

# 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

## *Geomorphologic evolution, environmental changes and human activity during Holocene in Upper Ebro Basin: tufa complexes in Purón and Molinar rivers*

MARÍA JOSÉ GONZÁLEZ AMUCHASTEGUI\*

Y

ENRIQUE SERRANO CAÑADAS\*\*

### INTRODUCCIÓN

Los valles de los ríos Purón y Molinar se inscriben en la cuenca alta del Ebro, río en el que desembocan aguas arriba del embalse de Sobrón, en la provincia de Burgos. Concretamente, se sitúan en el valle de Tobalina que conforma una depresión estructural de morfología aproximadamente triangular de unos 15 km de longitud, y unos 7 de anchura; presenta una dirección NW-SE y es recorrida por el curso meandriforme del Ebro (Fig. 1). El valle de Tobalina, queda limitado al oeste por el valle del río Jerea, al norte por la sierra de Arcena (1.298 m.) y al sur los Montes Obarenes coronan los altos de Humión (1.434 m.).

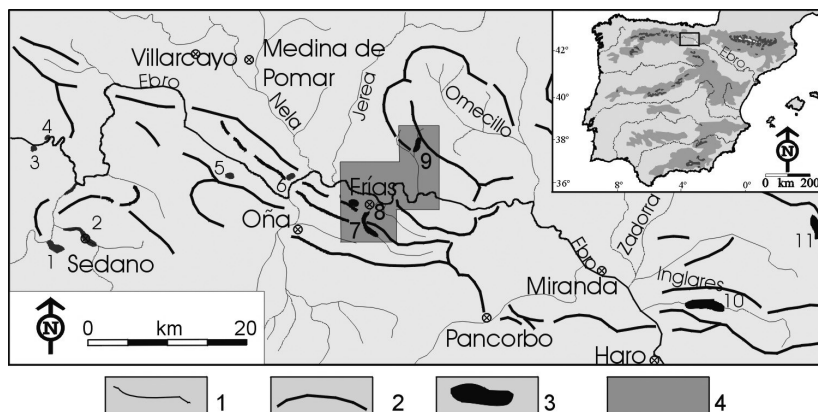
La zona fue estudiada por Ortega (1974), que analizó las formas estructurales y de modelado del valle. Con posterioridad se inició el estudio de la evolución ambiental cuaternaria de la cuenca alta del Ebro, en un intento de síntesis regional que conecte los ambientes contrastados de la alta montaña y el fondo de valle (González Amuchastegui y Serrano, 1996, 2005; González Amuchastegui et al., 2000).

---

\* Dpto. Geografía, Prehistoria y Arqueología. Universidad de País Vasco. Vitoria-Gasteiz.

\*\* Dpto. Geografía, Universidad de Valladolid. Valladolid.

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



Nota: 1, ríos. 2, cordales. 3, edificios tobáceos. 4, zona de estudio. Los números señalan otras formaciones tobáceas del área cartografiada.

## OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es establecer la evolución geomorfológica ocurrida durante el Holoceno en este sector de la cuenca alta del Ebro. Se analizan el conjunto de huellas morfológicas y sedimentarias generadas en este periodo en dos afluentes del Ebro, los ríos Purón y Molinar; entre ellas, las acumulaciones tobáceas que rellenan los fondos de valle adquieren un claro protagonismo dado su significado paleoambiental y su inscripción dentro de tipologías morfológicas y climáticas bien definidas. Se lleva a cabo su cartografía, estratigrafía y datación. Asimismo se señala el significado geomorfológico de los depósitos asociados a fases ambientalmente contrastadas –derrubios ordenados y acumulaciones coluvionares– y se plantea la necesidad de valorar la incidencia que la ocupación humana ha podido tener en la evolución de esta zona. Con ello se establece un modelo de la evolución reciente de estos valles de la cuenca alta del Ebro.

## EL CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO: RASGOS ESTRUCTURALES Y MORFOLÓGICOS

El área de estudio se sitúa en las Montañas de Burgos, espacio dominado por los relieves plegados conformes y constituidos por una sucesión de amplios sinclinales de gran radio –sinclinal de Villarcayo, sinclinal de Valdivielso,

Ranera– y apretados anticlinales generados por una tectónica eyectiva. Los sinclinales constituyen relieves negativos concordantes, como el citado de Villarcayo en el que se sitúa la depresión de Tobalina. Los anticlinales conforman relieves positivos que sirven para enmarcar la depresión –Humión, Valderejo– o para configurar estrechos promontorios como el de La Llana o Gargalón, que con frecuencia son cortados por angostos valles labrados por los afluentes del Ebro; tales son los casos de las cluses de Montejo, Molinar, y el río Purón (Fig. 2).

Litológicamente dominan las areniscas, margas y calizas del Cretácico superior y las areniscas, margas y conglomerados terciarios, dispuestos en bandas de dirección preferente WNW-ESE de manera alternante, lo que ha favorecido el desarrollo de un conjunto de microcuestas en areniscas con pasillos ortoclinales –son los llamados callejones–, que constituyen uno de los elementos más característicos del valle.

FIGURA 2. VISTA AÉREA DE LA PORCIÓN ORIENTAL DEL VALLE DE TOBALINA



Fuente: A. Ibisate.

Se aprecia el fondo de la Depresión surcada por el Ebro y modelado en glacis y terrazas, y el cierre periclinal del sinclinal de Villarcayo

En este contexto de relieves plegados conformes, se han desarrollado una serie de formas de modelado, entre las que destacan las vinculadas genéticamente a la acción de la red fluvial y fundamentalmente al Ebro, que

ha sido el principal agente morfogenético del área (Ortega, 1974; González Amuchastegui y Serrano, 1996). Estas morfologías constituyen la respuesta a una larga evolución ambiental cuaternaria en la que han alternado fases de acumulación y erosión, concretadas en la presencia de dos generaciones de glaciares, tres niveles de terrazas fluviales, depósitos de ladera de carácter frío y un conjunto de conos de deyección y fluviotorrenciales. Destaca la presencia de acumulaciones tobáceas situadas a distintos niveles y de edades diferentes, que rellenan los fondos de valle de los principales afluentes del Ebro. Hay una fase de relleno tobáceo de edad holocena generalizable al conjunto del valle de Tobalina y ampliable a gran parte de los afluentes de la cuenca alta y media del Ebro hasta las proximidades de Logroño. Son estos depósitos y su significado ambiental los que ocupan gran parte del interés de este trabajo.

## LOS RELLENOS TOBÁCEOS HOLOCENOS DE LOS VALLES DE LOS RÍOS PURÓN Y MOLINAR

### *El relleno tobáceo del río Purón*

El río Purón nace en la sierra de Arcena, flanco meridional del anticlinal del mismo nombre formado por calizas y margas del Cretácico superior. El río atraviesa el flanco con un trazado zigzagueante que se adapta a la sucesión de capas de naturaleza margosa y caliza que arman la estructura, alternando estrechas gargantas y valles amplios debido a la sucesión de pasillos margosos ortoclinales (Fig. 3).

