

# SECUENCIAS TOBÁCEAS Y CAMBIOS DE PAISAJE EN EL ALTO EBRO

E. SERRANO<sup>1</sup>, M.J. GONZÁLEZ AMUCHASTEGUI<sup>2</sup>

1. Dpto. Geografía. Universidad de Valladolid. Ps/ Prado de la Magdalena s/n 47011. Valladolid (Spain).  
Tel: +34 98342300 Ext. 6589. serrano@fyl.uva.es

2. Dpto. Geografía, Prehistoria y Arqueología. Universidad del País Vasco. C/ Tomás y Valiente s/n.  
01006 Vitoria (Spain) Tel: +34 945014319. mj.gonzaleza@ehu.es

## RESUMEN

En este trabajo se presenta una visión general sobre las secuencias tobáceas y los cambios de paisaje durante el Holoceno en el Alto Ebro. Los lugares ocupados por los tobas fueron especialmente favorables para la ocupación humana, de modo que las investigaciones realizadas desde diferentes disciplinas ofrecen una respuesta coherente a la reconstrucción de la evolución del medio y los paisajes del alto Ebro. La dinámica y evolución de las tobas es un buen indicador de la respuesta del medio a los cambios climáticos y humanos.

Aunque las condiciones ambientales no han experimentado importantes cambios en este periodo, las tobas sí han experimentado profundos cambios, como respuesta a los intensos usos humanos y los cambios naturales. Los estudios sobre las tobas y los depósitos relacionados con ellas han permitido definir cuatro etapas morfogenéticas estrechamente relacionadas con la actividad antrópica y los cambios climáticos. El primer período es una crisis erosiva relacionada con el Cambio Abrupto acaecido en torno a 8,2 ka., cuando la presión humana era muy baja. La segunda coincide con un aumento en la actividad humana, la expansión de la agricultura, la ganadería y el megalitismo, durante el período Atlántico (6,5 a 5,5 ka). La tercera etapa se caracteriza por la erosión de los edificios tobáceos y comenzó inmediatamente después del llamado Milenio del Cambio (4,2 a 3,2 ka). Por último, durante los últimos dos milenios se ha producido una etapa de sedimentación de toba, interpretada como respuesta al re-equilibrio del geosistema.

**Palabras clave:** *Tobas, impacto humano, cambios de paisaje, Holoceno, geomorfología.*

## ABSTRACT

An overview on the tufa geomorphic sequences and landscape changes during the Holocene in the High Ebro river is provided in this work. Studies on tufas and associated deposits in the Upper Ebro Basin (Iberian Peninsula) allowed define four morphogenic tufa stages close related to human activity and climate changes. Places occupied by tufas were especially favourable for human occupation, which explains the relationship between humans and tufas evolution. Researches from different disciplines offer a coherent response to the reconstruction of the environmental evolution and landscapes of the upper Ebro. The tufa dynamic and evolution are good indicators of the response of the environment to climate and human changes.

Although the environmental conditions have not experienced hard changes, the tufa dynamic has gone through deep changes during Holocene as an answer to the intense human uses and the natural chan-

ges and so, tufa morphodynamic are not synchronic in all valleys. In the study site can be differentiated four main stages. The first period is an erosive crisis related to the 8.2 Abrupt Change, when human pressure was very low. The second one coincides with an increase in human activity, the expansion of megalithism and cattle farming, during the Atlantic period (6.5-5.5 ka) and implied deforestation and moderate environmental changes. The third stage is characterized by tufa erosion and began immediately after the named Millennium of Change (4.2-3.2 ka). An intense occupation of the land took place and tufa systems were partially destroyed. Finally, a tufa sedimentation stage has occurred during the last two millennia and it has been interpreted as the response to the re-balancing of the geosystem, once the human interference diminishes or disappears.

**Key words:** *Tufa, human impact, landscape changes, Holocene, geomorphology.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Las tobas se generan bajo condiciones cálidas, con disponibilidad hídrica y aguas sin carga sedimentaria ni solutos agresivos (Vaudour, 1986; Pedley, 1990; Pentecost & Viles, 1994; Pentecost, 2005) y por eso son extremadamente frágiles y responden rápidamente a los cambios dinámicos, ya sean naturales o humanos. Los trabajos de Vaudour (1986) señalan la relación entre la ocupación humana y la dinámica de las tobas, y muestra ya en los años 90 el descenso en Europa de la actividad tobácea durante el Holoceno reciente, que se pone en relación con el uso humano del territorio (Vaudour, 1986, 1994; Goudie *et al.*, 1993; Ambert, 1997; González & Rubio 2000; Guendon *et al.*, 2003). El concepto de secuencia climato-antrópica, considerada como la sucesión de procesos y formas inducidos por la interrelación climática y humana, diferente de aquellas que responden a las variaciones y cambios climáticos exclusivamente (Vaudour, 1994; Guendon *et al.*, 2003) se aplicó para el Mediterráneo. En este ambiente la combinación entre variabilidad climática, intensidad de usos humanos y sensibilidad del medio hacen más o menos eficaces los impactos inducidos por la antropización del

medio durante el Neolítico y las edades del Bronce y del Hierro e intervienen en el balance de construcción y destrucción de tobas.

