

Identificación de paleofuegos a través de la caracterización fisicoquímica de sedimentos (Aizarna, Gipuzkoa)

Identification of palaeofires through the physico-chemical characterisation of sediments (Aizarna, Gipuzkoa)

Josu Narbarte¹, Eneko Iriarte², Riccardo Santeramo¹ y Juan Antonio Quirós Castillo³

¹ Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea. Grupo de Investigación en Patrimonio y Paisajes Culturales. Centro de Investigación Micaela Portilla, C/Justo Vélez de Elorriaga 1, 01006 Vitoria-Gasteiz (Spain). josu.narbarte@ehu.eus - riccardo.santeramo@ehu.eus

² Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea. Grupo de Investigación en Patrimonio y Paisajes Culturales. Centro de Investigación Micaela Portilla, C/Justo Vélez de Elorriaga 1, 01006 Vitoria-Gasteiz (Spain). riccardo.santeramo@ehu.eus

³ Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea. Grupo de Investigación en Patrimonio y Paisajes Culturales. Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología, calle Tomás y Valiente, s/n, 01006 Vitoria-Gasteiz (Spain). quiros.castillo@ehu.eus

ABSTRACT

The construction of rural habitats, as well as the productive spaces linked to them, is a long-term process defined by the intervention of different environmental and anthropic factors. Among the latter, the use of fire plays a major role as a land management strategy. Using a combination of physical (magnetic susceptibility) and chemical (X-ray fluorescence) indicators, this paper aims to identify and characterise the occurrence of fire in historical agricultural soils, in order to widen our knowledge on the formation of such records, and to describe the forms of resource management in the rural world. This approach has been tested in Aizarna village (Gipuzkoa, Basque Country).

Key-words: magnetic susceptibility, x-ray fluorescence, thermoalteration, agricultural terraces.

RESUMEN

La construcción del hábitat rural, así como de los espacios de producción agraria asociados, es un proceso de largo recorrido en el que intervienen factores ambientales y humanos. Entre estos últimos, el uso del fuego juega un papel fundamental como estrategia de acondicionamiento del entorno. Mediante una combinación de indicadores físicos (susceptibilidad magnética) y químicos (fluorescencia de rayos X), este artículo identifica y caracteriza la impronta del fuego en sedimentos agrícolas históricos en la localidad de Aizarna (Gipuzkoa, País Vasco).

Palabras clave: susceptibilidad magnética, fluorescencia de rayos X, termoalteración, terrazas de cultivo.

Geogaceta, 64 (2018), 39-42
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Recepción: 15 de febrero de 2018
Revisión: 16 de abril de 2018
Aceptación: 25 de abril de 2018

Introducción

A pesar de que su uso se asocia generalmente con formas primitivas de agricultura como el cultivo de rozas, el fuego ha sido una de las principales herramientas humanas para establecerse y adaptarse a una gran variedad de entornos (Sigaut 1975; Caldararo, 2002; López-Sáez *et al.*, 2017). En el caso de las sociedades rurales complejas y estables, este uso cobra particular relevancia, en tanto que elemento de acondicionamiento del espacio habitado y gestión regular de los recursos agroforestales disponibles. En el País Vasco, la complejidad de estos procesos ha sido puesta de relieve mediante la realización de estudios micromorfológicos y estratigráficos en aldeas

despobladas medievales (Quirós *et al.*, 2014).

Sin embargo, el registro de la incidencia de fuego en estos sedimentos no resulta fácil. El presente trabajo pretende identificar, mediante diferentes indicadores fisicoquímicos, las posibles evidencias dejadas por estos usos en suelos agrícolas antiguos, tomando como ejemplo la localidad de Aizarna (Gipuzkoa).

Aizarna es una pequeña comunidad rural situada cerca de la costa de Gipuzkoa, cuyas evidencias más antiguas de ocupación humana datan del cambio de era (± 2000 BP). El núcleo se asienta sobre una pequeña depresión endorreica de origen kárstico (Fig. 1). Las características geomorfológicas del entorno, así como la presencia de numerosas alteraciones topográficas antrópicas (terrazas, canales, trin-

cheras, etc.), favorecen el desarrollo y conservación de registros sedimentarios, que en muchos casos registran una larga y compleja historia de usos diversos por parte de las comunidades humanas que se han sucedido en este espacio. Así, varias secuencias sedimentarias recuperadas mediante sondeos y estudiadas a lo largo del año 2016 revelaron la presencia de distintos indicadores fisicoquímicos que pueden ponerse en relación con las primeras ocupaciones y actividades del actual espacio agrario.