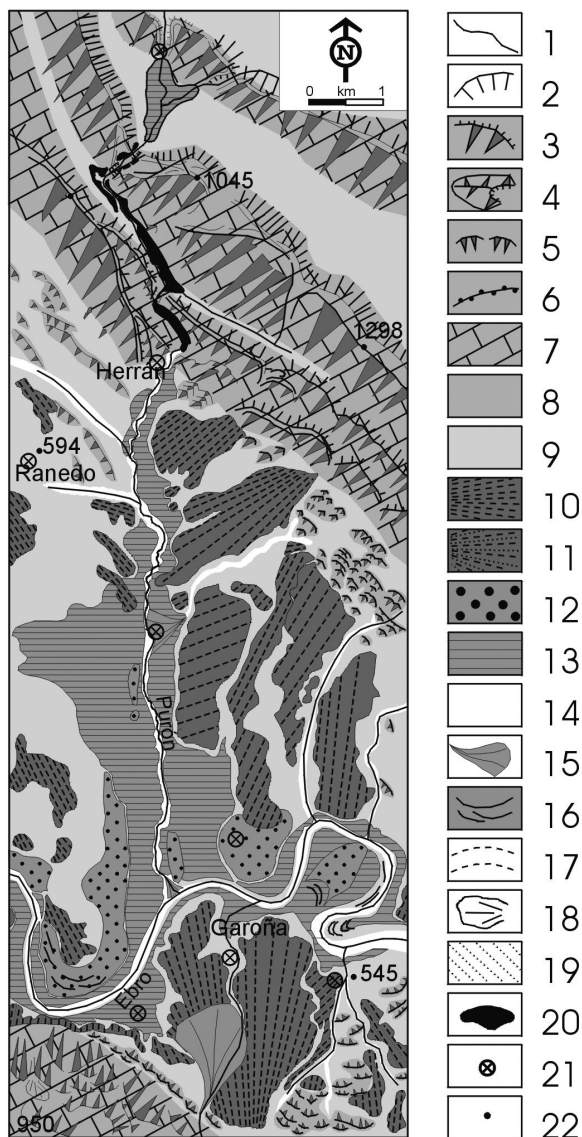
En el interior del valle se alojan un conjunto de depósitos de significado ambiental contrastado, que permiten establecer las grandes líneas de la evolución reciente del valle: depósitos tobáceos, derrubios ordenados y conos fluviotorrenciales.

En las fases más recientes de edad holocena ha dominado una sedimentación tobácea asociada a la importante karstificación que ha sufrido esta zona y que ha supuesto, como se ha dicho antes, el relleno generalizado de los fondos de valle de numerosos ríos de la cuenca alta del Ebro. Estas acumulaciones presentan una tipología variada, asociada a dos contextos geomorfológicos, el de los depósitos tobáceos de ladera, que apenas tienen representación en el Purón, y los de fondo de valle.

Predominan las tobas de fondo de valle, responsables del principal relleno sedimentario y con espesores que llegan a alcanzar los 25 m en

algunos puntos. La tipología de estos edificios es variada; siguiendo la clasificación ya clásica propuesta por Pentecost y Viles (1994), aparecen depósitos tobáceos autóctonos y alóctonos.

FIGURA 3. ESQUEMA GEOMORFOLÓGICO DEL RÍO PURÓN



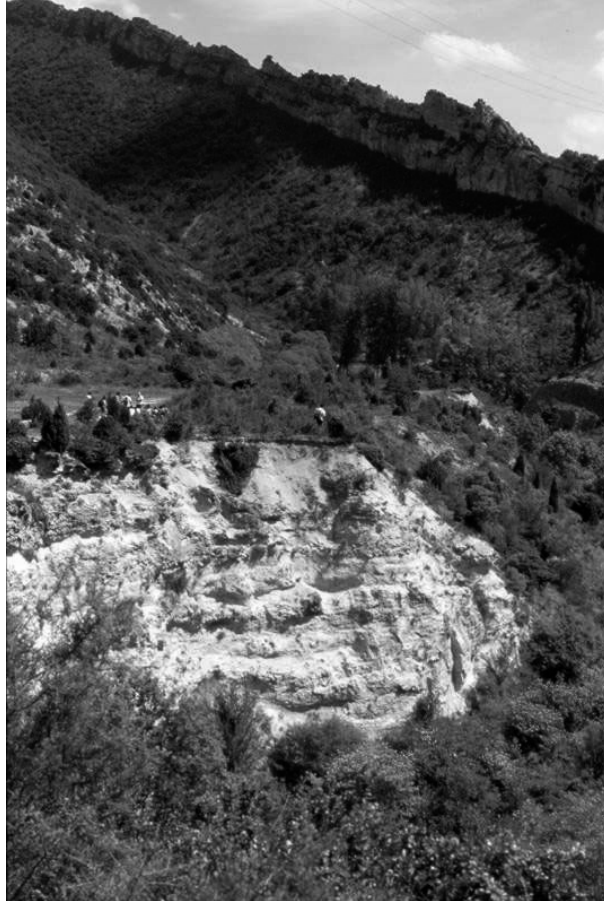
Nota: 1, ríos. 2, escarpes. 3, crestas monoclinales. 4, morfoestructura anticlinal. 5, dorsos monoclinales en areniscas. 6, estratos verticalizados. 7, calizas. 8, conglomerados. 9, margas y areniscas. 10, glacis, nivel I. 11, glacis, nivel II. 12, terraza fluvial I. 13, terraza fluvial II. 14, terraza fluvial III. 15, cono aluvial. 16, paleocanal. 17, paleovalle. 18, cabecera torrencial. 19, ladera de derrubios. 20, Toba. 21, poblaciones. 22, cotas.

