenidos a partir del estudio de los carbones se revela imprescindible evaluar el proceso de formación de los conjuntos, especialmente los factores relativos a las variables económicas y sociales que han determinado la explotación de los recursos leñosos.

Wood, specially carbonized, is common in the archaeological sites. Wood remains are accumulated in the archaeological levels as a result of human activity. Nevertheless, their consumption is conditioned by the offer of resources in the surroundings. For this reason they provide data about the vegetal landscape and their transformation throughout the time. In order to obtain a good understanding of data obtained from the charcoal analysis it is necessary to evaluate the formation processes of charcoal assemblages, between them those related to social and economic factors.

El bosque ha proporcionado a las sociedades humanas todo tipo de materias naturales. Sin duda la manera en que estas materias naturales se han aprovechado ha dependido de diversos factores, entre ellos las necesidades sociales, el conocimiento de las propiedades y ciclo vegetativo de las plantas o la capacidad tecnológica para llevar a cabo su extracción y transformación en producto apto para el consumo. Alimentos, medicinas, materia prima para la construcción y la fabricación de instrumentos, leña o alimento para el ganado han sido algunos de los productos obtenidos por la población en diversos momentos históricos. No hay que olvidar, no obstante, que la oferta de materias naturales vegetales ha variado a lo largo del tiempo. Así, las fluctuaciones climáticas y, a partir sobre todo de la aparición de la agricultura, la presión antrópica sobre el entorno, han conllevado cambios en la cobertura vegetal y, por lo tanto, en la oferta de recursos vegetales. Estos cambios en la cobertura vegetal quedan registrados en los contextos arqueológicos, aunque, como veremos, no siempre es fácil interpretar sus causas.

El conocimiento sobre el aprovechamiento del bosque entre las sociedades prehistóricas se ve limitado por las características de los productos obtenidos en él. Así, la materia orgánica muy pocas veces se conserva en los contextos arqueológicos, siendo su conservación resultado de procesos físico químicos o de fenómenos que no se producen más que de manera muy excepcional. La conservación de la materia orgánica, y entre ella la madera, se produce, por ejemplo, en contextos saturados de agua y con poca oxigenación, en los que la actividad bacteriana es muy baja o nula (**Fig. 1**). Éste sería el caso, por ejemplo, del yacimiento neolítico de la Draga en Banyoles (Girona), donde el nivel freático del lago ha permitido la conservación de artefactos de madera y elementos constructivos, además de otras plantas que crecían en el entorno o que fueron aportadas por los pobladores de ese asentamiento (Bosch *et al.*, 2000). Este tipo de yacimiento es común en ciertas latitudes. Son especialmente famosos los palafitos del centro de Europa, pero en la Península Ibérica constituyen más la excepción que la norma. Tampoco en la Península son habituales las turberas, otro de los contextos habituales donde se producen las condiciones favorables para la conservación de materia orgánica. No obstante, no es extraña la aparición de restos vegetales en niveles freáticos próximos a ríos, lagos o litorales marinos, ya sea como resultado de procesos antrópicos o no antrópicos. A modo de ejemplo podemos citar los restos botánicos localizados durante la ampliación del puerto de Irún (Peña-Chocarro y Zapata, 1996), o los contenidos en los pozos romanos de Iesso en Guissona (Lleida) (Buxó *et al.*, 2004). En todos estos contextos es habitual la mezcla de restos vegetales de distintas procedencias, algunas, como hemos señalado, relacionadas con actividades antrópicas, mientras que otras se acumularon por procesos naturales.



Figura 1. Fragmento de madera procedente del poblado neolítico de la Draga (Banyoles, Girona).

Otros contextos donde se puede conservar la madera son los ambientes muy secos, como los desérticos, ambientes donde la congelación es constante, como los glaciares o ciertas latitudes donde el suelo está permanentemente congelado. En ambos casos se trata de condiciones climáticas extremas, poco habituales en la península. Los restos de Ötzi, localizados en un glaciar de los Alpes austríacos, son un buen ejemplo. Al lado del cuerpo se localizaron un arco con sus flechas e instrumentos de madera, además de plantas utilizadas para diferentes fines (Bortenschlager y Oeggl, 2000.). También el contacto con ciertos elementos químicos inhibe la actividad bacteriana y favorece la conservación de la madera, así el contacto con ciertos metales ha permitido la conservación de restos de mangos adheridos a herramientas. Todos estos casos constituyen más bien la excepción, y son casos puntuales que generalmente no permiten, salvo algunas excepciones, obtener un buen conocimiento de las características de los paisajes en los que se obtuvieron las materias primas.

