

FORMACIÓN DE DEPÓSITOS TOBÁCEOS ASOCIADOS A LA SURGENCIA KÁRSTICA DEL RÍO QUEILES.

*M. Bartolomé**

*J. Aranbarri***

*C. Sancho****

*M. Alcolea*****

*C. Arenas******

*A. Moreno******

*P. González-Sampéiz******

*R. L. Edwards******

*H. Cheng******

RESUMEN

El desarrollo de edificios tobáceos de origen fluvial se asocia a menudo con las fases cálidas y húmedas durante el Cuaternario y son utilizados comúnmente como indicadores climáticos. Los depósitos de toba del río Queiles (5,8-4 ka BP) están formados principalmente por oncoides de tamaño variable y lentejones de marga con restos de carbón vegetal y polen, los cuales son unos excelentes archivos paleobotánicos. El contenido polínico y los datos antracológicos revelan un bosque de ribera bien desarrollado, en donde diversos elementos meso-termófilos como *Corylus*, *Salix / Populus*, *Acer*, caduco *Quercus*, *Ulmus*, *Juglans*, *Castanea* y *Hedera* definen el conjunto de floral local. A escala regional, los pinares y *Quercus* junto con arbustos como *Olea* y *Pistacia* son las especies predominantes. Este espectro sugiere el establecimiento de las condiciones climáticas húmedas y cálidas en el dominio Mediterráneo ibérico durante el Holoceno medio y tardío.

Palabras clave: Toba, Holoceno, Cordillera Ibérica, Paleobotánica, Queiles.

ABSTRACT

Development of Quaternary fluvial tufa buildings are often associated with warm and humid phases and are commonly used as climate indicators. Queiles Holocene tufa deposits (5.8-4 ka BP) are formed mainly by oncoids of variable size and marl lens with charcoal and pollen, which appear to be excellent palaeobotanical archives. Pollen and anthracological data reveal a well-developed riparian woodland in where diverse meso-thermophilous elements like *Corylus*, *Salix/Populus*, *Acer*, deciduous *Quercus*, *Ulmus*, *Juglans*, *Castanea* and *Hedera* defined the locally-confined floral assemblage. Interestingly, *Taxus* is locally-present. At regional-scale, pinewoods, both deciduous and evergreen *Quercus* together with many warm-loving shrubs like *Olea* and *Pistacia* predominate. This spectra suggests the establishment of humid and thermal climate conditions in continental Mediterranean Iberia during the mid-late Holocene.

Keywords: Tufa, Holocene, Iberian Range, Palaeobotany, Queiles.

Fecha de recepción: 1 de abril de 2015
Fecha de aprobación: 15 de mayo de 2015

INTRODUCCIÓN



lo largo del Cuaternario (últimos 2.5 MA) el drenaje de la Cordillera Ibérica alberga frecuentemente formaciones tobáceas resultantes de la respuesta sedimentaria externa a la

dinámica de los numerosos sistemas kársticos durante los momentos climáticamente más favorables para su desarrollo.¹ Desde el punto de vista sedimentológico, geomorfológico y cronológico se han realizado importantes avances que han sido objeto de estudio a nivel peninsular.² El presente trabajo muestra

* Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC, Avda. Montañana 1005, 50059 Zaragoza (España). Correo electrónico: mbart@ipe.csic.es. Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza, Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza (España).

** Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC, Avda. Montañana 1005, 50059 Zaragoza (España). Dipartimento di Biologia Ambientale, Sapienza Università di Roma, Piazzale Aldo Moro, 5, 00185 Roma (Italia). Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea, B. Sarriena s/n, Ap. 644, 48080 Bilbao (España).

*** Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza, Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza (España).

**** Departamento de Ciencias de la Antigüedad, Universidad de Zaragoza, Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza (España).

***** Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza, Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza (España).

***** Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC, Avda. Montañana 1005, 50059 Zaragoza (España).

***** Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC, Avda. Montañana 1005, 50059 Zaragoza (España).

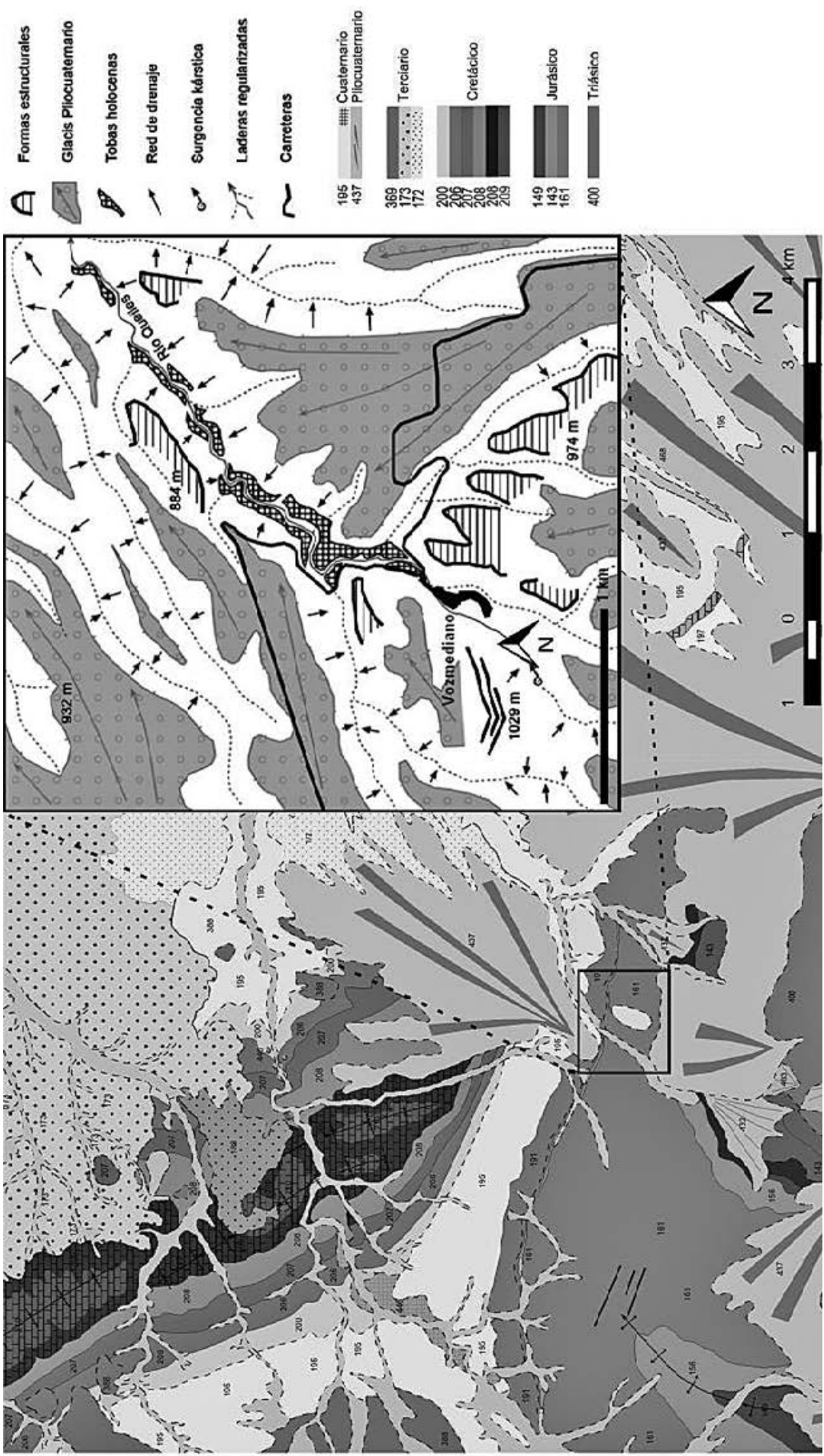
***** Department of Earth Sciences, University of Minnesota, Minneapolis, MN 55455.

***** Department of Earth Sciences, University of Minnesota, Minneapolis, MN 55455.

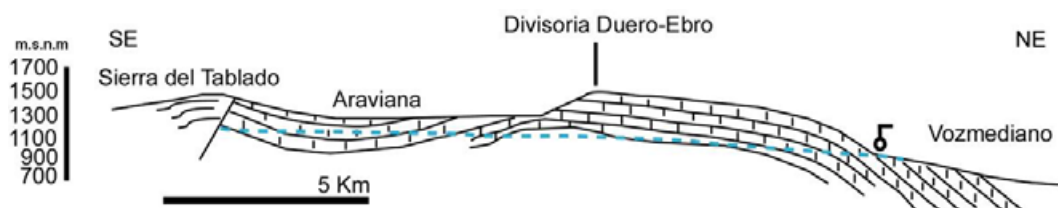
Este estudio ha sido realizado gracias a los proyectos DINAMO2 (CGL2012-33063) y CTM2013-48639-C2-1-R. Los autores desean agradecer a Ignacio Enériz el apoyo logístico durante el trabajo de campo y la localización de los depósitos.