- a) Los depósitos tobáceos autóctonos: se corresponden con los escasos edificios de ladera antes citados y de manera más importante se asocian a la presencia de pequeños saltos de agua vinculados a los estrechamientos de origen estructural que presenta el cauce al atravesar las barras calizas. En estos tramos, el perfil longitudinal del río sufre pequeñas rupturas de pendiente, que facilitan los procesos de precipitación carbonatada de origen físico-químico por gasificación de las aguas, así como los procesos de precipitación asociados a la importante colonización de algas, musgos y bacterias que se da en estos puntos, y que generan el inicio de la construcción de edificios tobáceos de barrera, que cierran parcialmente el valle. Se produce un crecimiento vertical de la formación tobácea como consecuencia, esencialmente, del control biológico que favorece la precipitación en el nivel donde la lámina de agua es muy delgada debido a las condiciones excepcionales de oxigenación y máxima luminosidad. En estos puntos predominan las facies de musgos, junto a tobas de tallos cruzados y verticales, según la tipología establecida por Ordóñez et al (1997); también aparecen episodios estromatolíticos en el interior de los edificios de barrera.
- b) Depósitos tobáceos alóctonos: Como consecuencia del desarrollo vertical de los edificios de barrera, el agua quedaba en parte represada dando lugar a un tipo de edificio tobáceo de retención parcial (Lang et al, 1992), caracterizado por la presencia de importantes rellenos carbonatados de carácter detrítico aguas arriba de la cascada y procedentes de la erosión de edificios tobáceos situados en zonas más altas de la cuenca (Fig. 4). La estratigrafía de estas formaciones (Fig. 5) señala un medio con sedimentación tobácea discontinua e irregular, en la que junto a episodios de sedimentación de limos y restos tobáceos detríticos –phytoclast e intraclast tufa–, relacionada con la existencia de zonas de aguas tranquilas, se suceden otros en los que las aguas circulan con más o menos energía –facies estromatolíticas y biogénicas–, y otros en los que se produce un encharcamiento atestiguado por la presencia de niveles oscuros de materia orgánica. Asimismo, se aprecian fases de activa dinámica de las laderas que dieron lugar a la deposición de niveles compuestos por clastos.

La complejidad de las condiciones hidrodinámicas y sedimentarias de construcción de estos edificios dificulta una definición tipológica clara

de las facies, dándose en ocasiones interferencias de facies en los dos grandes grupos definidos –autóctonos y alóctonos–.

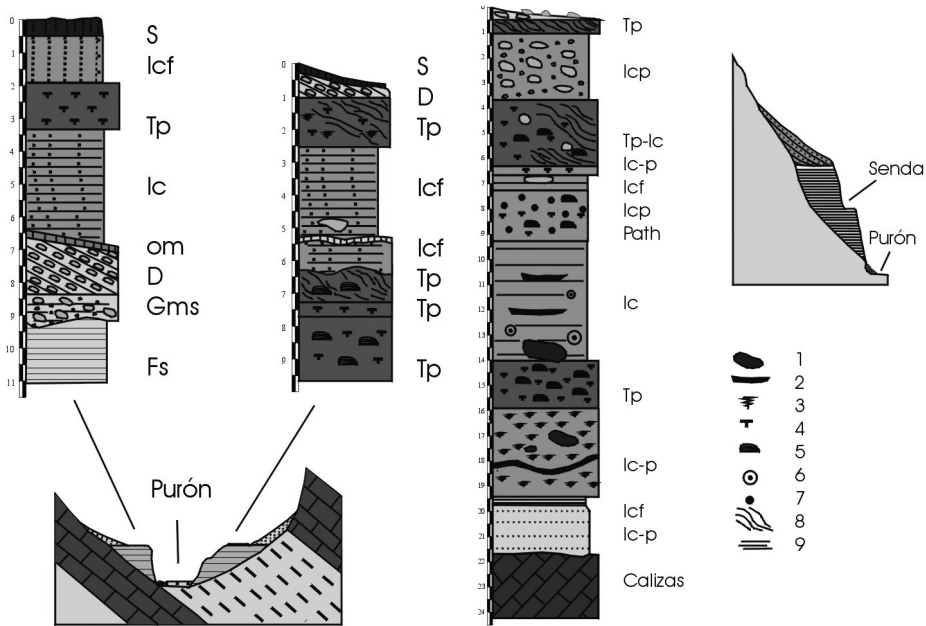
FIGURA 4. EDIFICIO TOBÁCEO DEL RÍO PURÓN



### *Las acumulaciones tobáceas del río Molinar*

El río Molinar nace en la vertiente septentrional de los Montes Obarenes, al pie de la sierra de Cubilla. La práctica totalidad de su cuenca alta discurre por las arcillas y conglomerados de la Formación Pancorbo de edad oligocena-miocena, que conforman un pasillo tectónico entre las alineaciones calcáreas mesozoicas de Pan Perdido (1.237 m)-Galdampio (1.210 m) al sur y Conchal (956 m)-El Mazo (1.029 m) al norte.

FIGURA 5. COLUMNAS LITOESTRATIGRÁFICAS DE LOS EDIFICIOS TOBÁCEOS DEL RÍO PURÓN



Nota: 1, perfil de escalera. 2, sector central del valle del purón. Tp, toba biogénica. Ic, toba intraclástica. lcf, toba intraclástica fina. lcp, toba intraclástica, phytoherms. S, suelo. Fs, sedimentos fluviales, finos. D, derrubios estratificados. Gms, sedimentos fluviales, gravas masivas, estratificadas. 1, bloques. 2, materia orgánica. 3, hojas. 4, fitoclastos. 5, briofitos. 6, huellas de troncos. 7, oncoides. 8, facies de cascada. 9, facies de corrientes.

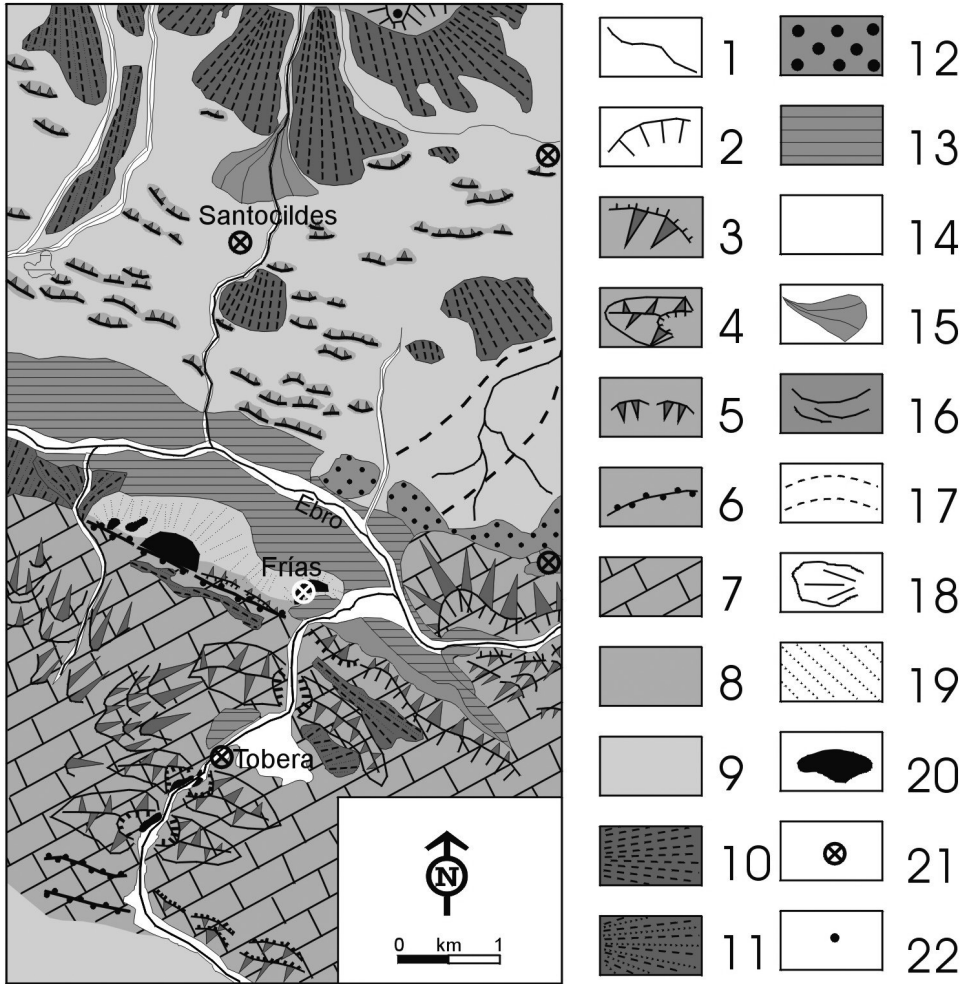
El río continúa por estos materiales que dibujan una amplia depresión hasta alcanzar la sucesión de pliegues de San Vicente-Valdemoro a los que corta perpendicularmente conformando cluses en un estrecho valle en el que se alojan las acumulaciones tobáceas.