Los restos vegetales más habituales en contextos arqueológicos son aquellos que han sufrido un proceso de carbonización. El acto de consumir leña para obtener la luz y el calor necesarios para el desenvolvimiento de la vida ha permitido que pervivan, en casi todo tipo de contextos arqueológicos, restos de madera carbonizada. El uso del fuego se documenta en yacimientos arqueológicos pleistocénicos, muchas veces asociado a estructuras de combustión, aunque no está muy claro a partir de qué momento se puede hablar de su dominio y gestión. No obstante, a partir del momento en que el uso del fuego se generaliza, es habitual la presencia de madera carbonizada en los yacimientos arqueológicos. La ubicuidad de estos restos y su abundancia hace de ellos una evidencia única sobre las características de los paisajes en los momentos de ocupación de los yacimientos.

Las maderas, carbonizadas o no, constituyen por lo tanto una fuente de información única para el conocimiento de los paleoambientes pasados. Por un lado aportan datos sobre los componentes del paisaje, concretamente sobre el componente arbóreo y arbustivo. Por otro lado permite inferir, a partir de principios uniformitaristas, aspectos climáticos. Veremos, a continuación, los inconvenientes y las ventajas del estudio de maderas y carbones de contextos arqueológicos como disciplina paleoecológica.

Métodos y técnicas para el estudio de las maderas de contextos arqueológicos

El estudio de las maderas y de los carbones se ha enfocado generalmente desde diferentes perspectivas. El estudio de la madera ha sido abordado desde la dendroclimatología y otras disciplinas afines como la dendroclimatología (Schweingruber, 1996). En arqueología este enfoque ha tenido por objetivo el fechado de los yacimientos a partir de la datación cruzada, aunque también se ha revelado como fundamental para el conocimiento de las fluctuaciones climáticas a gran escala a partir de las correlaciones de series de anillos de diferentes partes del planeta. En efecto, las características ambientales en que se produce el crecimiento del árbol quedan registradas en el grosor de los anillos anuales, aunque también influyen las circunstancias particulares de la vida del individuo. Cuando se cuenta con muestras lo suficientemente abundantes, la dendroclimatología puede ofrecer datos muy valiosos sobre las fluctuaciones del clima y, por lo tanto, del paisaje. La aplicación de la dendrocronología, y sus disciplinas afines, se ha visto limitada en la Península Ibérica por la baja conservación de la madera, siendo los ya citados yacimientos de la Draga en Banyoles y el puerto romano de Tadeo Murgia en Irún algunos de los pocos ejemplos donde se ha llevado a cabo una aplicación de este método.

El estudio de la madera carbonizada ha seguido otros enfoques, en parte debido a las características del objeto de estudio. Generalmente los carbones se encuentran muy fragmentados, siendo prácticamente imposible identificar la parte del árbol de la que procede e incluso la pertenencia a un mismo individuo. Además, en general, en ellos sólo se conservan pocos anillos de crecimiento, lo que impide la aplicación de la dendrocronología. El estudio de la madera carbonizada se ha orientado más a la clasificación taxonómica de los restos, con el objetivo de reconocer los taxones presentes en un conjunto arqueológico y los cambios a lo largo del tiempo. Esta disciplina es conocida con el nombre de antracología.