1. M. VÁZQUEZ-URBEZ, G. PARDO, C. ARENAS y C. SANCHO, «Fluvial diffuence episodes reflected in the Pleistocene tufa deposits of the River Piedra (Iberian Range, NE Spain)», *Geomorphology*, 125 (2011), pp. 1-10; C. ARENAS, M. VÁZQUEZ-URBEZ, G. PARDO y C. SANCHO, «Sedimentology and depositional architecture of tufas deposited in stepped fluvial systems of changing slope: lessons from the Quaternary Añamaza valley (Iberian Range, Spain)», *Sedimentology*, 61 (2014), pp. 133-171; y J. L. PEÑA, C. SANCHO, C. ARENAS, L. AUQUÉ, L. A. LONGARES, M. V. LOZANO, A. MELÉNDEZ, C. OSÁCAR, G. PARDO y M. VÁZQUEZ-URBEZ, «Las tobas cuaternarias en el sector aragonés de la Cordillera Ibérica», en J. A. González-Martín y M. J. González-Amuchastegui (eds.), *Las tobas en España*, Madrid, Sociedad Española de Geomorfología, 2014, pp. 159-172.

2. J. MENÉNDEZ-AMOR, «Estudio paleobotánico de los yacimientos situados en las proximidades de Las Parras del río Martín (Teruel)», *Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)*, 70 (1972), pp. 91-96; y A. MARTÍN-TUDELA, F. CUENCA, C. SANTIESTEBAN, R. GRUN y B. HENTZSCH, «Los travertinos del Río Matarraña, Beceite (Teruel)



1. Mapa geológico y geomorfológico del entorno de Vozmediano. La geología del entorno está formada principalmente por materiales de edad Jurásica y Cretácica. Los aspectos geomorfológicos más destacables son los glacis Pliocuaternarios y las tobas.



2. Corte hidrogeológico donde se muestra la cota del nivel freático desde la Sierra del Tablado hasta la población de Vozmediano, lugar de nacimiento del río Queiles. (Modificado de www.chebro.es).

los primeros datos sobre la formación y desarrollo tobáceo, en lo que refiere a aspectos sedimentológicos y paleobotánicos de las tobas holocenas (últimos 10.000 años) del río Queiles en las inmediaciones de la población de Vozmediano (Soria) [fig. 1].

SITUACIÓN

Localización y clima

La zona de estudio se localiza en la Sierra del Moncayo (vertiente Norte), aguas abajo de la surgencia kárstica de Vozmediano (Soria) que alimenta al río Queiles, afluente del río Ebro a la altura de la localidad de Tudela (Navarra). El clima en la zona es de tipo Mediterráneo continental, y es durante la primavera y otoño cuando se producen principalmente las precipitaciones debido a la entrada de frentes atlánticos. Las precipitaciones presentan un valor medio de 510 mm/año y la temperatura media anual es de 11 °C. La vegetación se caracteriza por la presencia de robles (*Quercus robur*, *Q. petraea*), quejigos (*Q. faginea*), pino silvestre (*Pinus sylvestris*), y encinas (*Q. ilex*) así como *Pinus nigra* en las zonas más elevadas del

macizo del Moncayo. El entorno de la ribera del río está principalmente formada por nogales (*Juglans regia*), sauces (*Salix* sp.), chopos (*Populus nigra*), avellanos (*Corylus avellana*) y acebos (*Ilex aquifolium*).