En la actualidad, la sensibilidad de las tobas y su respuesta ante las modificaciones humanas del medio tiene especial interés para delimitar el Antropoceno, bien como un hecho reciente, relacionado con la revolución industrial y las emisiones de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> capaces de alterar la composición atmosférica (Ruddiman, 2005; Steffen *et al.*, 2011), bien como un proceso ligado a cambios ambientales antropogénicos anteriores, capaces también de alterar los contenidos de CO<sub>2</sub> en la atmósfera (Ruddimann, 2003, 2005).

## 2. ÁREA, OBJETO DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA

El río Ebro en su curso alto, desde Valderredible hasta Tobalina, discurre por la vertiente meridional de la Cordillera Cantábrica, una zona de transición climática subatlántica. El Ebro se adapta o atraviesa diferentes unidades morfoestructurales de naturaleza calcárea que condicionan la morfología general del valle (Ortega, 1974; González Pellejero, 1986; García Fernández, 1992; Serrano *et al.*, 2009).

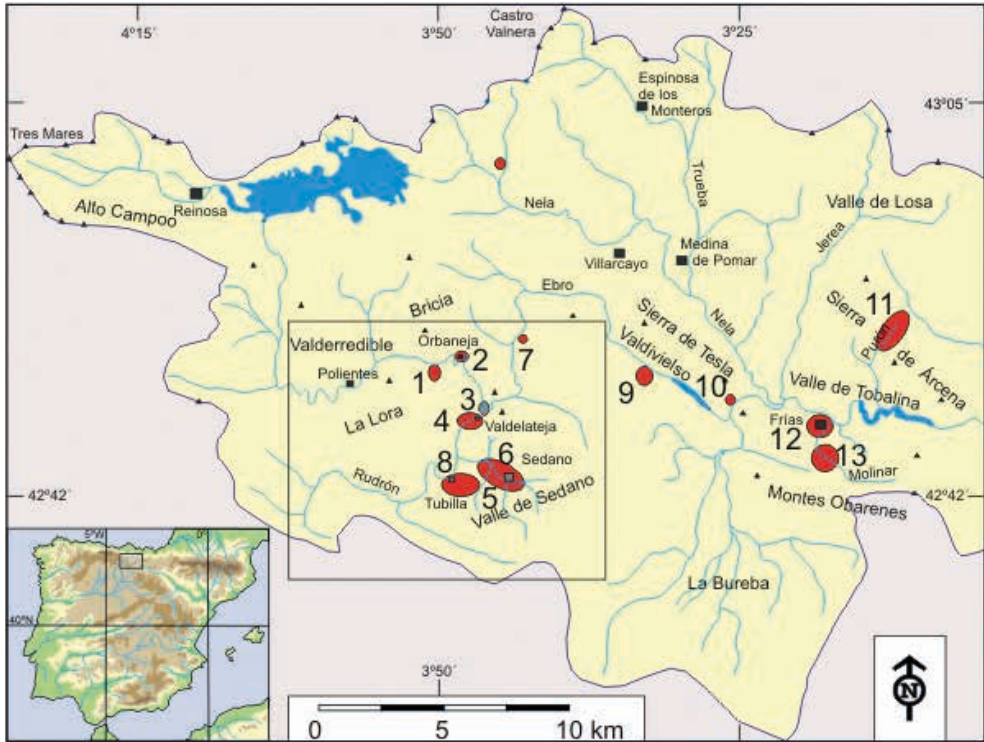


Figura 1. Localización de la zona de estudio y emplazamiento de las tobas (rojo) en el Alto Ebro.

La estructura geológica y los materiales determinan la existencia de un relieve plegado que junto al modelado fluvial y la karstificación caracterizan la morfología de esta zona. El dominio de las areniscas, margas y calizas del Cretácico superior y las areniscas, margas y conglomerados terciarios, dispuestos en bandas alternantes de dirección preferente WNW-ESE, condicionan a su vez la karstificación del conjunto.

Las formas de modelado más características son dos generaciones de glaciares (en Valdivielso, Tobalina y Villarcasto), tres niveles de terrazas fluviales, derrubios ordenados, y conos de deyección y fluvio-torrenciales (González Amuchastegui &

Serrano, 1996, 2007). La karstificación de las sierras y parameras determina el desarrollo de importantes edificios tobáceos.

A partir de la cartografía geomorfológica, los levantamientos litoestratigráficos y morfoestratigráficos, y las dataciones, se establece una secuencia de construcción y destrucción de tobas (González Amuchastegui & Serrano, 2007, 2013; García Amorena *et al.*, 2011; Carrión *et al.*, 2012; González Pellejero *et al.*, 2012) que relacionada con la información climática aportada por los datos palinológicos de la zona de estudio (Muñoz Sobrino *et al.*, 1996) y el entorno (García Amorena *et al.*, 2008; Martínez Cortizas *et al.*, 2009; Iriarte, 2009; Pérez Obiol *et al.*, 2011), así