En las proximidades de su desembocadura en el Ebro (Fig. 6), el río Molinar ha construido un conjunto de acumulaciones tobáceas correspondientes a distintas fases de relleno, entre las que se han intercalado etapas de incisión; en todas ellas han jugado un importante papel los factores ambientales combinados con los cambios sufridos por el curso del Ebro.

Estos depósitos han sido descritos anteriormente (Ortega, 1974; IGME, 1978; González Amuchastegui y Serrano, 1996, 2005), estableciéndose cuatro fases de acumulación, aunque no han sido objeto de un estudio detallado. Aquí se analizan las acumulaciones tobáceas más recientes del río Molinar, ubicadas rellenando las cluses de San Vicente-Valdemoro, en las proximidades del pueblo de Tobera.



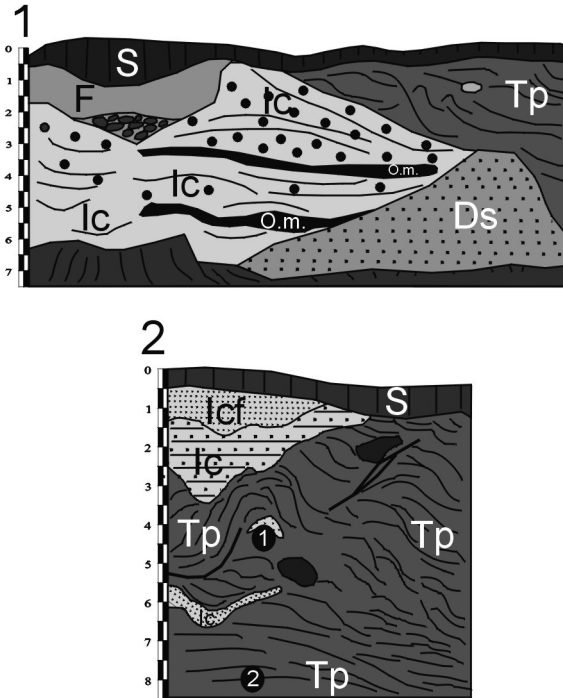
FIGURA 6. ESQUEMA GEOMORFOLÓGICO DEL VALLE DEL ARROYO MOLINAR Y LA PORCIÓN OCCIDENTAL DE LA DEPRESIÓN DE TOBALINA



Nota: 1, ríos. 2, escarpes. 3, crestas monoclinales. 4, morfoestructura anticlinal. 5, dorsos monoclinales en areniscas. 6, estratos verticalizados. 7, calizas. 8, conglomerados. 9, margas y areniscas. 10, glacis, nivel I. 11, glacis, nivel II. 12, terraza fluvial I. 13, terraza fluvial II. 14, terraza fluvial III. 15, cono aluvial. 16, paleo-cañal. 17, paleovalle. 18, cabecera torrencial. 19, ladera de derrubios. 20, Toba. 21, poblaciones. 22, cotas.

Los depósitos tobáceos del río Molinar presentan una potencia visible de unos 8-10 m, inferior a la señalada para el Purón, sin que se aprecie el contacto con el sustrato y limitados en su desarrollo por la estrecha morfología del valle.

FIGURA 7. COLUMNAS LITOESTRATIGRÁFICAS DEL EDIFICIO DE TOBERA (VALLE DEL ARROYO MOLINAR)



Nota: Tp, toba biogénica Ic, toba intraclástica. Icf, toba intraclástica fina. S, suelos. F, sedimentos fluviales, finos. Ds, derrumbios estratificados. 1 y 2, puntos muestreados para datación.

El análisis de las columnas estratigráficas (Fig. 7) permite reconstruir su génesis, vinculada a un lecho fluvial en el que la presencia de pequeños saltos de agua constituyeron el germen de unos edificios de barrera tipológicamente mal definidos. Predominan las formaciones alóctonas, de destrucción de edificios situados aguas arriba; alternan por tanto las facies de cascada (*phytoherm barrage*) –tobas de musgos y estromatolitos–, junto a facies biogénicas (*phytoherm tufa*) –tallos– y tobas detríticas (*intraclastic* y *phytoclast tufa*), señalando una dinámica hídrica compleja de pequeños saltos de agua. El análisis estratigráfico muestra además, la intercalación de pequeños niveles de materia orgánica, restos de carbón y niveles fluviales, representados por paleocanales de reducidas dimensiones con gravas fluviales (Fig. 7). De nuevo, la existencia de lechos compuestos por material detrítico procedente de las laderas, señala que la precipitación carbonatada no fue un proceso continuo en este valle, sino

que se vio interrumpido en distintos momentos por la llegada de material procedente de la ladera. El conjunto se apoya sobre un depósito de derrubios ordenados testimonio de condiciones ambientales claramente contrastadas y frías previas a la deposición de los sedimentos carbonatados.

## LA EDAD DE LOS EDIFICIOS TOBÁCEOS

Se han detectado distintas generaciones de edificios tobáceos asociados a los afluentes de la cuenca alta del Ebro –ríos Molinar (González Amuchastegui y Serrano, 2005) e Inglares (Llanos et al. 1998); sin embargo en el valle del Purón sólo se ha localizado una única fase de crecimiento tobáceo, aunque de mayor magnitud. Su situación de relleno del valle actual y su posición relativa respecto a otros depósitos de significado contrastado –el conjunto se apoya sobre un derrubio ordenado–, permitieron establecer una evolución del valle (González Amuchastegui et al., 2000) que otorgaba a estas acumulaciones una edad holocena. Este nivel ha sido también analizado en el valle del río Molinar en el que, como se ha señalado, debido a causas estructurales presenta menores dimensiones.