Geología e hidrogeología

El río Queiles discurre por materiales mesozoicos de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica y terciarios de la Cuenca del Ebro. En el área de estudio afloran rocas carbonatadas jurásicas plegadas con disposición E-O. Hacia el NE se disponen discordantemente sedimentos terciarios detríticos básicamente horizontales. Tanto unos como otros aparecen recubiertos por un extenso nivel de piedemonte de edad estimada pliocuaternario.³ Junto con algunos afloramientos puntuales de conglomerados y tobas pleistocenas presentes en el río Val, en el fondo de valle aparece un nivel aterrazado constituido mayormente por tobas calizas, que definen el objeto de estudio. La surgencia en Vozmediano que alimenta el río Queiles destaca desde el punto de vista hidrogeológico en la zona y constituye el punto de descarga más bajo que drena el polje de Araviana [fig. 2], situado al

como indicadores paleoclimáticos del Cuaternario», en A. López-Vera (ed.), *Quaternary Climate in Western Mediterranean*, Madrid, Universidad Autónoma de Madrid, 1986, pp. 307-324.

3. F. PELLICER, «Geomorfología de las cadenas ibéricas entre el Jalón y el Moncayo», *Cuadernos de Estudios Borjanos*, 11-12 (Borja, 1984), p. 378.

Nombre	¹⁴ C edad	Rango cal BP (2σ)	Edad cal BP
Que-1	5044±27	5810-5886	5825±27
Que-3	3722±27	4072-4094	4060±27

Tabla 1: Edades obtenidas a partir de la datación por ¹⁴C de carbonos presentes en el edificio tobáceo.

²³⁰Th edades. El error es 2σ

Muestra	²³⁸ U	²³² Th	²³⁰ Th / ²³² Th	d ²³⁴ U*	²³⁰ Th / ²³⁸ U	²³⁰ Th Age (yr)	²³⁰ Th Age (yr)	d ²³⁴ U _{inicial}	²³⁰ Th Age (yr BP)**
Número	(ppb)	(ppt)	(atómico x 10 ⁻⁶)	(medido)	(actividad)	(sin corregir)	(corregido)	(corregido)	(corregido)
QUE 2	534 ±1	635889 ±12749	6 ±0	1456.5 ±2.8	0.4297 ±0.0043	20580 ±222	5829 ±10659	1481 ±45	5766 ±10659
QUE 4	923 ±2	660056 ±13254	6 ±0	1389.4 ±3.0	0.2440 ±0.0026	11628 ±130	2662 ±6410	1400 ±26	2599 ±6410

Tabla 2: $[^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}]_{\text{actividad}} = 1 - e^{-\lambda^{230}\text{T}} + (d^{234}\text{U}_{\text{medido}}/1000)[\lambda^{230}/(\lambda^{230} - \lambda^{234})](1 - e^{-(\lambda^{230} - \lambda^{234})\text{T}})$, donde T es la edad. Las constantes de desintegración son $9.1577 \times 10^{-6} \text{ yr}^{-1}$ para ²³⁰Th, $2.8263 \times 10^{-6} \text{ yr}^{-1}$ para ²³⁴U, y $1.55125 \times 10^{-10} \text{ yr}^{-1}$ para ²³⁸U.⁶ El grado de contaminación por ²³⁰Th se indica por la relación atómica [²³⁰Th/²³²Th] en lugar de la actividad. Las correcciones en la edad se calcularon usando un valor medio cortical de la relación atómica [²³⁰Th/²³²Th] de $4.4 \times 10^{-6} \pm 2.2 \times 10^{-6}$. Esos son los valores para el material en equilibrio secular, con un valor ²³²Th/²³⁸U cortical de 3,8. Los errores se asumen, arbitrariamente, como del 50%. ***Años BP

sur del macizo del Moncayo. La descarga de agua varía entre los 500 L/sg durante el estío hasta más de 3000 L/sg durante momentos puntuales debido a intensas precipitaciones.

METODOLOGÍA

Tras un análisis fotogeológico y el reconocimiento de campo se seleccionó un afloramiento en la margen izquierda, justo aguas abajo de Vozmediano. Sobre el depósito se realizó una descripción estratigráfica y se tomaron con restos vegetales y carbonatados para su análisis cronológico, estudio palinológico y antracológico. Dos muestras de carbón fueron enviadas para su datación a los servicios de DirectAMS en Seattle (USA). Se realizó la extracción de polen⁴ y su posterior identificación⁵

en los servicios de investigación del Instituto Pirenaico de Ecología. La determinación del material antracológico se realizó mediante el método descrito por Vernet⁷ y la comparación con muestras actuales y diversos atlas de anatomía vegetal.⁸ Dos muestras del depósito tobáceo fueron datadas mediante el método del U/Th. Las dataciones se realizaron en la Universidad de Minnesota, EEUU, siguiendo el protocolo de separación del U y Th⁹ y utilizando un espectróme-

4. P. MOORE, J. A. WEBB y A. COLLINSON, «Pollen Analysis», en *Blackwell Scientific Publications*, Oxford, University of Oxford, 1991 (2ª ed.).