Tabla 1: Dataciones realizadas en el Alto Ebro

NÚMERO MUESTRA	COMPLEJO TOBÁCEO	POSICIÓN EDIFICIO	FACIES <sup>1</sup>	CRONOLOGÍA	
				C <sup>14</sup> A BP	2 $\Sigma$ CAL A BP <sup>2</sup>
GrA-38017 <sup>3</sup>	Tubilla 1	Medio	M.O.	3950±35	4290-4450
GrA-38059 <sup>3</sup>	Tubilla 4	Superior	M.O.	24620±120	29120-29910
GrA-38029	Tubilla 7	Superior	M.O.	22410±100	26570-27760
TUAG.BU.01 <sup>4</sup>	-	Medio	CaCO <sub>3</sub>	2650±40	2730-2850
TUAG.P <sup>4</sup>	--	Inferior	CaCO <sub>3</sub>	1570±40	1370-1540
Beta-271244 <sup>3</sup>	SedanoCM2	Medio	M.O.	4840±30	5580-5620
Beta-271245 <sup>3</sup>	SedanoEM3	Medio	M.O.	4780±30	5470-5590
Beta-271246 <sup>3</sup>	SedanoHM4	Medio At	M.O.	3950±20	4380-4440
GrN25977	Purón 1	Medio	M.O.	8.320±400	10.320-8.240
GrN25978	Purón 2	Medio	M.O.	6790±40	7.700-7.580
GrN25979	Purón 3	Inferior	M.O.	4700±40	5.650-5.250
GrN25980	Purón 4	Superior	M.O.	5770±110	6.810-6.330
GrN-25975	Molinar 1	Superior	M.O.	5025±35	5,950-5,630
2GrN-25976	Molinar 2	Medio	M.O.	6.715±40	7.680-7.480
GrN12121 <sup>6</sup>	Ciella	---	M.O.	5290±40	6012-6160
GrN12994 <sup>6</sup>	El Moreco	---	M.O.	5150±60	5790-5974
GrN14128 <sup>6</sup>	Valdemuriel a	---	M.O.	5670±110	6359-6605
GrN14494 <sup>6</sup>	Valdemuriel b	---	M.O.	6565±45	7444-7514
GrN14951 <sup>6</sup>	La Mina	---	M.O.	5100±170	5683-6070
GrN16073 <sup>6</sup>	Fuente Pascua	---	M.O.	5270±140	5903-6205
GrN21447 <sup>7</sup>	Turbera La Piedra	160 cm	M.O.	7450±50	8218-8336
GrN21448 <sup>7</sup>	Turbera La Piedra	235 cm	M.O.	12270±70	14076-14680
Número Muestra	Complejo Tobáceo	Posición Edificio	Facies <sup>1</sup>	OSL	U/Th
TUB2 <sup>5</sup>	Tubilla	Superior	CaCO <sub>3</sub>		1950±290
TUB3 <sup>5</sup>	Tubilla	Inferior	Detrítico	6488±631	
TUB3 <sup>5</sup>	Tubilla	Inferior	CaCO <sub>3</sub>		4340±390
TUB4 <sup>5</sup>	Tubilla	Medio	CaCO <sub>3</sub>		5520±670
ORBA1 <sup>5</sup>	Orbaneja	--	CaCO <sub>3</sub>		4500±700

1. M.O. Materia orgánica. 2. Calibración realizada con la aplicación Intcal09.14c Uso de 2 sigma y más elevada probabilidad de área relativa. 3. González Amuchastegui y Serrano, 2012. 4. García Amorena et al., 2011. 5. González Pellejero et al., 2012. 6. Delibes et al., 1993. 7. Muñoz Sobrino et al., 1996.

Tabla 2. Evolución de la construcción de tobas en la zona de estudio (González Amuchastegui y Serrano, 2005; 2007; 2013, 2014)

	DINÁMICA	CRONOLOGÍA
PLEISTOCENO	1. Construcción tobácea:	Pleistoceno, anterior a MIS5. Frías a 140 m
	Incisión	
	2. Construcción tobácea:	166 ka, inicio de MIS 5. Frías, 40 m
	Incisión	
	3. Construcción tobácea:	Anteriores al último máximo frío (LGM), MIS 2 Tubilla del Agua, Rudrón-Valdelateja.
	Incisión	Pleistoceno reciente final (LGM)
HOLOCENO	4. Construcción tobácea:	Holoceno inicial, Holoceno final. 9-4,2 ka Purón, Tubilla del Agua, Sedano, Molinar
	Incisión y encajamiento de la red fluvial	Parcialmente destruidos después de 4- 3.5 ka
	5. Construcción tobácea:	2-1.5 ka a la actualidad Tubilla del Agua, Valdelateja, Orbaneja, Tobazo, Purón, Molinar.

como con estudios arqueológicos de la zona (Apellaniz, 1974; Clark *et al.*, 1979; Delibes, 1984, 2007; Delibes *et al.*, 1993; Moreno & Delibes, 2007, Alday, 2005; Zapata & Alday, 2007) permite reconstruir los cambios topográficos y valorar la importancia de la dinámica natural o la actividad humana en la configuración del relieve. Para la ubicación temporal de la génesis de las tobas se dispone de un total de 24 dataciones radiométricas de horizontes orgánicos, restos tumulares, tobas o turberas (Tabla 1).