Metodología y materiales

El muestreo se realizó mediante sondeos mecánicos, utilizando una sondeadora



Fig. 1.- Localización de Aizarna en su contexto regional, y lugares sondeados. Base cartográfica: GeoEuskadi.

Fig. 1.- Location of Aizarna in the regional context, and points of core sampling. Spatial data source: GeoEuskadi.

mecánica portátil Van Walt/Eijkelkamp. Este equipamiento permite la obtención de testigos continuos mediante la realización de maniobras de un metro de longitud. En octubre de 2016 se realizaron 5 sondeos de 2 m de profundidad (AIZ1 a AIZ5), tras lo cual fueron sellados herméticamente y conservados a una temperatura de 3-4°C.

Los testigos de los sondeos más significativos obtenidos: AIZ2 (X: 563501,822 m; Y: 4786690,151 m; Z: 243,171 m) y AIZ3 (X: 562933,331 m; Y: 4787186,476 m; Z: 224,951 m) fueron analizados en el laboratorio CORELAB de la Universidad de Barcelona, donde se realizó una caracterización fisicoquímica de alta resolución con el fin de definir una estratigrafía de detalle.

Fluorescencia de rayos X

Se utilizó un *core-scanner* de fluorescencia de rayos X de la marca Avaatech. Este es un método no destructivo y semi-cuantitativo, que calcula la proporción de cada elemento medido respecto a los otros, mediante la diferencia de cuentas (cps) obtenidas para cada uno de ellos.

El análisis se llevó a cabo con un intervalo de medida de 1 cm, usando una lámpara de rodio (Rh). Se realizó una primera medición con un voltaje de 10 kV, una intensidad de corriente de 500 mA, y un tiempo de exposición de 10 s, obteniendo cuentas para Al, Si, P, S, Cl, Ar, K, Ca, Ti, V,

Cr, Mn, Fe, Rh y Ag. Posteriormente, se llevó a cabo una segunda medición con un voltaje de 30 kV, una intensidad de corriente de 1000 mA, y un tiempo de medida de 25 s; en este caso se usó un filtro Pd, obteniendo mediciones para Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Au y Pb.

Susceptibilidad magnética

La susceptibilidad magnética (SM) se midió usando un sensor de puntero Bartington MS2E, montado sobre una plataforma multisensor Geotek. Las medidas se realizaron cada 0,5 cm.

Materiales antracológicos

El estudio de los restos antracológicos de los niveles con concentraciones significativas se realizó en el Laboratorio de Paleobotánica "Lydia Zapata", de la Universidad del País Vasco. Tanto para la metodología de muestreo como para el análisis taxonómico se emplearon los criterios de Chabal *et al.* (1999) y Figueiral y Mosbrugger (2000). Para el análisis fueron seleccionados aleatoriamente carbones entre los fragmentos de 2 y 4 mm y superiores a los 4 mm.

Se fijó un número máximo de análisis según el principio estadístico de la curva de esfuerzo/rendimiento (Chabal, 1988). Los carbones fueron seccionados en tres planos fundamentales (transversal, tangencial y radial). Las identificaciones taxonómicas se realizaron con un microscopio de luz incidente con 100x, 200x, 400x y 500x aumentos y empleando una colección de referencia de madera, así como los atlas de anatomía de la madera (Greguss, 1955; Schweingruber, 1990; Vernet *et al.*, 2001). De cada fragmento de carbón se documentó también el grado de curvatura de los anillos de crecimiento (Marguerie y Hunnot, 2007).

Datación

Finalmente, los niveles más significativos de los sondeos obtenidos, 4 muestras, fueron muestreados para su datación por radiocarbono en la Universidad de la Campania "Luigi Vanvitelli" (Italia).

Resultados

Sondeo AIZ/3

El sondeo AIZ/3 se realizó en una parcela aterrazada situada en el centro del pueblo de Aizarna, en la traseña de la casa rectoral, al-

canzando una profundidad de 2000 mm.