5. M. REILLE, «Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord», *Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie* (Marseille, 1992).

6. H. CHENG, R. L. EDWARDS, J. A. HOFF, C. D. GALLUP, D. A. RICHARDS e Y. ASMEROM, «The half-lives of uranium-234 and thorium-230», *Chemical Geology*, 169 (2000), pp. 17–33.

7. J. L. VERNET, «Étude sur l'histoire de la végétation du sud-est de la France au Quaternaire, d'après les charbons de bois principalement», *Paléobiologie Continentale*, 4, 1 (1973).

8. F. H. SCHWEINGRUBER, «Anatomy of European Woods», Haupt, Bern, Stuttgart, 1990.

9. R. L. EDWARDS, H. CHE y G. J. WASSERBURG, «²³⁸U–²³⁴U–²³⁰Th–²³²Th systematics and the precise measurements of time over the past 500,000 years», *Earth Planet Sci Lett*, 81, 1987, pp. 175–192.



3. Detalle de la estructura interna de un oncoide. Se observan bandas concéntricas de diferente porosidad formadas a partir de un núcleo.

tro de masas multicolector (Neptune-Thermo Finnigan). El alto error de las muestras se debe al contenido en Th detrítico (^{232}Th) [tabla 2].

RESULTADOS

Características estratigráficas

Las tobas carbonatadas afloran en el fondo del valle del río Queiles y constituyen pequeños edificios casi continuos localizados a lo largo del cauce, desde poco metros aguas debajo de su nacimiento hasta su confluencia con el río Val en la población de Los Fayos, ya en la provincia de Zaragoza. Los depósitos conforman un nivel aterrazado, situado a escasos metros sobre el nivel actual del río. El afloramiento estudiado tiene unos 10 m de potencia y presenta una buena exposición lateral de más de 60 m paralela al cauce actual del río. Está formado por arenas y limos carbonatados, rudstones de oncoides y fitoclastos, margas, estromatolitos, boundstones de musgos y gravas. El depósito

está formado por dos zonas claramente diferenciadas; la primera, un tramo inferior, en el que destaca la alternancia de depósitos decimétricos de rudstones de oncoides y/o fitoclastos a menudo con estratificación cruzada, y depósitos arenosos, limosos y/o margosos ocres y grises, con gasterópodos y ricos en restos de carbones. Se intercalan puntualmente gravas poligénicas, domos estromatolíticos y boundstones de tallos. Un segundo tramo correspondiente a la parte superior del afloramiento, donde tienden a dominar las facies fitoclasticas y bioconstruidas de musgos.

Destacan desde el punto de vista sedimentológico por su abundancia las facies de oncoides [fig. 3] (facies *Lo* según la terminología propuesta por Arenas).¹⁰

10. C. ARENAS, M. VÁZQUEZ-URBEZ, G. PARDO-TIRAPU y C. SANCHO-MARCÉN, «Fluvial and associated carbonate deposits», en A. M. Alonso-Zarza y L. H. Tanner (eds.), *Carbonates in continental settings. Facies, environments and processes, Developments in Sedimentology*, 61 (2010), pp. 133-176.

Los oncoides, cuyo tamaño es variable (milimétrico a centimétrico) llegan a superar a los 5 cm [figs. 3 y 4 B], además internamente están formados por láminas concéntricas de carbonato muy porosas [fig. 3]. La cantidad de matriz entre oncoides es variable, llegando casi a desaparecer en algunas zonas presentando texturas granosoténidas en las que no se aprecia ordenamiento alguno.