La clasificación taxonómica de la madera carbonizada sigue el mismo principio que el de la madera no carbonizada, parte de la observación de las características anatómicas y de la comparación con material de referencia actual. La carbonización altera algunas de las características que se utilizan para la determinación de la madera fresca, como son el olor, el color, la densidad o el peso. No obstante, la estructura anatómica de la madera no se destruye, sólo sufre algunas alteraciones que no impiden el reconocimiento de los caracteres anatómicos más significativos. Entre los cambios más importantes, tenemos los relativos al tamaño de los elementos anatómicos. Durante la combustión se produce la deshidratación de la madera y por lo tanto un encogimiento, que tiene como consecuencia una fragmentación importante del carbón. También la combustión puede producir grietas y deformaciones de algunos rasgos que en algunas ocasiones pueden impedir la determinación de la especie. Por otra parte, hay que tener en cuenta que la determinación de la especie a partir de la estructura anatómica del carbón parte de un número de rasgos menor que en el caso de la madera fresca, y en general se lleva a cabo sobre fragmentos muy pequeños, ello comporta que muchas veces sólo se pueda llegar a clasificar los restos a un nivel de género o familia.

Para estudiar las características anatómicas de la madera es necesario preparar previamente las muestras. Este proceso es diferente según se trate de madera carbonizada, deshidratada o saturada de agua. En todos los casos se busca obtener una superficie observable de cada uno de los planos anatómicos de la madera: el transversal, el longitudinal radial y el longitudinal tangencial (**Fig. 2 y 3**). Para el caso de la madera saturada de agua es necesario extraer una lámina delgada de cada uno de estos planos, debido a la consistencia de este tipo de madera las láminas se pueden obtener con una cuchilla de afeitar, intentando que el proceso sea lo menos destructivo posible en el caso que la muestra se extraiga de un artefacto. En las maderas secas es necesario hidratarlas previamente para la extracción de las muestras. La madera carbonizada se presta mal para la obtención de láminas delgadas debido a su fragilidad. Por ello, generalmente, las muestras de carbón se obtienen mediante fractura manual; en este caso, lo que se obtiene es un bloque con superficies limpias recién fracturadas orientadas según los diferentes planos anatómicos. Para la observación de las características anatómicas se requiere la utilización de un microscopio o lupa, según el tipo de muestras. Las láminas delgadas se observan con luz transmitida, mientras que para la observación de la superficie del carbón es necesario un equipo con sistema de iluminación reflejada. El plano transversal se puede observar con bajos aumentos (40x), mientras que los planos longitudinales requieren de mayor magnificación (de 100x a 400x), por lo que es necesaria la utilización de un microscopio.

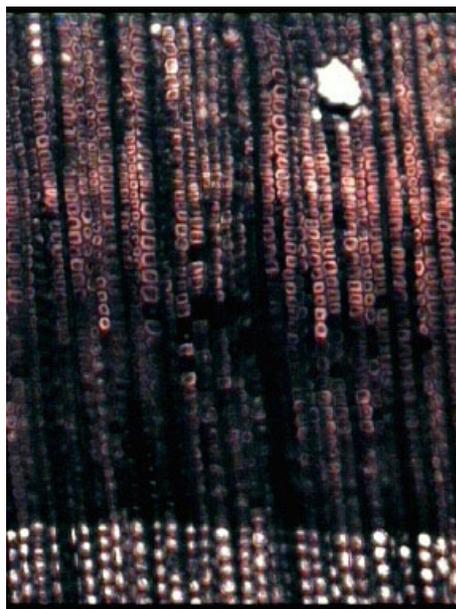


Figura 2. Plano transversal de *Pinus* tipo *sylvestris-nigra*. Fotografía sobre lámina delgada extraída de un fragmento de madera procedente del pozo romano de Iesso (Guissona).



Figura 3. Plano radial de *Pinus tipo sylvestris-nigra*. Fotografía sobre lámina delgada extraída de un fragmento de madera procedente del pozo romano de Iesso (Guissona).

La determinación del género o especie a la que pertenecen los restos se efectúa por comparación con muestras de referencia actuales. Para ello, se confeccionan colecciones de referencia de material fresco y carbonizado, a ser posible con diversos individuos de cada especie de manera que esté representada la variabilidad en el seno de las diferentes especies. También se utilizan los atlas de anatomía de la madera que para el caso de Europa son bastante exhaustivos y completos. Entre las diversas publicaciones especializadas destacan las de Schweingruber (1978, 1990), recientemente también asequible en formato *online* (Schoch, *et al.*, 2004).