El paleosuelo anterior a la construcción de la terraza agrícola fue localizado a 1200 mm de profundidad. Sobre dicho paleosuelo se localizó una estructura antrópica, formada por arcilla totalmente rubefactada, así como por una acumulación de fragmentos de carbón de gran tamaño, probablemente los restos de una estructura arquitectónica en madera quemada (excavación arqueológica en curso) (Fig. 2). El estudio antracológico permitió la identificación de 22 fragmentos, todos pertenecientes al género *Quercus* de tipo caducifolio. 3 fragmentos no pudieron ser identificados debido a su alto grado de vitrificación o deformación. En 4 fragmentos fue posible registrar el grado de curvatura de los anillos. Todos estos fragmentos presentan curvatura débil. Solo en los fragmentos que superan los 4 mm fue posible observar la presencia/ausencia de tílides e hifas. Entre estos el 67% presenta tílides y el 100% no está afectado por hifas. La datación radiocarbónica de uno de estos fragmentos arrojó una edad de 2019 ± 39 BP, que refleja la edad máxima para la combustión de la estructura de madera de la que formaba parte.

El análisis de la SM del nivel de arcilla rubefactada bajo la capa de carbones muestra valores elevados (400×10^{-5} SI) que contrasta con los valores significativamente más bajos tanto del sedimento subyacente (sedimento fluvio-kárstico *in situ*) como en el relleno de un posterior aterrazamiento ($<100 \times 10^{-5}$ SI) (fig. 2).

Las mediciones de XRF muestran también diferencias significativas entre este nivel y los sedimentos inferiores y superiores. De hecho, el análisis geoquímico muestra, asociados a este nivel termoalterado, picos de Br y Ca, que se asocian con la presencia de un delgado suelo de cal bajo los restos de la estructura.

Sondeo AIZ/2

El sondeo AIZ/2 fue realizado en una terraza de cultivo situada en el sector meridional del valle, alcanzando una profundidad de 2000 mm.

El sondeo presenta un horizonte orgánico (paleosuelo) entre 1400-1500 mm de profundidad, una franja caracterizada por un cambio de color y de composición, más Fe (óxidos de hierro), menos K (arcillas) y la presencia de bioturbaciones producidas por raíces (Fig. 2). La datación por ^{14}C de la materia orgánica de este nivel arrojó una edad

de 1545 ± 45 BP, y se interpreta como representativa de la edad mínima del paleosuelo (Puy *et al.*, 2016).

Por encima de este nivel, se identifica un relleno homogéneo localizado entre 100 y 140 cm de profundidad, con un color más pardo y rojizo que el paleosuelo subyacente (Fig. 2). Este relleno presenta abundantes inclusiones de carbón, así como agregados de arcilla rojizos.

El análisis de susceptibilidad magnética muestra unos valores inusualmente altos en este horizonte (y en el relleno de una segunda terraza posterior, separada por un nivel de inundación fluvial), valores crecientes hacia techo de hasta $800 \text{ SI} \times 10^{-5}$, que contrastan con los demás niveles, sobre todo, con los sedimentos fluviokársticos y paleosuelo inferiores (Fig. 2). Sin embargo, las concentraciones de Fe no sufren alteraciones respecto a los niveles inferiores. En cambio, el análisis de XRF sí muestra variaciones significativas en otros elementos, que indican cambios en la composición de este relleno respecto a las unidades estratigráficamente subyacentes y suprayacentes. Así, elementos litogénicos como el K, presentan concentraciones más bajas que en los horizontes inferiores, a la par que aumenta la concentración de otros elementos biófilos como S, que pueden asociarse a la mayor presencia de materia orgánica.

Discusión

El aumento de la señal magnética en suelos y sedimentos está relacionado con la formación de minerales ferromagnéticos. Este aumento siempre está relacionado con un aumento del contenido de minerales ferrimagnéticos como la magnetita, maghemita o greigita, que pueden causar procesos como la adición detrítica de partículas atmosféricas derivadas de procesos industriales, la acción bacteriana o la meteorización de distintos minerales en horizontes edáficos, así como con la quema de restos de cosechas o fuegos naturales (Evans y Heller, 2003).

Los dos sondeos analizados (AIZ2 y AIZ3) presentan la característica común de incluir sedimentos de terrazas agrícolas altamente antropizadas.