El contenido paleobotánico adquiere importancia en las facies de margas. Aparecen en forma de cuerpos discontinuos dispersos a lo largo y alto del afloramiento. Se trata de margas grises masivas o con laminación horizontal que incluyen limos y arenas. Contienen abundantes cantidades de macrorrestos vegetales [fig. 4 D] y en ocasiones también oncoides en su interior. Los análisis de radiocarbono (5825 ± 27 y 4060 ± 27 cal BP) indican la edad holocena de las tobas [tabla 1]. Del mismo modo las dataciones U/Th realizadas [tabla 2] en el depósito indica que se trata de tobas holocenas (5766 ± 10659 y 2599 ± 6410) aunque el elevado error obtenido invalida dichas edades. El elevado error se debe a la abundante cantidad de torio detrítico (^{232}Th) acumulado en este tipo de sedimentos, es por esto por lo que el método del U/Th no es válido para edificios tobáceos holocenos, contrariamente a los buenos resultados obtenidos en otros depósitos tobáceos de edad pleistocena.

Contenido palinológico

En los dos niveles analizados la diversidad polínica así como el estado de preservación han sido considerables [fig. 5], identificando un mínimo de 400 granos de polen [figs. 3 y 4].

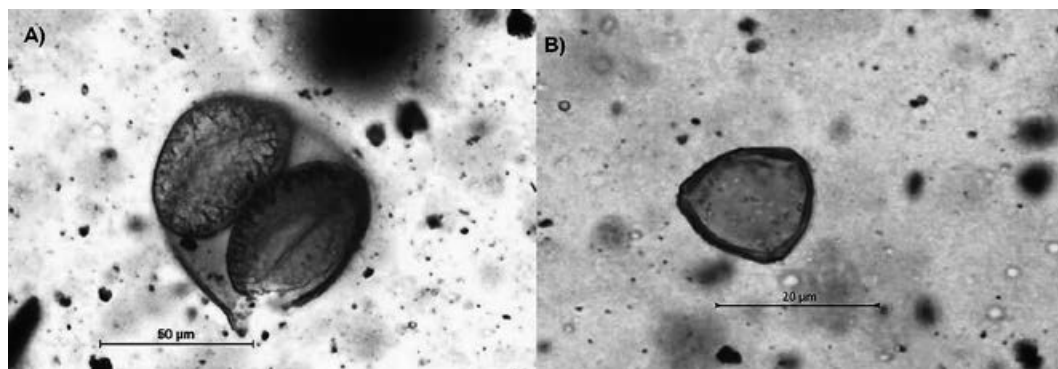
Se han excluido las Compositae de la suma polínica terrestre debido a su sobrerrepresentación en material carbonatado.¹¹

Los resultados polínicos señalan el desarrollo de un bosque fluvial donde adquieren relevancia taxones planocaducifolios como Avellano (*Corylus*) [fig. 5], Abedul (*Betula*), Olmo (*Ulmus*), Nogal (*Juglans*), Sauce (*Salix*), Chopo (*Populus*) y hiedra (*Hedera*) que llegan a alcanzar frecuencias en torno al 35% [fig. 3]. Valores moderados de Quejigo/Melojo (*Quercus faginea/pyrenaica* type) así como de Encina/Coscoja (*Quercus ilex/coccifera* type) apuntan a la presencia de un encinar mixto en las inmediaciones del edificio carbonatado. De la misma manera, completan la asociación polínica elementos arbustivos mediterráneos tales como Lentisco-Cornicabra (*Pistacia*), Acebuche (*Olea*), Jara (*Cistus*) y el Enebro-Sabina (*Juniperus*). Frecuencias de 20% de *Pinus sylvestris/nigra* type [fig. 5] señalan la distribución del pino silvestre en cotas altas del Macizo del Moncayo, aunque no se descarta de la existencia de pequeñas poblaciones cerca registro tal y como se evidencia en los resultados antracológicos. La presencia de polen de hidrófitas como *Nymphaea* además de higrófitas como Cyperaceae o *Typha latifolia* type (enea) sugieren un ambiente deposicional estable con una lámina de agua bien desarrollada.

11. M. RICCI, A. BERTINI, E. CAPEZZUOLI, N. HORVATINČIĆ, J. E. ANDREWS, S. FAUQUETTE y M. FEDI, «Palynological investigation of a Late Quaternary calcareous tufa and travertine deposit: the case study of Bagnoli in the Valdelsa Basin (Tuscany, central Italy)», *Review of Palaeobotany and Palynology* (2014).