Se han utilizado técnicas de radiocarbono para datar 6 muestras (Cuadro 1), cuatro en el valle del río Purón y dos en el del río Molinar. En el río Purón, dos de las muestras analizadas se sitúan sobre un mismo edificio calcarenítico (Fig. 5) situado aguas arriba de una de las principales barreras tobáceas que cierran el cauce del río. Se trata de dos niveles de materia orgánica situados en el muro del edificio (P-1) y en su parte central (P-2). Sus edades son  $8320 \pm 400$  BP (GrN-25977) y  $6790 \pm$  BP (GrN-25978), respectivamente. La tercera datación (P-3) se ha realizado sobre un nivel orgánico situado próximo al techo de un edificio tobáceo de barrera que cerraba el cauce, represaba el agua y posibilitaba la formación del edificio anterior; su edad es de  $4700 \pm 40$  BP (GrN-25979). La cuarta (P-4) se refiere a un nuevo nivel orgánico situado a 2 m del techo de un edificio tobáceo de relleno, con una edad de  $5770 \pm 110$  (GrN-25980).

En el río Molinar se han datado dos muestras sobre dos niveles de materia orgánica situados en el muro y nivel intermedio de un edificio de cascada con intercalaciones de tobas detríticas (Fig. 7). Presentan edades de  $6715 \pm 40$  B.P. (M-2, GrN-25976) y  $5025 \pm 35$  B.P. (M-1, GrN-25975).

CUADRO 1. DATACIONES DE LOS VALLES DEL RÍO PURÓN Y MOLINAR

Nº Muestra	Valle	Edificio	Posición	Facies	Edad B.P.
P-1 GrN25977	Purón	Escalera	Media-baja	Orgánica	8.320±400
P-2 GrN25978	Purón	Escalera	Central	Orgánica	6790±40
P-3 GrN25979	Purón	Cascada	Prox. techo	Orgánica	4700±40
P-4 GrN25980	Purón	Entrada	Prox. Techo	Orgánica	5770±110
M-1 GrN25975	Molinar	Trinchera	Nivel medio	Orgánica	5025±35
M-2 GrN25975	Molinar	Trinchera	Muro del perfil	Orgánica	6.715±40

Los edificios tobáceos de los ríos Purón y Molinar se incluyen en el Estadio isotópico (E.I.) 1. Situamos el inicio de la sedimentación tobácea al comienzo del Holoceno, en el momento del calentamiento postglaciar del Preboreal, dada la ubicación de la muestra P-1 en el interior de un relleno detrítico tobáceo, procedente de la erosión de edificios más antiguos y obviamente posterior al edificio de barrera que cierra el valle.

Los resultados del análisis estratigráfico y de las dataciones, señalan el Holoceno como un periodo de intensa sedimentación tobácea: en el río Purón se alcanzan en algunos puntos los 25 m de relleno, con ritmos de sedimentación que van variando a lo largo del Holoceno según van cambiando las condiciones ambientales. La sedimentación tobácea se inicia en la primeras etapas holocenas, tal y como lo testimonia la edad de la base de los edificios del río Purón (8.320±40 B.P.) establecida sobre un nivel de materia orgánica apoyada sobre tres metros de calcarenitas detríticas. El ritmo de sedimentación se acelera entre el Boreal y la mitad del periodo Atlántico: en un lapso de tiempo de unos 1500 años que transcurren entre la sedimentación de la muestra P-1 y la P-2 se han construido 7 m de toba (Cuadro 1 y Fig. 3); si tomamos como hipótesis que el crecimiento fue continuo, ello supondría una tasa de sedimentación tobácea de 4,5 mm/año. El relleno del valle continúa hasta alcanzar el techo de la sedimentación con una potencia que supone en algunos puntos 11 m más de relleno y que situamos según las dataciones efectuadas en otros edificios del mismo valle en el periodo Subboreal (4.700±40 B.P.). En el valle del río Molinar, en el periodo Atlántico-Subboreal se han depositado 4 m de toba en 1.700 años (Cuadro 1 y Fig. 7), permitiendo, con los presupuestos anteriores, estimar la tasa de relleno en 2,3 mm/año. Las diferencias morfológicas entre uno y otro valle se reflejan también en sus distintos ritmos de crecimiento tobáceo. Sin embargo durante el Holoceno no se produjo un periodo de

sedimentación continua, tal y como queda reflejado en la presencia de facies detríticas de origen coluvionar y fluvial (Figs. 5 y 7). Estos niveles se intercalan en los edificios tobáceos y señalan cambios en la dinámica natural plasmados en sucesivas fases erosivas y de acumulación del material citado.

El techo de la sedimentación no ha podido ser datado con precisión y es este un punto que merece todo el interés. Plantea la cuestión sobre los motivos que guían el fin de la sedimentación tobácea y el inicio de una incisión que se prolonga hasta la actualidad, a pesar de haberse detectado en numerosos puntos de ambos valles importantes procesos de precipitación de carbonatos.

En este sentido es necesario plantear la influencia que otros procesos, como la antropización del valle, han podido tener en su evolución geomorfológica. La ocupación humana de Valderejo y Tobalina, podría situar sus inicios a partir del Neolítico, época en la que grupos pastoriles vendrían a ocupar el territorio aprovechando su idoneidad para la práctica del pastoreo. Existen testimonios de asentamientos en cuevas (Llanos, 1987), así como dos covachos que se sitúan en la zona del desfiladero del río Purón entre Herrán y Ribera y donde las prospecciones han proporcionado materiales líticos, cerámicos y paleontológicos pertenecientes a la secuencia cultural Eneolítico-Bronce. También se han encontrado estaciones al aire libre en las laderas del monte Lerón y en la explanada al norte de la ermita de San Lorenzo (Llanos, 1987); de hecho, el estrechamiento del valle del río Purón y la presencia de agua debieron hacer de este paraje un lugar muy propicio para ser un buen cazadero.

Desde el final del Neolítico hasta la Edad del Hierro –periodo Subboreal– se desarrolla el fenómeno del megalitismo (Delibes et al. 1993; Utrilla y Rodanes, 1997); se han encontrado en la zona varios tipos de monumentos megalíticos: un túmulo y un campo tumular ubicados en el sector de la alta planicie próxima a la ermita de San Lorenzo, en las proximidades del monte Lerón se localiza un menhir, los dólmenes de Zagandez y Molina o un menhir en Mijaralengua (Tobalina). Lo que es importante es que para llevar a cabo la construcción de estos monumentos parece necesaria una organización social de cierta complejidad, basada con probabilidad en el clan familiar o el grupo tribal (Fernández de Montoya et al., 1991), que si no era muy denso, si podría haber supuesto una intervención importante sobre un medio, caracterizado por la fragilidad, sobre todo en lo que a las acumulaciones tobáceas se refiere.