Entre los indicadores fisicoquímicos analizados, son significativos los valores de SM de algunas de las unidades diferenciadas (Fig. 2). El aumento de SM en sedimentos arcillosos puede responder a distintos factores, y depende tanto del proceso involucrado, como de la concentración de Fe disponible en el sedimento original, del tipo de mineral ferrimagnético creado y de su tamaño de grano. En el caso de los sondeos AIZ2 y AIZ3, el sedimento arcilloso fluviokárstico basal (no alterado), que es común en todas las unidades estratigráficas anteriores y posteriores, presenta valores de

SM muy por debajo ($< 100 \text{ SI} \times 10^{-5}$) del de las unidades con valores más elevados (entre 200 y $800 \text{ SI} \times 10^{-5}$). En ambos sondeos, la práctica totalidad de los picos de SM detectados obedecen a la presencia de: 1) fragmentos cerámicos (tejas) usados como abono y relleno de las zonas de cultivo; 2) sedimentos o agregados de arcilla rubefactada.

El aumento de la SM se da, por tanto, en unidades inequívocamente antropizadas, es decir, correspondientes a áreas de hábitat (AIZ3) o agrícolas (AIZ2 y AIZ3). La SM medida en las unidades con alta SM, es hasta un orden de magnitud superior al sedimento natural, incremento sólo descrito en casos de suelos termoalterados (Blake *et al.*, 2006; Evans y Heller, 2003). La naturaleza del aumento en SM, puntual y restringido a ciertas capas o niveles con actividad antrópica, hacen improbables los procesos como la adición detrítica de partículas atmosféricas derivadas de procesos industriales (los sedimentos analizados son de época preindustrial), la acción bacteriana o la meteorización de distintos minerales en horizontes edáficos (ambos procesos son típicos en paleosuelos y suelos, y en nuestro caso éstos no presentan mayores valores de SM). Por tanto, los valores de SM obtenidos son sólo explicables por la termoalteración, que es, además, un proceso geoquímicamente conservador: no hace variar el contenido en Fe (ver Fe en Fig. 2), pero sí su estado, al formar óxidos ferrimagnéticos.

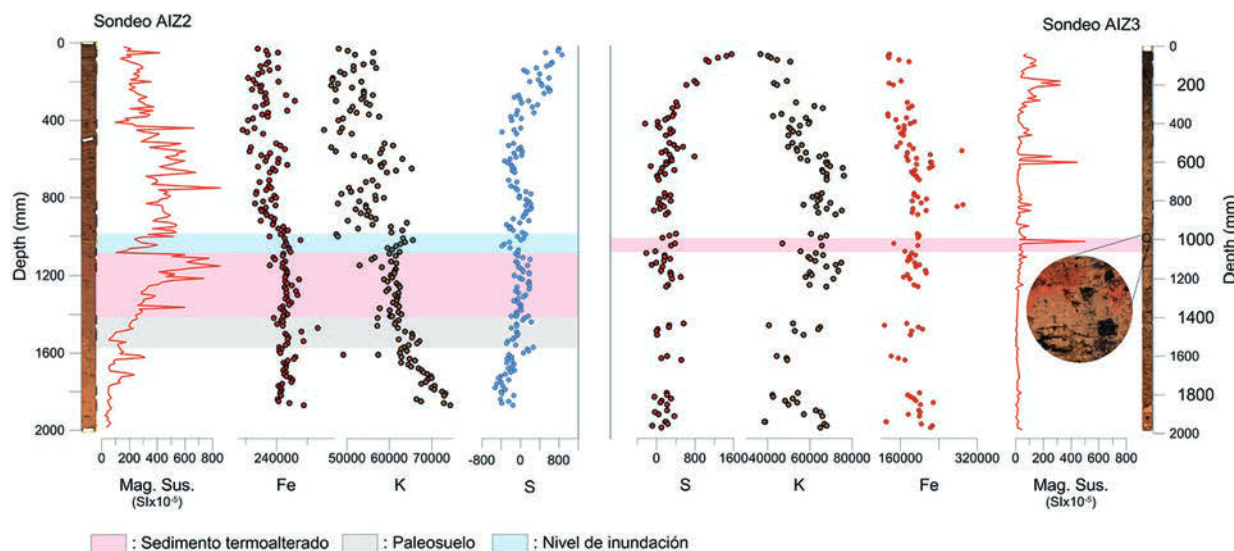


Fig. 2.- Síntesis de la caracterización fisicoquímica de los sondeos realizados. Izquierda: sondeo AIZ/2. Derecha: sondeo AIZ/3. Se muestran los elementos que mejor representan las variables más significativas de ambos sondeos: 1) el tipo de sedimento, p.ej., K, como elemento litófilo e indicador de los minerales de la arcilla; o Ca, como indicador de presencia de carbonatos, normalmente relacionados a la presencia de cal (después recarbonatada) utilizada como abono, y en el caso de AIZ3 también para construir un delgado suelo de cal; 2) el contenido en materia orgánica (elementos biófilos como S, Br y P); y 3) contenido en elementos ferromagnéticos (SM y Fe). Ver figura en color en la web.