4. A) Aspecto general del edificio tobáceo en las proximidades de Vozmediano. B) Detalle de las facies formadas por oncoïdes de gran tamaño. C) Detalle de las facies formadas por bioconstrucciones principalmente formada por estromatolitos. D) Facies de margas donde se observa la presencia de un nivel de carbones. E) Detalle de las estratificaciones cruzadas que aparecen en las facies de oncoïdes. F) Detalle de las estratificaciones cruzadas que aparecen en las facies de oncoïdes.



5. Ejemplo de granos de polen fósiles identificados en el edificio tobáceo del río Queiles. A) Pino silvestre (*Pinus nigra/sylvestris* type). B) Avellano (*Corylus avellana*). Nótese la buena preservación de las muestras analizadas.

Contenido antracológico

Los carbones analizados presentan un buen estado de conservación, siendo el número de muestras no determinadas inferior al 2%. De las 85 muestras de carbón analizadas se han llegado a identificar un total de 12 taxones.

Los resultados son similares a los obtenidos en el espectro polínico y se confirma la presencia local de especies adaptadas a un ambiente fluvial tales como *Corylus*, *Acer* (arce), *Salix/Populus*, *Ulmus* y *Castanea* (castaño) [fig. 3], este último siendo de gran interés biogeográfico. Además, está presente el pino silvestre junto con robles y arbustos como *Pistacia* o rosáceas. Destaca la aparición de carbones de *Taxus* (tejo) [fig. 3].

INTERPRETACIÓN PALEOAMBIENTAL

Es durante las fases cálidas y húmedas de los momentos interglaciares cuando se producen mayoritariamente el desarrollo de edificios tobáceos y es durante el periodo Holoceno cuando la acumulación de tobas adquiere espe-

cial relevancia. La mayor frecuencia de desarrollo tobáceo Holoceno tuvo lugar en el Holoceno medio en el sector de la Cordillera ibérica.¹² Diversos registros lacustres durante este periodo también apuntan hacia condiciones cálidas y húmedas,¹³ es por esto por lo que las tobas estudiadas (5800-4000 cal BP) se encuentran perfectamente contextualizadas en el escenario climático durante este periodo.

Las facies y estructuras sedimentarias permiten inferir diferentes ambientes sedimentarios dentro del propio medio fluvial. De este modo, los depósitos de

12. C. SANCHO, C. ARENAS, G. PARDO, M. VÁZQUEZ, J. HELLSTROM, J. E. ORTIZ, T. TORRES, E. RHODES, C. OSÁCAR y L. AUQUÉ, «Ensayo cronológico de las tobas cuaternarias del río Piedra (Cordillera Ibérica)», *Geogaceta*, 48 (2010), pp. 31-34.

13. J. ARANBARRI, P. GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, B. VALERO-GARCÉS, A. MORENO, G. GIL-ROMERA, M. SEVILLA-CALLEJO, E. GARCÍA-PRieto, F. DI RITA, M. P. MATA, M. MORELLÓN, D. MAGRI, J. RODRÍGUEZ-LÁZARO y J. S. CARRIÓN, «Rapid climatic changes and resilient vegetation during the Lateglacial and Holocene in a continental region of south-western Europe», *Global and Planetary Change*, 114 (2014), pp. 50-65.

fitoclastos y oncoides indican un ambiente fluvial de energía moderada-alta con el desarrollo de barras de escaso relieve. No obstante, la formación de los oncoides pudo ocurrir en condiciones de menor energía.¹⁴ Por otra parte, las zonas fluviales de baja energía estarían representadas por los sedimentos margosos con niveles orgánicos. Se ha observado como la densidad de oncoides disminuye drásticamente en otros afloramientos aguas abajo, donde las facies adquieren una presencia más margosa y lutítica. Es por esto, por lo que la masiva presencia de oncoides parece estar en relación con el tramo fluvial superior y con importante una descarga de agua saturada en calcita, bien oxigenada y altamente agitada en algunos puntos, y no aguas abajo, donde el cauce pierde pendiente y las aguas ya han perdido su carga química debido a la previa desgasificación en la cabecera del río.