## DISCUSIÓN: LA EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA Y LAS CONNOTACIONES AMBIENTALES

A partir del estudio de la geomorfología, tipología de los depósitos, estratigrafía y dataciones obtenidas, se establecen un conjunto de fases en las que alternan las etapas de relleno con las de incisión; esta sucesión de fases toman su base de los cambios ambientales sufridos por el medio desde el Pleistoceno superior/reciente hasta la actualidad. En los ámbitos del interior peninsular con altitudes superiores a los 600 m, las fases frías recientes se han caracterizado por la formación de derrubios estratificados (Asensio et al., 1994; González Martín et al, 2000), siendo éstos los depósitos correlativos de la morfogénesis periglaciaria dominante en el E.I. 2. Las fases cálidas y húmedas por su parte, han facilitado las condiciones necesarias para el desarrollo de importantes rellenos tobáceos en el mundo mediterráneo, considerándose los depósitos correlativos de importantes fases de karstificación (Vaudour, 1986, Horvatincic et al, 2000, Ordóñez et al, 2005), dominantes durante el E.I. 1.

Esta interpretación ambiental es válida hasta el momento en el que se produce la última incisión de los valles, sobre la que planteamos como hipótesis la influencia que tuvo la antropización del paisaje y que condujo a este proceso de incisión generalizado, idea que toma como referencia otros estudios del mundo mediterráneo (Vaudour, 1986, 1994; Goudie et al., 1993; Weisrock, A., 1986).

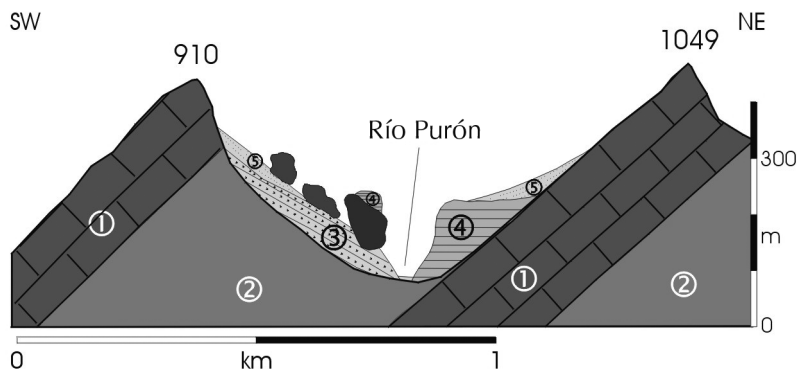
A la vista de todos los datos se ha establecido la siguiente evolución geomorfológica (Fig. 8):

1. Fase de incisión de los ríos Purón y Molinar.
2. Fase de carácter frío en el que se forman los derrubios ordenados que suponen el coluvionamiento generalizado de carácter regional y que coincidiría con la última fase fría del Pleistoceno reciente (E.I. 2).
3. Fase de incisión que afecta a los depósitos anteriores dejándolos parcialmente colgados sobre los fondos de valle.
4. Fase principal de acumulación tobácea coincidente con un ambiente biotásico de carácter templado húmedo; es en este momento cuando se construyen los importantes edificios de barrera de los ríos Purón y Molinar, así como de otros ríos próximos de la cuenca del Ebro (ríos Ayuda, Bayas, Sabando o el Inglares). Las dataciones realizadas tanto en los ríos aquí estudiados como en el Inglares (Llanos et al, 1998), indican una edad Holoceno inicial para el muro de estos edificios, en una fase que se prolonga al menos hasta el Subboreal,

acorde con los datos obtenidos en otros ámbitos del mundo mediterráneo (Vaudour, 1994; Sancho et al, 1997; Soligo et al, 2002).

5. Fase de incisión de los edificios y encajamiento de la red fluvial; de nuevo se trata de un proceso extensible al conjunto de los ríos de la cuenca alta del Ebro. A la vez se produce un coluionamiento generalizado que modela las laderas actuales; el significado climático de uno y otro proceso deben plantearse en combinación con la posible influencia antrópica sobre el entorno, dado que existe una coincidencia entre el techo de la sedimentación tobácea, en torno a 3500-4000 B.P., el inicio de la fase de incisión fluvial y la aparición de restos arqueológicos asociados a un periodo que se inicia en el Neolítico y se intensifica durante el Eneolítico-Bronce y Hierro.

FIGURA 8. PERFIL MORFOLÓGICO DEL RÍO PURÓN



Nota: 1, margas. 2, calizas. 3, derrubios estratificados. 4, toba. 5, coluvión. El desarrollo vertical no está a escala.

La evolución pues, se inicia con la formación de los valles en una fase de incisión, que se verá interrumpida por el coluionamiento generalizado en respuesta a las rigurosas condiciones ambientales que se produjeron como consecuencia de la última fase fría del Pleistoceno; a partir de ahí son las acumulaciones tobáceas, con sus distintas tipologías, y sus matices estratigráficos, las que caracterizan los fondos de los valles y permiten reconstruir la historia del paisaje en esta zona de la cuenca del Ebro.

La posterior desarticulación de estos conjuntos carbonatados complica la lectura geomorfológica puesto que si durante mucho tiempo, son los cambios climáticos los que guían la evolución geomorfológica del relieve y las distintas fases de acumulación e incisión, a partir del Holoceno avanzado –entre el 4.000 BP y el inicio de nuestra era (Neolítico final-Calcolítico antiguo)

(Vaudour, 1994)–, un nuevo actor pasa a ser agente activo en el modelado del espacio: el hombre. El espacio se territorializa y ello se plasma en un conjunto de cambios de magnitud importante, sobre todo en determinados medios caracterizados por su fragilidad y por sus óptimas condiciones para la ocupación, como son las zonas kársticas en las que es frecuente la sedimentación tobácea. La respuesta de estos medios frágiles y a la vez codiciados, parece consistir en un cambio radical desde las condiciones de sedimentación hacia la paralización e incisión de los edificios, lo que otorga al ser humano una alta capacidad modeladora del medio.

El Holoceno no ha sido, en estos valles, un periodo de sedimentación continua, como reflejan las facies detríticas coluvionares y fluviales intercaladas en los edificios tobáceos. Estas facies señalan cambios en la dinámica natural, con sucesivas erosiones de las tobas y acumulaciones de clastos. En cualquier caso, los resultados de las dataciones y tomando las debidas precauciones, señalan el Holoceno como un periodo de intensa sedimentación tobácea: en el río Purón se alcanzan en algunos puntos los 25 m de relleno, con ritmos de sedimentación carbonatada que varían a lo largo del Holoceno. Estas variaciones se producen, primero, conforme a los cambios ambientales registrados y, posteriormente, relacionados con nuevas interferencias posiblemente de origen antrópico.