### 3. LAS TOBAS

La karstificación determina dos tipos de emplazamiento geomorfológico de las tobas. Los edificios de ladera se construyen en surgencias en el contacto entre las calizas y las margas y se caracterizan por su posición en las laderas y los fuertes desniveles. Son edificios pequeños con un

rellano somital y fuertes pendientes, con morfologías en cascada de facies estromatolíticas. Los edificios de fondo de valle forman terrazas y barreras que superan los 25 m de espesor. Incididos por los ríos, forman terrazas a distintas alturas, y constituyen terrazas calcareníticas, edificios de retención, cascadas o tobas lacustres, constituidos por depósitos tobáceos autóctonos y alóctonos.

En el alto Valle del Ebro se han definido 5 fases de crecimiento tobáceo, de las cuales sólo las dos últimas son holocenas (Tabla 2).

### 4. LA EVOLUCIÓN DEL RELIEVE Y LOS CAMBIOS HUMANOS Y NATURALES DURANTE EL HOLOCENO

Las fases de construcción y destrucción tobácea y los niveles orgánicos de las

formaciones de tobas permiten aproximarse a una secuencia de la evolución del relieve en el sector de Sedano. La regularización de las laderas mediante derrubios ordenados, tipo grezés litéas, se asocia a un ambiente árido y frío del Pleistoceno final, posiblemente al periodo álgido del LGM o al Dryas reciente, de clima menos frío y seco. Las fases holocenas de construcción tobácea se inicia en el Preboreal:

#### **4.1. Construcción tobácea (Boreal, Atlántico, Subboreal)**

En el Holoceno, las primeras construcciones tobáceas se han datado en el Purón, en torno a 9 ka, el Boreal, y en el Molinar, 7 ka, con una continuidad en su construcción hasta 4 y 3.5 ka respectivamente, durante el Atlántico y hasta el Subboreal. En Tubilla del Agua y Sedano las dataciones son posteriores, en el Atlántico, anterior a 5.5 ka en Tubilla y a 6.6 ka en Sedano. En las tobas existen niveles orgánicos intercalados, un primer horizonte orgánico localizado en la base de la toba del Purón (González Amuchastegui & Serrano, 2007, 2014), ha sido datado en torno a 10,3-8,2 ka cal BP. Además, el nivel infratumular de los megalitos de La Lora (Delibes *et al.*, 1993; Delibes, 2007) y el brusco descenso de porcentajes arbóreos a 1.55-1.60 cm de profundidad en la turbera de La Piedra (Muñoz *et al.*, 1996), junto a la expansión de gramíneas, han dado edades en torno a 8.2 ka (tabla 1). También en la montaña y la costa cantábrica se refleja este periodo como una fase de marcada aridez y enfriamiento (García Amorena *et al.*, 2008; Muñoz Sobrino *et al.*, 2009; Perez Obiol *et al.*, 2011; Moreno *et al.*, 2011). Se trata de un horizonte orgánico generalizado y una respuesta vegetal que coinciden cronoló-

gicamente con el evento 8,2 ka., cambio abrupto, frío, seco y breve de escala planetaria (Alley & Ágústssdóttir; 2005; Kobaschi *et al.*, 2007), que interpretamos como una respuesta a este evento climático Boreal abrupto que implicó una crisis erosiva y acumulaciones orgánicas en los niveles tobáceos.

A partir de 8,1 ka, se genera una fase de construcción tobácea con la presencia de horizontes orgánicos, la mayor parte entre 6,5 y 5,5 ka, en el periodo Atlántico. Estos se relacionan con la intensificación de la actividad humana mediante la deforestación por rozas e incendios que originan horizontes orgánicos y cambios morfodinámicos locales. En Tubilla, Sedano y Valdelateja existen yacimientos calcolíticos, cuevas sepulcrales de la Edad del Bronce y dólmenes en el páramo que constatan la ocupación de los valles y parameras a partir de 7 ka (Clark *et al.*, 1979; Campillo y Ramírez, 1984; Delibes, 2007). Las primeras construcciones megalíticas datan de este periodo, entre 6,3 y 5,2 ka y los arqueólogos señalan en esta fase la presencia de incendios de origen humano (Delibes *et al.*, 1993; Delibes & Rojo, 1997; Moreno & Delibes, 2007).

A partir de 6 ka, en el Atlántico medio y final, el NW de la península Ibérica se caracteriza por el incremento de la aridez, ascenso de temperaturas y un máximo de CO<sub>2</sub> hace 5,8 ka (Martínez Cortizas *et al.*, 2009; García Amorena *et al.*, 2007) que señalan el Óptimo Climático Holoceno. Este periodo de moderado incremento de las temperaturas y aridez prolongada, con un 55-65% de humedad menos que actualmente, finaliza hacia 5-4,3 ka, y representa en las montañas atlánticas un clima húmedo y cálido idóneo para la generación