Las riberas del río Queiles estarían colonizadas por un bosque ripario, tal y como se deduce del espectro polínico y antracológico. Especies meso-termófilas como el avellano, nogal o el castaño tienen presencia local. Regionalmente, se expanden las quercíneas tanto caducifolias como las perennes además de diversos elementos de carácter mediterráneo (*Olea*, *Pistacia*),¹⁵ señalando así

14. S. ORDÓÑEZ, R. CARBALLAL y A. GARCÍA DEL CURA, «Carbonatos biogénicos actuales en la cuenca del río Dulce (provincia de Guadalajara)», *Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)*, 7 B (1980), pp. 303-315.

15. J. ARANBARRI, P. GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, B. VALERO-GARCÉS, A. MORENO, G. GIL-ROMERA, M. SEVILLA-CALLEJO, E. GARCÍA-PIRETO, F. DI RITA, M. P. MATA, M. MORELLÓN, D. MAGRI, J. RODRÍGUEZ-LÁZARO y J. S. CARRIÓN, «Rapid climatic...», ob. cit., pp. 50-65.

el establecimiento de unas condiciones climáticas benignas durante el Holoceno medio. Se refleja la presencia del pino montano en cotas elevadas, y que converge cronológicamente con trabajos previos realizados en el Sistema Ibérico¹⁶ aunque la presencia de carbones en el conjunto antracológico evidencia también su importancia local. Cabe destacar la presencia de tejo, aportando nuevos datos sobre su distribución durante el Holoceno medio en la rama aragonesa del Sistema Ibérico y que ha mostrado una progresiva reducción en los últimos milenios.¹⁷

CONCLUSIONES

En este estudio se aportan los primeros datos cronoestratigráficos, geomorfológicos, palinológicos y paleobotánicos de las tobas holocenas del río Queiles:

- El desarrollo del edificio tobáceo tuvo lugar entre 5800 y 4000 años cal BP, coincidiendo con una fase climática

16. M. C. PEÑALBA, «The History of the Holocene Vegetation in Northern Spain from Pollen Analysis» *Journal of Ecology*, 82 (1994), pp. 815-832; M. F. SÁNCHEZ GOÑI y G. E. HANNON, «High-altitude vegetational pattern on the Iberian Mountain Chain (north-central Spain) during the Holocene», *The Holocene*, 9 (1999), pp. 39-57; y M. J. GIL-GARCÍA, M. DORADO-VALIÑO, A. VALDEOLMILLOS RODRÍGUEZ y M. B. RUIZ-ZAPAT, «Late-glacial and Holocene palaeoclimatic record from Sierra de Cebollera (northern Iberian Range, Spain)», *Quaternary International*, 93-94 (2002), pp. 13-18.

17. P. UZQUIANO, E. ALLUÉ, F. ANTOLÍN, F. BURJACHS, L. PICORNEL, R. PIQUÉ y L. ZAPATA, «All about yew: on the trail of *Taxus baccata* in southwest Europe by means of integrated palaeobotanical and archaeobotanical studies», *Vegetation History and Archaeobotany*, 24 (2014), pp. 229-247.

biostática favorable de carácter regional a nivel de Cordillera Ibérica.

- El método del U/Th no es un método óptimo para tobas holocenas debido a la elevada cantidad de Th detrítico (^{323}Th) y escasa presencia de Th radiogénico (^{230}Th). En términos generales este tipo de medios sedimentarios muestran cantidades de Th detrítico elevado, debido a la masiva presencia de arcillas que se depositan en ellos.

- El edificio estudiado está constituido por secuencias formadas por facies oncolíticas de canales fluviales y facies de margas con niveles orgánicos de áreas inundadas. La presencia de oncoides parece estar asociada a los depósitos próximos a la surgencia y no los depósitos del cauce bajo del río.

- Los datos polínicos revelan la presencia de un bosque ripario bien desarrollado y con una gran diversidad de taxones meso-termófilos, mientras que regionalmente se expanden los bosques de encinas y robles además de pinares.

- La presencia in situ de especies como *Taxus baccata* o *Castanea sativa* durante el Holoceno medio en la rama aragonesa del Sistema Ibérico aporta nuevos datos su distribución biogeográfica.

- El incremento del número de muestras paleobotánicas así como su correlación con otros depósitos regionales cronológicamente bien delimitados, detallará la historia de la vegetación en el Macizo del Moncayo durante los últimos 10.000 años.