Las principales limitaciones para la clasificación de los restos son los derivados del tamaño de las muestras. A menor superficie, menor es también la cantidad de rasgos observables y mayor el nivel de incertidumbre. Los fragmentos a partir de 0,3 cm³ ofrecen un tamaño adecuado para el estudio, aunque en casos en que la muestra es escasa se pueden también estudiar fragmentos más pequeños.

Antracología y paleoambiente

Todos los restos de madera procedentes de contextos arqueológicos pueden aportar datos paleoambientales; aunque, debido a los procesos de degradación que afectan a la materia orgánica, las maderas carbonizadas son las que constituyen el grueso de restos recuperados en este tipo de contexto. Por ello a continuación se valora la idoneidad y significado de los datos obtenidos a partir del estudio de los carbones. El análisis de los carbones procedentes de un conjunto arqueológico permite obtener un listado florístico y unas frecuencias de aparición de los taxones en los contextos estudiados. La cuestión principal es establecer el significado de estos conjuntos, tanto desde una perspectiva paleoecológica como paleoeconómica. Cabe señalar que los carbones se acumulan en los niveles arqueológicos como resultado, principalmente, de las actividades humanas; es decir, no se acumulan en función de variables ambientales, como sería el caso, por ejemplo, del polen u otros registros paleoecológicos. Por ello, para entender el significado de los resultados hay que analizar el proceso de formación de estos contextos.

Los carbones se acumulan como resultado de diferentes procesos de trabajo, entre ellos la recolección del combustible es sin duda el que más influye en la composición florística del conjunto. Diversos autores han argumentado a favor de la existencia de una ley del mínimo esfuerzo que regiría la recolección del combustible vegetal (Vernet, 1973; Chabal, 1992), de manera que la leña recolectada supondría un muestreo de la vegetación, y por lo tanto los carbones serían una función de estos paisajes. Así, los conjuntos antracológicos no sólo reflejarían las especies presentes en el entorno, si no que también reflejarían la importancia que estas tuvieron en el paisaje; es decir las frecuencias de aparición serían resultado de la biomasa existente en el momento de la ocupación. A favor de esta hipótesis se ha argumentado la riqueza específica de los conjuntos, y la coherencia ecológica de los mismos en función de criterios ecológicos actuales. Desde esta perspectiva, las transformaciones en el paisaje se reflejarían en las fluctuaciones de los taxones en los conjuntos de carbones.

La hipótesis paleoecológica ha sido contrastada por diferentes autores. A partir de estudios etnográficos se puede constatar que prácticamente todos los grupos humanos seleccionan los combustibles en función de factores tales como las propiedades de las maderas, la disponibilidad o normas culturales (Smart y Hoffman, 1988; Ford, 1979; Shackleton y Prins, 1992). Por otra parte, la manera como se organiza la recolección del combustible ha variado a lo largo de la historia: desde una recolección oportunista, en algunos momentos, a una recolección especializada que ha podido comportar la aparición de sectores de la población especializados, como los leñadores y carboneros. Por ello cabe señalar que no todas las diferencias o cambios detectados en los conjuntos antracológicos de los contextos arqueológicos son resultado exclusivo de cambios en las condiciones paleoambientales. En este sentido hay que valorar el marco social para comprender las causas de la variabilidad del registro antracológico. Por ejemplo, el carácter temporal o permanente de la ocupación de la cual proceden los carbones, las capacidades tecnológicas, las actividades desarrolladas (uso doméstico o artesano) pueden ayudar a una mejor comprensión de las características del conjunto (Piqué, 1999).