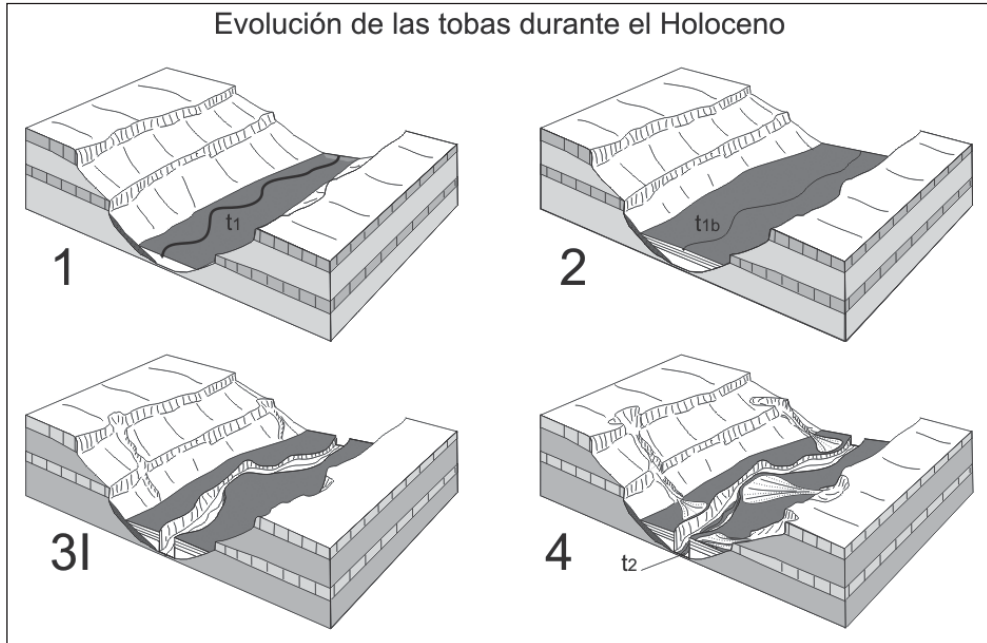


Figura 2. Evolución morfológica en el valle de Sedano y construcción tobácea.

de tobas. En este periodo, Atlántico final y Subboreal, el ritmo de construcción tobácea alcanza su máxima intensidad y en todos los valles se generan tobas. En este momento la actividad humana es capaz de alterar el medio, con rozas, quemas y puestas en cultivo, pero no de interrumpir de modo continuado la sedimentación carbonatada.

#### **4.2. Destrucción e incisión de tobas (Subboreal, Subatlántico)**

Entre 4,2 ka y 3,5 ka, cesa la sedimentación carbonatada, que sólo continúa en Tubilla 700 años más. Es un periodo en el que la construcción de tobas varía entre cada valle, para a partir de 3,5 ka cesar en todos los valles. En este periodo se producen dos hechos. Por una parte, un incremento de la humedad y un relativo refres-

camiento que caracterizan el Enfriamiento Neoglaciario, detectado claramente en La Garma (Baldini *et al.*, 2010) y que en el N y NW de la península Ibérica representa una media de 2°C más baja que la actual (Fábregas *et al.*, 2003; García Amorena *et al.*, 2007, 2008; Martínez Cortizas, 2009). Por otra, en este periodo se consolida la agricultura, se desarrolla un pastoralismo ovicaprino, se introducen el conejo, cerdos, cabras, ovejas y vacuno domésticos, cambian los hábitos alimenticios y, posiblemente, las costumbres (Apellaniz, 1974; Clark *et al.*, 1979; Zapata & Alday, 2007).

La alteración hidrológica y el incremento de la erosión derivado de la ocupación y deforestación humana, y posiblemente favorecido por el moderado Enfriamiento Neoglaciario, generan un aumento

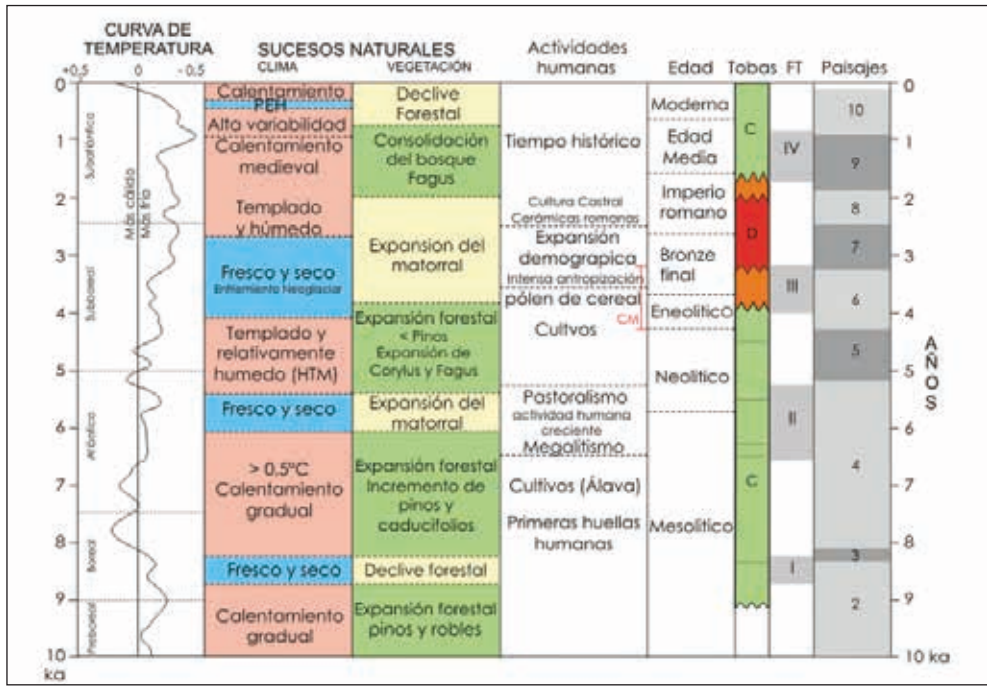


Figura 3. Cuadro de síntesis de los distintos elementos que han condicionado los cambios de paisaje en la zona de estudio.