Sin embargo, todavía no estamos en condiciones, al menos en esta zona de la cuenca del Ebro, de distribuir con precisión la responsabilidad de los procesos ambientales y antrópicos en la morfogénesis reciente y actual. Ello se debe a que aún faltan datos que permitan leer el impacto provocado por la ocupación humana del espacio, también falta información sobre las pautas de ocupación antiguas, hay escasez de datos arqueológicos y ausencia de un registro climático preciso para periodos cortos. En cualquier caso, sí estamos en condiciones de definir la evolución holocena en esta zona, como una secuencia climato-antrópica, tal y como fue definido para otros ámbitos del mundo mediterráneo (Vaudour, 1994).

## CONCLUSIONES

Los valles de los ríos Purón y Molinar presentan actualmente un modelado cuya génesis se debe tanto a causas estructurales como a la sucesión de distintas fases de incisión y relleno, en las que las acumulaciones tobáceas desempeñan un papel fundamental dado su significado paleoambiental y climático.



En la zona de estudio se ha constatado el predominio de las tobas de fondo de valle, que alcanzan espesores de 25 m. En ellos los depósitos tobáceos alóctonos son dominantes, con una sedimentación tobácea discontinua e irregular, que muestran una amplia gama de facies tobáceas: facies de cascada (phytoherm barrage); facies biogénicas (phytoherm tufa), de musgos, estromatolitos, y de tallos; y facies detríticas –intraclastic y phytoclast tufa. Esta variabilidad define la complejidad genética de los edificios tobáceos. La presencia de niveles detríticos de ladera apunta las discontinuidades en la precipitación de carbonatos y las interrupciones en la génesis de las tobas.

La evolución geomorfológica desde las últimas fases frías del Pleistoceno reciente, se define por la existencia de cinco fases en las que alternan las etapas de relleno con las de incisión, con una fase principal de acumulación tobácea generada en un ambiente biotásico, con condiciones templado húmedas. En el valle del río Purón sólo se ha localizado una fase de crecimiento tobáceo adscrita al Holoceno, periodo de intensa sedimentación tobácea en el área de estudio. Se han datado mediante técnicas de radiocarbono seis muestras que señalan un inicio de la sedimentación tobácea al comienzo del Holoceno.

La sedimentación tobácea se inicia en las primeras etapas holocenas, tal y como lo testimonia la edad de la base de los edificios del río Purón ( $8.320 \pm 40$  B.P.). Se prolonga durante el Boreal, el periodo Atlántico, con tasas de crecimiento tobáceo de 4,5 mm/año en el Purón y de 2,3 mm/año en el Molinar, y alcanza su techo en el Subboreal ( $4.700 \pm 40$  B.P.). La dinámica entonces cambia, la deposición carbonatada se ralentiza, paraliza y se inicia una nueva fase definida por la incisión de los valles. Esta dinámica de relleno tobáceo e incisión es generalizable al conjunto de los afluentes del Ebro que drenan las montañas desde la Sierra de Arcena hasta Urbasa.

Esta nueva fase morfogenética coincide con las primeras ocupaciones humanas del territorio capaces de intervenir sobre el paisaje. Este brusco cambio reciente permite establecer una relación entre la morfogénesis de la zona de estudio, la intervención humana en el medio y la territorialización del espacio. De este modo, podemos definir la evolución de esta zona a partir de este momento como una secuencia climato-antrópica.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio se ha realizado en el marco del proyecto: Reconstrucción ambiental y caracterización de las crisis climáticas recientes a partir del análisis de los depósitos tobáceos de la cuenca alta del Ebro (río Purón).

Financiado por el Convenio Cajas de Ahorro Vascas-U.P.V; así como dentro Grupo de Investigación Consolidado y de Alto Rendimiento 9/UPV00155.130-14570/2002, del Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología de la Universidad del País Vasco.

Recibido 16.03.2007

Aceptado 10.10.2007

## BIBLIOGRAFÍA

- ASENSIO, I.; GONZÁLEZ MARTÍN, J.A.; GONZÁLEZ AMUCHASTEGUI, M.J.; LOZANO, M.V. Y PEÑA MONNE, J.L.. "Formas y procesos de ambientes fríos en la Cordillera Ibérica y la Submeseta Sur". En: Gómez Ortiz, A. (Ed.) *Periglaciario en la Península Ibérica*. Monografías de la Sociedad Española de Geomorfología, Granada, 1994, pp. 119-145.
- DELIBES, G.; GUERRA, M.; REPRESA, J.I: *Dólmenes de La Lora. Guía Arqueológica*. Junta de Castilla y León, Salamanca, 1993, 115 pp.
- FERNÁNDEZ DE MONTOYA, E., URIBE-ÉCHEBARRÍA, P.M. Y ZORRAKIN, I.: *La vida en el Parque Natural de Valderejo*. Diputación Foral de Álava, 1991, 127 pp.
- GONZÁLEZ AMUCHASTEGUI, M.J. Y SERRANO, E.: "Cartografía geomorfológica del valle de Tobalina (Burgos)". Cuadernos do Lab. Xeol. de Laxe, 21, 1996, pp. 737-748.
- GONZÁLEZ AMUCHASTEGUI, M.J., SERRANO Y EDESOS, J.M. "Formaciones tobáceas holocenas y evolución reciente del valle del río Purón (Álava-Burgos)". *V Congreso Geológico de España*, 2000, pp.365-368.
- GONZÁLEZ AMUCHASTEGUI, M.J. Y SERRANO, E. "Quaternary tufa buildup stages in Mediterranean-Cantabrian transitional environment (High Ebro Basin, Northern Spain)". *Sixth International Conference on Geomorphology*, 2005, p. 225.
- GONZÁLEZ MARTÍN, J.A.; ASENSIO, I.; FERNÁNDEZ, A.; GARCÍA JIMÉNEZ, R.; GONZÁLEZ AMUCHASTEGUI, M.J.; GUERRERO, L. Y RUBIO, V. "Acumulaciones de origen frío en el modelado de los paisajes de la rama castellana del Sistema Ibérico y de la Submeseta sur". En: *Procesos y Formas Periglaciares en la Montaña Mediterránea*. Instituto de Estudios Turolenses. Teruel, 2000, pp.149-160.
- GOUDA, A.S.; VILES, H.A., AND PENTECOST, A. "The late-Holocene tufa decline in Europe". *The Holocene* 3 (2), 1993, pp.181-186.
- HORVATINCIC, N.; CALIC, R. GEYH, M.A. "Interglacial growth of tufa in Croatia". *Quaternary Research* 53, 2000, pp.18-195.
- I.G.M.E. "Memoria mapa Geológico de España", E: 1/50.000, Oña. Ministerio de Industria y Energía, 1980, 42 pp.
- LANG, J., PASCAL, A. & SALOMÓN, J. "Caractérisation pétrographique de divers carbonates continentaux holocènes du Jura Français (Arbois, Chalain, Dornan). Implications paléogéographiques". *Z. Geomorph. N.F.* 36, 1992, pp. 273-291.
- LLANOS, A. (Dir.) *Carta arqueológica de Álava*, 1. Diputación Foral de Álava, 1987.
- LLANOS, H., QUINIF, Y. Y ABALOS, B. "Evolución geodinámica reciente de la Sierra de Cantabria (Álava) en base a la datación U/Th de carbonatos continentales de las cuencas de los ríos Inglares y Ebro". *Bol. Geol. y Min.*, vol. 109, 1998, pp. 3-12.
- ORDOÑEZ, S.; GONZÁLEZ MARTÍN, J.A. Y GARCÍA DEL CURA, M.A. "Tipología y génesis de depósitos tobáceos fluvio-lacustres: el sistema tobáceo de Las Lagunas de Ruidera (Ciudad-Real-Albacete)". *Cuad. de Geol. Ibérica*, 22, 1997, pp. 333-348.