También se ha constatado la dificultad de cuantificar los restos e interpretar el significado, hasta el punto de que algunos autores consideran que los carbones no se prestan a un análisis cuantitativo (Willcox, 1974). La fragmentación de los carbones es un proceso poco controlado, en el que intervienen desde las propiedades de la propia especie, a las condiciones en que se lleva a cabo la combustión, sin olvidar los procesos postdeposicionales, de manera que es imposible correlacionar el número de restos con el número de individuos o biomasa quemada. Algunos autores han argumentado que el peso de los restos sería una mejor manera de acercarnos al volumen de madera utilizado (Krauss-Marguet, 1981). No obstante, se ha demostrado que existe una correlación positiva entre ambas variables, peso y número de restos, y que generalmente la primera está en función de la segunda (Piqué, 1999), por lo que ambas maneras de cuantificar los restos ofrecen resultados similares en lo que se refiere a la importancia de los taxones. La cuantificación de los restos permite establecer diferencias en las frecuencias en que aparecen los taxones en los contextos arqueológicos, fenómeno que puede ayudar a establecer jerarquías entre taxones y a caracterizar patrones en el aprovechamiento del combustible vegetal. Una alternativa a la cuantificación de los restos la ofrece el análisis de la ubicuidad, que parte de la presencia o ausencia de los restos en estructuras diferenciadas en una misma fase de ocupación, y que permite valorar la recurrencia en el uso de los diferentes taxones. Sea cual sea el método de cuantificación empleado, hay que recordar que la cantidad de restos de carbón puede estar relacionada con la frecuencia de uso, pero difícilmente puede relacionarse con la biomasa existente.

Por último, se ha señalado la dificultad de reconocer en los conjuntos antracológicos comunidades vegetales (Harris y Thomas, 1991; Behre y Jacomet, 1991), ya que es imposible discriminar si el responsable de la composición taxonómica es exclusivamente ambiental o antrópico. La gente, al recolectar el combustible puede aportar especies de diferentes procedencias, de manera que sea imposible discriminar si dos especies aparecen juntas porque coexistían en el mismo espacio o porque fueron utilizadas a la vez. A ello hay que añadir las dificultades de inferir la biomasa a partir de los residuos o la imposibilidad, en algunos casos, de determinar los restos a nivel de especie, criterios básicos para el reconocimiento de las comunidades vegetales. Aunque no podamos reconocer comunidades vegetales o la estructura del paisaje en el momento de una ocupación particular, sí podemos observar recurrencias y correlaciones respecto a otros yacimientos, tanto más significativas cuanto mayor es la escala con la que trabajamos, es decir cuanto mayor es el conocimiento que tenemos a nivel regional y cronológico.

A estos problemas interpretativos hay que añadir los relativos a la recuperación de los restos en los contextos arqueológicos. Se ha demostrado que el muestreo puede repercutir en la calidad de los datos (Piqué y Barceló, 2002; Jones, 1991; Badal; 1990). Por ejemplo la cantidad de restos analizados pueden repercutir en la riqueza específica del conjunto, en general a más restos analizados mayor diversidad, excepto en los casos donde ha habido una selección del combustible. Por ello, cuanto mayor número de restos y mayor diversidad de contextos para un mismo nivel arqueológico, mayor es la fiabilidad de los resultados. Algunas autoras han establecido un número mínimo de restos a analizar por nivel arqueológico para considerar la muestra representativa, aunque para cada caso se revela necesario establecer criterios estadísticos que permitan valorar la fiabilidad de los resultados.

Aportaciones de la antracología al conocimiento de los paleopaisajes

Pese a las limitaciones señaladas, se puede considerar que el estudio de los carbones arqueológicos permite una lectura paleoambiental. Aunque no podamos inferir la importancia de los taxones en el entorno, sí que podemos observar recurrencias que pueden ser explicadas a partir de variables paleoambientales. Disponibilidad y accesibilidad fueron algunos de los factores que pudieron influenciar en la recolección del combustible vegetal. Así, los taxones presentes en los conjuntos antracológicos son aquellos que estaban al alcance de la población. El análisis de los procesos de formación de los yacimientos arqueológicos, entre ellos los relativos al carácter socioeconómico de los asentamientos, se revela imprescindible para comprender las causas de la variabilidad de los conjuntos antracológicos y entre ellas las ambientales. A modo de ejemplo podemos citar algunos casos que revelan la idoneidad del método para la obtención de datos paleoambientales. El estudio de carbones procedentes de diversos yacimientos del NE peninsular ha proporcionado un *corpus* de datos que permite dilucidar, a grandes rasgos, las tendencias en el aprovechamiento del combustible vegetal y su relación con la variable latitudinal (Piqué, 2002). La representación gráfica de los ejes 1 y 2 del análisis de las correspondencias binarias, basadas en la presencia y ausencia de los taxones, muestra las tendencias más significativas del conjunto. La composición taxonómica de los conjuntos estudiados refleja a grandes rasgos las variaciones en la oferta de recursos leñosos producto de las transformaciones del paisaje acontecidas como respuesta a los fenómenos climáticos del Holoceno. Aunque la correlación sea bastante baja, los taxones (**Fig. 4**) tienden a asociarse con un gradiente de temperatura y humedad coherente con sus requerimientos ecológicos actuales. La oposición máxima la encontramos en el eje 1, donde los taxones supra y oromediterráneos se sitúan en el polo positivo mientras que los termo y mesomediterráneos que se sitúan en el polo negativo.