de la carga sedimentaria en las corrientes de agua que impide la construcción de tobas e inicia procesos de erosión y desmantelamiento. Estos se intensifican durante el Eneolítico-Bronze y Hierro, lo que conduce a pensar más en una secuencia fundamentalmente antrópica que natural, como sucedió en otros lugares del Mediterráneo (Vaudour, 1986, 1994; Goudie *et al.*, 1993; González Martín & Rubio, 2000; Guendon *et al.*, 2003). La incisión y desmantelamiento de los edificios tobáceos conforma terrazas tobáceas y fluviales colgadas entre 2 y 15 metros sobre los cauces. La incisión de las terrazas y los conos de deyección que reposan sobre éstas, señalan una degradación de las laderas con rápidos transportes de sedimentos en las

cuencas pequeñas, y un incremento de la capacidad de incisión en las mayores.

### 4.3. Reequilibrio y construcción de tobas (Subatlántico)

Desde 2-1,9 ka en Tubilla y Sedano, y posiblemente más tarde en Toberas y Purrón, se genera una fase constructiva de tobas que perdura hasta la actualidad. A partir de los 2,8-2,5 ka, con la entrada en el Subatlántico, se inicia un nuevo periodo cálido y húmedo (García Amorena *et al.*, 2008; Pérez Obiol, 2011) de elevada variabilidad climática, con frecuentes cambios breves en el tiempo. A la mejoría climática romana, que en el NW de la península Ibérica es un periodo entre 0,2 y 0,3°C más cálido que la media del Holoceno y seco,



le continúan un breve periodo húmedo (1.8-1.6 ka), de nuevo aridez y relativo enfriamiento (1,3-1 ka), una fase más cálida, el Optimo Climático Medieval (900-1250 AD) (García Amorena, 2007; García Amorena *et al.*, 2008; Pérez Obiol *et al.*, 2011) y finalmente, ya en el siglo XIV, un enfriamiento, la Pequeña Edad del Hielo, con temperaturas 1°C menores que en la actualidad y cambios hidrológicos en las montañas y la cuenca del Ebro. Pero sobre todo es un periodo de intensa ocupación y fuerte presión antrópica en el norte de Burgos y La Lora (Muñoz Sobrino *et al.*, 1996; Delibes, 2007), donde continua el pastoralismo, pero se inicia una cultura castral basada en la ocupación de espacios altos y la explotación de los fondos de los valles, con explotaciones ganaderas extensivas (Apellaniz, 1974; Torres, 2003).

Dada la alta variabilidad climática de los últimos dos milenios, con fluctuaciones importantes, el reinicio de la precipitación carbonatada en todos los valles no puede interpretarse como una respuesta a los moderados cambios ambientales. La interpretación como un reequilibrio del geosistema, que una vez finalizadas las alteraciones geomorfológicas, hidrológicas y de vegetación, se reduce la carga sedimentaria de las aguas cargadas de carbonatos y reinician, bajo unas condiciones de humedad y temperatura adecuadas, la precipitación de carbonatos y la construcción de edificios tobáceos. Es la última fase de la secuencia climato-antrópica iniciada hace 5500 años.

## 5. CONCLUSIONES

El análisis de las tobas permite reconstruir una secuencia de evolución geomorfológica en los valles con tobas del Alto

Ebro durante el Holoceno. Se han establecido dos fases de génesis de tobas, interrumpidas por un periodo de destrucción. La evolución responde a parámetros naturales hasta los 6,5 ka (Boreal y Atlántico), pero desde entonces la actividad humana condiciona la dinámica hidrológica y morfogenética de las tobas. En las parameras del Ebro y Sedano se aprecia la capacidad humana para alterar los procesos geomorfológicos (erosión o acumulación, tobas de laderas) e hidrológicos. Desde hace 4,5 ka, durante el Subboreal y el Subatlántico, las modificaciones humanas del medio determinan la evolución del relieve en el fondo de los valles y de las tobas. Dado que en este periodo no existen crisis climáticas pronunciadas pero sí un poblamiento intenso (Edades del Bronce y Hierro), es la intervención humana sobre el territorio y los consiguientes cambios en los procesos geomorfológicos de ladera y de fondo de valle los que alteran la construcción tobácea, desmantelan parcialmente los valles y generan intensos procesos de erosión y pérdida de suelos. Por todo ello se define la evolución geomorfológica holocena como una secuencia climato-antrópica.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Al Profesor José María García Ruiz por sus años de dedicación a la Geografía, de estudios pioneros en torno a las montañas, el paisaje, la cartografía o la geomorfología glacial, y por abrir caminos hacia la investigación geográfica.