- ORDOÑEZ, S.; GONZÁLEZ MARTÍN, J.A.; GARCÍA DEL CURA, M.A. AND PEDLEY, H.M. (2005). "Temperate and semi-arid tufas in the Pleistocene to Recent fluvial barrage system in the Mediterranean area: The Ruidera Lakes Natural Park (Central Spain)". *Geomorphology*, 69, 2005, pp. 332-350.
- ORTEGA VALCARCEL, J. *La transformación de un espacio rural: las Montañas de Burgos*. Universidad de Valladolid, Valladolid, 1974, 531 pp.
- PEDLEY, H.M. "Classification and environmental models of cool freshwater tufas". *Sedimentary Geology*, 68, 1990, pp. 143-154.
- PENTECOST, A. AND VILES, H. "A review and reassessment of travertine classification". *Geographie physique et Quaternaire*, vol. 48, 3, 1994, pp. 305-314.
- SANCHO, C.; PEÑA, J.L. AND MELENDEZ, A. "Controls on Holocene and present-day travertine formation in the Guadalaviar River (Iberian Chain, NE, Spain)". *Z. Geomorph. N.F.*, 41, 3, 1997, pp. 289-307.
- SOLIGO, M.; TUCCIMEI, P.; BARBERI, R.; DELITALA, M.C.; MICCADEI, E. AND TADDEUCCI, A. "U/TH dating of freshwater travertine from Middle Velino Valley (Central Italy): paleoclimatic and geological implications". *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 184, 2002, pp.147-161.
- UTRILLA, P. Y RODANÉS, J.M. "La actuación del hombre sobre el paisaje durante la Prehistoria en el Valle Medio del Ebro". En: García Ruiz, J.M. y López García, P.(eds.). *Acción humana y desertificación en ambientes mediterráneos*. CSIC-IPE, Zaragoza, 1997, pp. 61-98.
- VAUDOUR, J. "Travertins holocènes et pression anthropique". *Méditerranée*. 57 (1-2), 1986, pp.165-167.
- VAUDOUR, J. "Evolution holocène des travertins de vallée dans le midi méditerranéen français". *Geographie physique et Quaternaire*, vol 48, 3, 1994, pp. 316-326.
- WEISROCK, A. "Variations climatiques et périodes de sédimentation carbonatée à l'Holocène. L'âge des dépôts". *Méditerranée*. 57 (1-2), 1986, pp.165-167.

### **Resumen ["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"]**

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.

El paso del Pleistoceno al Holoceno supuso un cambio ambiental muy marcado de unas condiciones muy frías a otras cálidas, que en las zonas calizas de la cuenca alta del Ebro fueron acompañadas de una intensa karstificación y el relleno tobáceo de los principales afluentes del río Ebro. Posteriormente y coincidiendo con el inicio de la ocupación antrópica del territorio, cesó la precipitación tobácea y los ríos comenzaron a incidir sus cauces hasta generar importantes terrazas. En este trabajo se analiza la evolución de los valles de los ríos Purón y Molinar, se establece su cronología y se plantea la incidencia que la ocupación antrópica del territorio ha tenido en su evolución.

**Palabras clave:** Tobas, cambio ambiental, antropización, evolución geomorfológica, Holoceno, Alto Ebro.

### **Abstract ["Geomorphologic evolution, environmental changes and human activity during Holocene in Upper Ebro Basin: tufa complexes in Purón and Molinar rivers"]**

Geomorphologic evolution, environmental changes and human activity during Holocene in Upper Ebro Basin: tufa complexes in Purón and Molinar rivers.

Pleistocene to Holocene transition was accompanied by a very intense environmental change, from cold conditions to warmer. During this time, the karst processes made a very

intense work on calcareous places of Upper Ebro Basin and tufa sedimentation rates in the valleys were also high. During the Holocene, coinciding with first human settlement occupation, tufa sedimentation stopped and the down cutting processes on in filled valley deposits started on. The erosion process on tufa building may be caused both human activity and complex responses of the natural system. In this paper Holocene geomorphic evolution of Purón and Molinar rivers is studied, the chronology of tufaceous deposits is established and the incidence of human activity on the geomorphic evolution is considered.

**Key words:** Tufa buildups, environmental changes, human impact, geomorphologic evolution, Holocene, High Ebro basin.

**Résumé [“Evolution géomorphologique, variation environnementale, pression anthropique, évolution géomorphologique dans le bassin d’Ebro (Holocène)”]**

Évolution géomorphologique, change climatique et anthropisation pendant l’Holocène du bassin Haute de l’Ebro: les édifices travertineux des fleuves Puron et Molinar.

Le trajet du Pléistocène à l’Holocène se traduit en une variation climatique très marquée par des conditions froides qui deviennent chaudes, que dans les zones calcaires du bassin Haute de l’Ebro ont été accompagnées d’une intense dynamique karstique et le remblaiement travertineux des principaux affluents de la fleuve Ebro.

Plus tard, et au début de l’occupation anthropique du territoire, la précipitation travertineuse finit et les rives commencèrent à démanteler les barrages travertineux jusqu’ à générer des importantes terrasses. Dans cet étude, on analyse l’évolution des vallées des fleuves Puron et Molinar, on établie leur chronologie et on se pose l’incidence que l’occupation anthropique du territoire a eu dans son évolution.

**Mots clé:** Edifices travertineux, variation climatique, pression anthropique, évolution géomorphologique, Holocène, Ebro.