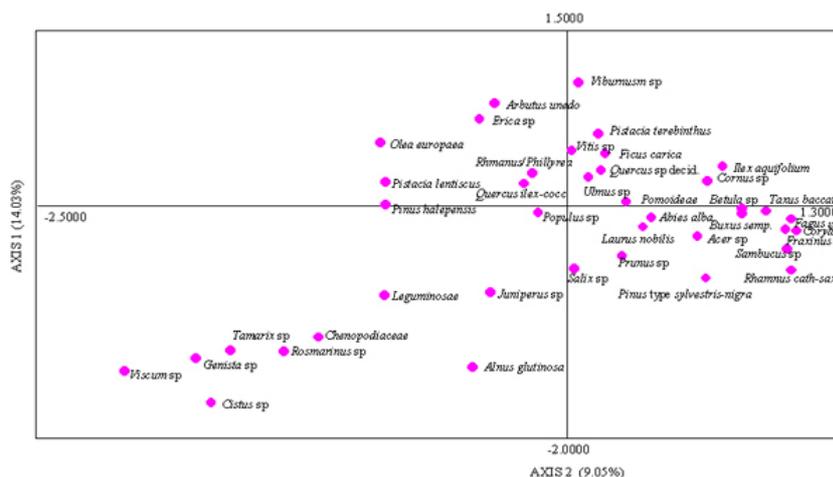


Figura 4. Análisis de Correspondencias Binarias de yacimientos holocénicos del Nordeste Peninsular. Diagrama de los taxones en los ejes 1 y 2.

En lo que se refiere a la variabilidad entre yacimientos (**Fig. 5**), cabe señalar que los yacimientos mesolíticos, independientemente de su localización geográfica, tienen una composición taxonómica muy semejante entre sí. La homogeneidad del paisaje en el nordeste peninsular durante el Mesolítico, con un claro predominio de vegetación supramediterránea, y unas estrategias de explotación de recursos oportunista, explicarían la semejanza observada. A partir del Neolítico se observa una cierta oposición entre aquellos yacimientos situados en los actuales dominios de vegetación supramediterránea (comarcas del Norte de Cataluña) (polo positivo eje 1), respecto a los que se encuentran en el actual dominio de vegetación meso y termomediterráneo (comarcas interiores y del litoral) (polo negativo eje 1). Los yacimientos situados en la zona intermedia entre la Cataluña húmeda y la Cataluña seca se sitúan en la parte intermedia de la gráfica.