## 7. REFERENCIAS

- Alday, A. (2005): The transition between the last hunter-gatherers and the first farmers in Southwestern Europe: The Basque perspective. *Journal of Anthropological Research*, 61 (4): 469-494.
- Alley, R.B. & Ágústssdóttir, A.M. (2005): The 8k event: cause and consequences of a major

- Holocene abrupt climate change. *Quaternary Science Reviews*, 24 (10-11): 1123-1149.
- Ambert P. (1997): Travertins et dépressions fermées de piémont: paléoenvironnements et anthropisation des paysages du midi méditerranéen. *Études de Géographie Physique*, 26: 31-34.
- Apellaniz, J.M. (1974): El Grupo de Los Husos en la Prehistoria con cerámica. *Estudios de Arqueología Alavesa*, 7: 7-409.
- Baldini, L., McDermott, F., Arias Cabal, P., Garcia-Monco, C., Baldini, J., Matthey, D., Hoffmann, D., Richards, D. & Mueller, W. (2010): Climate in northern Spain through the Younger Dryas and Holocene preserved in a precisely dated speleothem from La Garma cave, Cantabria. En: EGU General Assembly Vienna, Austria, p. 14937. Publication Date: 05/2010. Bibliographic Code: 2010EGUGA. 1214937B.
- Campillo, J. & Ramírez, M.M. (1984): Aportaciones iniciales a un importante conjunto calcolítico de Tubilla del Agua (Burgos). *Boletín de la Institución Fernán González*, 202: 125-142.
- Carrión, J. (coord.)(2012): *Paleoflora y Paleovegetación de la Península Ibérica e Islas Baleares: Plioceno-Cuaternario*. Ministerio de Economía y Competitividad, Madrid.
- Clark, G., Straus, L.G., Burton, S.S. & Jackson-Clark, V. (1979): The North Burgos Archaeological Survey: An inventory of cultural remains. En: *The North Burgos Archaeological Survey. Bronze and Iron Age archaeology on the Meseta del Norte (Province of Burgos, North-Central Spain)* (G. Clark, ed.), Arizona State University. Dept. of Anthropology: 18-156. Arizona.
- Delibes, G. (1984): Fechas de radiocarbono para el megalitismo de la meseta española. *Arqueología Portuguesa*, 10: 99-102.
- Delibes, G., Rojo, M.A. & Represa J.I. (1993): *Dólmenes de la Lora*. Burgos. Guía Arqueológica. Junta de Castilla y León. 115 pp. Salamanca.
- Delibes, G. & Rojo, M. (1997): Carbono 14 y secuencia megalítica de La Lora burgalesa: Aco-taciones a la problemática de las dataciones absolutas referentes a los yacimientos dolménicos. En: *O Neolítico Atlántico e as Orixes do Megalitismo. Actas do Coloquio Internacional de Santiago de Compostela* (A. Rodríguez Casal, ed.). Universidad de Santiago de Compostela: 391-414. Santiago.
- Delibes, G. (2007): La investigación de las sepulturas colectivas monumentales del IV milenio A.C. en la Submeseta Norte española. *Munibe*, 32: 12-57.
- Fábregas R., Martínez-Cortizas, A., Blanco, R. & Chesworth, W. (2003): Environmental change and social dynamics in the second-third millennium BC in NW Iberia. *Journal of Archaeological Science*, 30: 859-871.
- García Amorena, I. (2007): *Evolución de los bosques en la costa Atlántica ibérica durante el Cuaternario. Implicaciones paleoclimáticas (Quaternary evolution of the Atlantic Iberian coastal forest. Palaeoclimatic Implications)*. Ed. Fundación Conde del Valle de Salazar. 219pp. Madrid.
- García Amorena, I., Wagner-Cremer, F., Gómez Manzanque, F., van Hoof, T. B., García Álvarez, S. & Visscher, H. (2008): CO<sub>2</sub> radiative forcing during the Holocene Thermal Maximum revealed by stomatal frequency of Iberian oak leaves. *Biogeosciences Discussion*, 5: 3945-3964.
- García Amorena, I., Rubiales, J.M., Moreno Amat, E., Iglesias González, R. & Gómez-Manzanque, F. (2011): New macrofossil evidence of *Pinus nigra* Arnold on the Northern Iberian Meseta during the Holocene. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 163: 281-288.
- García Fernández, J. (1992): El espacio geográfico de los páramos de La Lora. En: *II Jornadas de Geografía Física de Sedano* (J. García Fernández y J.M. Rubio Recio, dirs.). Universidad de Valladolid: 9-54. Valladolid.
- González Amuchastegui, M.J. & Serrano, E. (1996): Cartografía geomorfológica del Valle de Tobalina (Burgos). *Cuadernos do Laboratorio Xeoxico de Laxe*, 21: 737-748.