Fig. 2.-Synthesis of the physico-chemical characterization of the core samples. Left: core AIZ/2. Right: core AIZ/3. The elements that best reflect the 3 most significant parameters in both cores have been represented: 1) the type of sediment, e.g., K as an indicator of clay minerals; or Ca as an indicator of carbonates, normally related to the presence of lime (thereafter recarbonated) used as an agrarian amendment, and in the case of AIZ3 also to create a thin lime floor; 2) the OM content (biophile elements like S, Br and P); and 3) ferromagnetic content (MS and Fe). See color figure in the web.

Dicha termoalteración podría explicarse por la quema de materia vegetal en superficie, que hace que se formen fases oxidadas de Fe (a partir de 250°C) y se rubefacte (formación de hematites a partir de 400°C) el sedimento inmediatamente subyacente, haciendo que sus efectos sean visibles a largo plazo (Blake *et al.*, 2006; Eldiabani *et al.*, 2014). El aumento de la señal magnética es muy variable, como el observado en los sondeos estudiados, dependiendo del contenido en materia orgánica, temperatura alcanzada, presencia de minerales de hierro previos (especialmente hidróxidos) y la porosidad de los sedimentos afectados (Evans y Heller, 2003).

Así, se interpreta que la termoalteración afectó a sedimentos fluvioaluviales anteriores, ricos en (hidro)óxidos de hierro apenas magnéticos (ver Fe en Fig. 2), transformándolos por deshidratación a hematites y minerales ferromagnéticos (magnetita y/o maghemita), proceso que se da en presencia de materia orgánica (p.ej., derivada de paleosuelos y/o la actividad agrícola) (Kletetschka y Banerjee, 1995).

En el sondeo AIZ/3, se interpreta que el fuego afectó a la superficie interior de una estructura en madera, dada la concentración y el tamaño de los fragmentos de madera (tablones) quemados sobre el nivel termoalterado (Fig. 2). La combustión, localizada e intensa, afectó a los 2 cm superficiales del suelo, que adquirió un color rojo debido a la formación de hematites, y unos valores de susceptibilidad magnéticos muy altos, probablemente por la formación de minerales ferromagnéticos (Fig. 2). Los picos en SM superiores coinciden con fragmentos de tejas y agregados arcillosos rojizos (similares a las arcillas termoalteradas).

En el caso del sondeo AIZ/2, por el contrario, el uso del fuego se relaciona con la obtención y movimientos de tierras asociados a la construcción de una primera terraza agrícola (aprox. s. XV). El paleosuelo previo a la construcción de la terraza presenta evidencias de la existencia de una cobertura vegetal de carácter arbóreo, como muestran las bioturbaciones producidas por raíces de gran tamaño.

El relleno de terraza que cubre este paleosuelo, por su parte, presenta altos niveles de susceptibilidad magnética (hasta 400×10^{-5} SI), que contrastan con la ausencia de variaciones significativas en la concentración de Fe. Este hecho, junto con los cambios observados en la coloración del sedimento (rubefacción) y la presencia de partículas sedimentarias alóctonas como abundantes microfragmentos de carbón (de hasta 0,5 cm), sugieren la quema

de materia vegetal. Teniendo en cuenta que el fuego habitualmente afecta sólo a los niveles más superficiales del suelo, la distribución de estas inclusiones en todo el relleno podría indicar, a su vez, que su depósito tuvo lugar de una sola vez, en un momento cronológicamente cercano a la combustión de la superficie vegetal sobre el paleosuelo original, y que los aportes de tierra utilizados en su realización provinieron de sedimento superficial de las laderas quemadas cercanas. Esto implicaría un uso intencional del fuego, como estrategia de desbroce/roza, previo a la construcción de la terraza con fines agrarios.