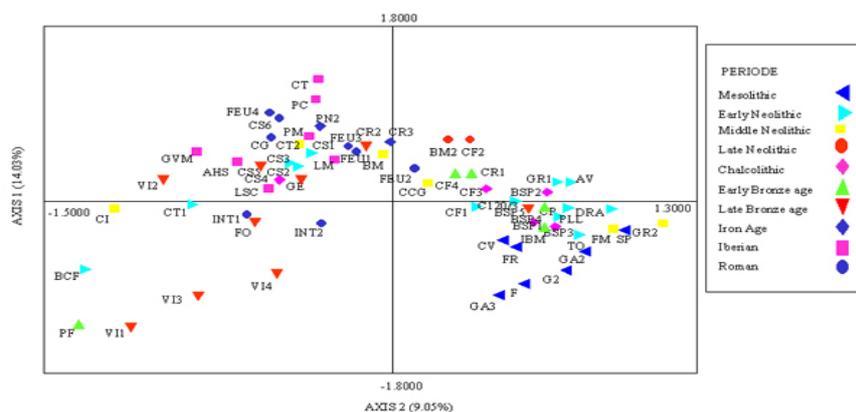


Figura 5. Análisis de Correspondencias Binarias de yacimientos holocénicos del Nordeste Peninsular. Diagrama de los yacimientos en los ejes 1 y 2. Las siglas indican el nombre del yacimiento: Arxiu Històric de Sitges (AHS), Bauma del Gai (GA), Bauma Guilanyà (G), Bauma del Serrat del Pont (BSP), Bòbila Madurell (BM), Ca n'Isach (CI), Camí de Cal Grau (CCG), Can Feu (CF), Can Guardiola (CG), Can Roqueta (CR), Can Sadurní (CS), Can Tintorer (CT), Cingle Vermell (CV), Cova 120 (C120), Cova de l'Avellaner (CA), Cova del Frare (CF), Cova del Toll (TO), Cova d'en Pau (CP), Feixa del Moro (FM), Filador (F), Font del Ros (FR), Genó (GE), Grioterres (GR), Institut Batxillerat Manlleu (IBM), Intervenció 46-47 (INT). La Draga (DRA), La Fonollera (FO). La Massana (LM), La Solana (LSC), Les Guàrdies (GVM). Plansallosa (PLL), Pou Nou 2 (PN2), Puig Castellet (PC), Pujolet Moja (PM), Punta Farisa (PF), Sota palou (SP), Vilot (V).

También es interesante señalar la oposición entre yacimientos situados en el interior, de clima más continental, respecto a los yacimientos situados en el litoral. Ello refleja, por lo tanto, las diferencias en el paisaje, determinadas por la variable latitudinal y altitudinal. Este fenómeno de la regionalización del paisaje vegetal y la diferencia en la evolución del paisaje en las diferentes regiones bioclimáticas del Nordeste peninsular ya ha sido documentado por otros investigadores a partir de datos antracológicos y palinológicos (Ros y Burjachs, 1992; Ros, 1992; Riera y Esteban, 1994). Por último, las estrategias particulares de aprovechamiento de recursos leñosos, desarrolladas por determinadas sociedades, podrían ser la causa de la distribución de los yacimientos ibéricos, romanos y tardorromanos que parecen indicar un patrón semejante de aprovechamiento de los recursos.

A modo de conclusión, queremos remarcar que aunque la fluctuación de las frecuencias en que aparecen los taxones en los conjuntos antracológicos puede estar relacionada con variables sociales, en el plano cualitativo los datos obtenidos constituyen una información única sobre los ecosistemas pasados. Permiten establecer la distribución espacial y temporal de los taxones, a la vez que vincular a procesos históricos o ambientales las principales transformaciones del paisaje.

Referencias

- Badal García, E. 1990. Méthode de prélèvement et paléocologie d'après les charbons de bois néolithiques de la "Cova de les Cendres" (Alicante, Espagne). *1st European Conference Wood and Archaeology*, Louvain-la-Neuve, Pact. 22: 231-243.
- Behre, K.E. y Jacomet, S. 1991. The Ecological Interpretation of Archaeobotanical Data. En: Van Ziest, W.; K. Wasylkowa y K.-E. Behre *Progress in Old World Palaeoethnobotany*, Rotterdam, A.A. Balkema, 1991: 81-108.
- Bortenschlager, S. y Oeggl, K. (eds.) 2000. *The man in the ice, Volume 4: The iceman and his natural environment: Palaeobotanical results*. Springer Verlag. Wien-New York.
- Bosch, A., Chinchilla, J. y Tarrús, J. (Coords.) 2000. *El poblado lacustre neolítico de La Draga. Excavacions de 1990 a 1998*. Monografies del CASC 2. Girona: Museu d'Arqueologia de Catalunya, Centre d'Arqueologia Subacuàtica de Catalunya.
- Burjachs, F. y Ros, M.T. 1992. Paleoambiente de l'Època Neolítica en el NE de la Península Ibèrica. *IX Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà. Estat de la Investigació sobre el Neolític a Catalunya*. Puigcerdà i Andorra 1991.