- González Amuchastegui, M.J. & Serrano, E. (2007): Evolución geomorfológica, cambios ambientales e intervención humana durante el Holoceno en la cuenca alta del Ebro: las tobas de los valles del Purón y Molinar. *Estudios Geográficos*, 263: 527-546.
- González Amuchastegui, M.J. & Serrano, E. (2013): Acumulaciones tobáceas y evolución del paisaje: cronología y fases morfogénicas en el Alto Ebro (Burgos). *Cuaternario y Geomorfología*, 27, (1-2): 9-32.
- González Amuchastegui, M.J. & Serrano, E. (2014): Holocene Tufa changes as response to human impact on environments (Upper Ebro Basin, Northern Spain). *Zeitschrift für Geomorphologie*, en prensa.
- González Martín, J.A. & Rubio, V. (2000): Las transformaciones antrópicas del paisaje de los sistemas fluviales tobáceos del Centro de España. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural, Sec. Geol.*, 96 (1-2): 155-186.
- González Pellejero, R. (1986): Dinámica de un espacio natural. Los cañones calcáreos del Ebro (Burgos). *Ería*, 10: 5-86.
- González Pellejero, R., Martínez, A., Allende, F. & Frochoso, M. (2012): Las precipitaciones carbonatadas de los Cañones del Ebro: avances en su reconocimiento y cronología. En: *Avances de la Geomorfología en España*, Sociedad Española de Geomorfología-Publican-Universidad de Cantabria: 401-404 pp., Santander.
- Goudie, A.S., Viles, H.A. & Pentecost, A. (1993): The late-Holocen tufa decline in Europe. *The Holocene*, 3 (2): 181-186.
- Guendon J.L., Ali, A.A., Roiron, P., Terral, J.F., D'Anna, A. Díaz del Omo, F. & Baena, R. (2003): Les travertins de St. Antonin: Séquence géobotanique et climato-anthropique holocène, *Karstologia*, 41: 1-14.
- Iriarte, M.J. (2009): Vegetation landscape and the anthropization of the environment in the central sector of the Northern Iberian Peninsula: Current status. *Quaternary International*, 200 (1-2): 66-76.
- Kobashi T., Severinghaus, J.P., Brook, E.J., Barnola, J.M. & Grachev, A.M. (2007): Precise timing and characterization of abrupt climate change 8,200 years ago from air trapped in polar ice. *Quaternary Science Reviews*, 26: 1212-1222.
- Martínez Cortizas, A., Costa Casais, M. & López Sáez, J.A. (2009): Environmental change in NW Iberia between 7000 and 500 cal. BC. *Quaternary International*, 200: 77-89.
- Moreno Gallo, M.A. & Delibes, G. (2007): Dataciones absolutas para un menhir del valle de Valdelucio (Burgos): resultados de un sondeo en el túmulo de la Cuesta del Molino. *Zephyrus*, 60: 173-179.
- Muñoz-Sobrino, C., Ramil-Rego, P., Gómez-Orellana, P., Ferreiro da Costa, J. & Díaz Varela, A. (2009): Climatic and human effects on the post-glacial dynamics of *Fagus sylvatica* L. in NW Iberia. *Plant Ecology*, 203: 317-340.
- Muñoz-Sobrino, C., Ramil-Rego, P., Delibes De Castro, G. & Rojo Guerra, M. (1996): Datos paleobotánicos sobre la turbera de La Piedra (Paramo de Tozo, Burgos). En: *Biogeografía Pleistocena-Holocena de la Península Ibérica* (P. Ramil-Rego, C. Fernández Rodríguez & M. Rodríguez-Gutián, coords.). Consellería de Cultura de Santiago de Compostela: 149-163 pp., Santiago de Compostela.
- Ortega, J. (1974): *La transformación de un espacio rural: las Montañas de Burgos*. Universidad de Valladolid, 531 pp., Valladolid.
- Pedley, H.M. (1990): Classification and environmental models of cool freshwater tufas. *Sedimentary Geology*, 68: 143-154.
- Pentecost, A. (2005): *Travertine*. Springer-Verlag, 455 pp. Dordrecht.
- Pentecost, A. & Viles, H. (1994): A review and reassessment of travertine classification. *Geographie Physique et Quaternaire*, 48 (3): 305-314.
- Pérez Obiol, R., Jalut, G., Julià, R., Pèlachs, A., Iriarte, M.J., Otto, T. & Hernández Beloqui, B. (2011): Mid-Holocene vegetation and climatic history of the Iberian Peninsula. *The Holocene*, 21: 75-93.

- Ruddiman, W.F. (2003): The Anthropogenic Greenhouse Era Began Thousands of Years Ago. *Climatic Change*, 61 (3): 261-293.
- Ruddiman, W.F. (2005): *Plows, Plagues, and Petroleum: How Humans Took Control of Climate*. Princeton University Press. Princeton, NY.
- Serrano, E., González Amuchastegui, M. J. & Ruiz Flaño, P. (2009): Gestión ambiental y geomorfología: valoración de los lugares de interés geomorfológico del Parque Natural de las Hoces del Alto Ebro y Rudrón. *Cuaternario y Geomorfología*, 23 (3-4): 65-82.
- Steffen, W., Grinevald, J., Crutzen, P. & McNeill, J. (2011): The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. *Philosophical Transaction of the Royal Society A*, 369: 842-867.
- Torres, J.F. (2003): Recursos naturales y economía de los Cántabros de la Edad del hierro. *Complutum*, 14: 169-196.
- Vaudour, J. (1986): Travertins holocènes et pression anthropique. *Méditerranée*, 57 (1-2): 165-167.
- Vaudour, J. (1994): Evolution holocène des travertins de vallée dans le midi méditerranéen français. *Geographie Physique et Quaternaire*, 48 (3): 316-326.
- Zapata, L. & Alday, A. (2007). The Early Neolithic in Northern Iberia. En: *Living Landscapes: Exploring Neolithic Ireland and its Wider Concept. A Conference at Queen's University Belfast*, Extended abstract. <http://www.arch.ox.ac.uk/LLS1.html>.