Por otra parte, la susceptibilidad aumenta de manera gradual (hasta 800×10^{-5} SI) en los 20 cm superficiales del relleno de terraza considerado, lo que podría reflejar una termoalteración más intensa a techo, coincidiendo con el espesor de suelo afectado por el arado animal. Este hecho podría reflejar un uso repetido del fuego, relacionado con la gestión agrícola de la terraza analizada. Así, por ejemplo, en otros contextos medievales se han documentado modelos de gestión agraria basados en la rotación y el barbecho, que incluían la quema repetida de la maleza antes de volver a poner las parcelas en cultivo (Rippon *et al.*, 2006).

Conclusiones

Las secuencias sedimentarias obtenidas en terrazas agrarias de Aizarna han permitido recuperar y estudiar niveles de aterrazamiento y aporte de tierras pasados. El estudio detallado, geoquímico y de propiedades físicas de estos sedimentos, (mediciones de la SM), ha permitido identificar las huellas dejadas por el uso del fuego en estos contextos, revelando el potencial de este tipo de metodologías aplicadas al estudio de la formación del paisaje. Lejos de tratarse de episodios naturales desligados de la actividad humana, las evidencias recopiladas indican que éste constituyó un elemento cotidiano en la gestión de los recursos agrarios del entorno por parte de las comunidades locales desde al menos la Alta Edad Media.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte de sendas tesis doctorales becadas por el Gobierno Vasco y por la Universidad del País Vasco, en el marco del proyecto "Agencia campesina y complejidad sociopolítica en el noroeste de la Península Ibérica en época medieval" (Ministerio de Economía, AEI/FEDER EU HUM2016-76094-C4-2-R.

El proyecto de investigación sobre espacios agrarios de época histórica en Gipuzkoa ha sido subvencionado por la Diputación Foral de Gipuzkoa. Agradecemos a los revisores y editores por las aportaciones realizadas para mejorar este artículo, así como al Dr. Ángel Carrancho Alonso (UBU), por la orientación y consejo prestado.

Referencias

- Blake, W.H., Wallbrink, P.J., Doerr S.H., Shakesby R.A. y Humphreys, G.S. (2006). *Earth Surface Processes and Landforms* 31, 249-264.
- Caldararo, N. (2002). *The Science of the Total Environment* 292, 141-165.
- Chabal, L. (1988). *Lattara* 1, 187-222.
- Chabal, L., Fabre, L., Terral, J.-F. y Théry-Parisot I. (1999). Errance, Paris, pp. 43-104.
- Eldiabani, G.S., Hale, W.H.G. y Heron, C.P. (2014). *International Journal of Environmental and Ecological Engineering* 8(1), 54-60.
- Evans, M.E. y Heller, F. (2003). *Environmental Magnetism*. Academic Press, 317 pp.
- Figueiral, I. y Mosbrugger, V. (2000). *Palaeogeography, Palaeoclimatology & Palaeoecology* 164, 397-407.
- Greguss, P. (1955). *Identification of Living Gymnosperms on the basis of xylotomy*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Kletetschka, G., Banerjee, S. K. (1995). *Geophysical Research Letters* 22, 1341-1343.
- López-Sáez, J.A., Vargas, G., Ruiz-Fernández, J., Blarquez, O., Alba-Sánchez, F., Oliva, M., Pérez-Díaz, S., Robles-López, S. y Abel-Schaad, D. (2017). *Land degradation & development*, doi: 10.1002/ldr.2751.
- Marguerie, D. y Hunot, J.Y. (2007). *Journal of Archaeological Science* 34, 1417-1433.
- Puy, A., Balbo, A.L. y Bubenzer, O. (2016). *Radiocarbon*, doi:10.1017/RDC.2015.21.
- Quirós-Castillo, J.A., Nicosia, C., Polo-Díaz, A. y Ruiz del Árbol, M. (2014). *Quaternary International* 346, 56-68.
- Rippon, S.J., Fyfe, R.M. y Brown, A.G. (2006). *Medieval Archaeology* 50, 31-70.
- Schweingruber, F.H. (1990). *Anatomy of European Woods*. Paul Hopt, Berna.
- Sigaut, F. (1975). *L'agriculture et le feu : Rôle et place du feu dans les techniques de préparation du champ de l'ancienne agriculture européenne*. Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, París.
- Vernet, J.L., Ogereau, P., Figueiral, I., Machado-Yanes, C. y Uzquiano, P. (2001). *Guide d'identification des charbons de bois préhistoriques du sud-ouest de l'Europe*. CNRS, París.