Buxó, R., Canal, D., Guitart, J., Pera, J., Piqué, R. 2004. Excavació de dos pous d'època romana a Guissona: L'exploració dels recursos vegetals a la ciutat romana de Ileso als segles I aC-II dC. En A. Guitart y J. Pera (eds.) *Ileso I. Miscel·lània Arqueològica*. Pp. 213-277.

Chabal, L. 1992. La représentativité paléo-écologique des charbons de bois archéologiques issus du bois de feu. *Les Charbons de Bois, les Anciens Écosystèmes et le rôle de l'Homme*. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 139, Actualités Botaniques, 1992-2/3/4: 213-236.

Ford, R.I. 1979. Paleoethnobotany in American Archaeology. En Schiffer, M. (ed.) *Advances in Archaeological Method and Theory*. Vol. 2: 285-336. New York Academic Press. New York.

Haris, D.R. y Thomas, K.D (eds.) 1991. Modelling Ecological Change. *Xth Anniversary Conference of the Association for Environmental Archaeology Held at the Institute of Archaeology, UCL*.

Jones, M.K. 1991. Sampling in Paleoethnobotany. En Van Ziest, W., Wasilikowa, K., y Behre, K-E. (eds.) *Progress in Old World Palaeoethnobotany*. Pp. 53-62. Balkema, Rotterdam.

Krauss-Marguet, 1981. Analyse Anthracologique du gisement Postglaciaire de la Poujade (Commune de Millau, Aveyron). *Paléobiologie Continentale*, XII(1): 93-110.

Peña-Chocarro, L. y Zapata, L. 1996. Los recursos vegetales en el mundo romano: estudio de los macrorrestos botánicos del yacimiento calle Santiago de Irún (Guipúzcoa), *Archivo Español de Arqueología* 69: 119-134.

Piqué, R. 1999. *Producción y uso del combustible vegetal: una evaluación arqueológica*. Treballs d'Etnoarqueologia, 3. Madrid. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Universitat Autònoma de Barcelona

Piqué, R. y Barceló, J.A. 2002. Firewood management and vegetation changes. A statistical analysis of charcoal remains from North-East Iberian Peninsula Holocene Sites. En Thiebault, S. (ed.) *Charcoal analysis methodological approaches, paleoecological results and wood uses*. BAR-IS, 1063. Oxford: British Archaeological Reports. Pp: 1-8.

Riera, S. y Esteban, A. 1994. Vegetation history and human activity during the last 6000 years on the central Catalan coast (northeastern Iberian Peninsula) *Vegetation History and Archaeobotany* 3: 7-23

Ros, M.T. 1992. Les apports de l'Anthracologie à l'étude du paleoenvironnement végétal en Catalogne (Espagne). *Les Charbons de Bois les Anciens Ecosystemes et le Role de l'Homme*, Colloque à Montpellier, 1991. Bulletin de la Société Botanique de France, 139, Actualités Botaniques (2/3/4), pp: 483-493.

Schoch, W., Heller, I., Schweingruber, F.H. y Kienast, F. 2004. *Wood anatomy of central European Species*. Online version: www.woodanatomy.ch

Schweingruber, F.H. 1996. *Tree rings and environment*. Paul Haupt. Bern.

Schweingruber, F. H. 1978. *Mikroskopische holzanatomie*. Zürcher A.G. Zug.

Shackleton, C.M. y Prins, F. 1992. Charcoal analysis and the 'Principle of least effort'- A Conceptual Model. *Journal of Archaeological Science* 19: 631-637.

Smart, T.L. y Hoffman, E. 1988. Environmental Interpretation of Archaeological Charcoal. En: Hastorf, C.A., Popper, V.S. (Eds.) *Current Paleoethnobotany: Analytical Methods and Cultural Interpretations of Archaeological Plant Remains*. The University of Chicago Press. Pp. 167-205.

Vernet, J.L. 1973. Étude sur l'histoire de la végétation de Sud-Est de la France au Quaternaire, d'après les charbons de bois principalement. *Paléobiologie Continentale*, IV (1).

Willcox, G. 1974. A history of deforestation as indicated by charcoal analysis of four sites in Eastern Anatolia. *Anatolian Studies, Journal of the British Institute of Archaeology at Ankara* XXIV: 117-133.