

CLIMA Y HOMBRE EN LA EVOLUCIÓN DE LAS VALES DEL SECTOR CENTRAL DE LA DEPRESIÓN DEL EBRO DURANTE EL HOLOCENO SUPERIOR

J.L. PEÑA MONNÉ¹, C. SANCHO MARCÉN², A. MUÑOZ JIMÉNEZ²,
A. CONSTANTE ORRIOS¹

¹Dpto. de Geografía y Ordenación del territorio. Pedro Cerbuna, 12. Universidad de Zaragoza. 50009 Zaragoza. jlpena@unizar.es, anaconstante@hotmail.com

²Dpto. de Ciencias de la Tierra. Pedro Cerbuna, 12. Universidad de Zaragoza. 5009 Zaragoza. csancho@unizar.es, armunoz@unizar.es

RESUMEN

Los rellenos de las vales del curso bajo del río Huerva y del escarpe del Ebro constituyen registros de gran importancia para la reconstrucción paleoambiental del Holoceno superior. Las diferentes unidades morfosedimentarias acumuladas (niveles N3, N2, N1) presentan numerosas similitudes a nivel regional, aunque en el caso de la unidad N3 las dataciones de radiocarbono revelan cierta asincronía entre ambas zonas. Frente a la génesis climática de las unidades N2 (Medieval-1ª parte de la PEH) y N1 (2ª parte de la PEH), el nivel N3 (6000 BC-siglo IV AD) es interpretado como resultado de la erosión generado por la acción antrópica en la cuenca a partir de una serie de criterios geomorfológicos y sedimentarios diferenciadores.

Palabras clave: *Actividad aluvial, cambio ambiental, Geoarqueología, Holoceno superior, Cuenca del Ebro.*

ABSTRACT

Late Holocene morphosedimentary alluvial units infilling low order network valleys around Zaragoza are excellent palaeoenvironmental records. Cut and fill terrace sequences are well recognized in the lower basin of the Huerva River, to the South Zaragoza, and in the adjacent drainage sectors of the scarp related to Ebro River evolution, to the NW Zaragoza. Three (N3, N2 and N1) units have been distinguished at regional scale with similar characteristics, even though N3 level shows some asynchrony between the two studied sectors. Climatic drivers leading the accumulation of units N2 (Medieval-first part of the LIA) and N1 (second part of LIA). On the other hand, human action plays an important role in the deposition of unit N3 (6000 BC-IV century AD) as is supported from chronological, geomorphological and sedimentary evidences.

Keywords: *Alluvial activity, environmental change, Geoarchaeology, Late Holocene, Ebro basin.*

1. INTRODUCCIÓN

En el sector central de la Depresión del Ebro, la red de drenaje principal ha desarrollado durante el Pleistoceno un amplio sistema de terrazas fluviales como consecuencia de cambios climáticos en un contexto de levantamiento tectónico generalizado. Por el contrario, apenas existe información disponible de la actividad de estos grandes ríos durante el Holoceno, lo que dificulta la reconstrucción de la dinámica erosivo-acumulativa reciente. Sin embargo, numerosos cursos secundarios que desarrollan sus cabeceras en los relieves elevados del interior de la depresión, como las plataformas estructurales (*muelas*) o el escarpe del Ebro, en el entorno de la ciudad de Zaragoza (Fig. 1), conservan una importante información paleoambiental para esas épocas. Los cambios que han afectado a la dinámica de estos valles (*vales*, localmente), especialmente durante el Holoceno superior, han quedado registrados en forma de unidades o niveles acumulativos y procesos de incisión intermedios.

Los rasgos morfológicos más característicos de las vales fueron descritos inicialmente por Van Zuidam (1976), Burillo *et al.* (1985) y Soriano (1989). El valor paleoambiental de las acumulaciones de las vales gana importancia con nuevas aportaciones de Arauzo & Gutiérrez (1994), Peña-Monné *et al.* (1993 y 1996), Peña-Monné (1996) y en la síntesis de Gutiérrez-Elorza & Peña-Monné (1998). Posteriores interpretaciones paleogeográficas y reconstrucciones paleoambientales basadas en una mayor resolución cronológica, radiométrica y geoarqueológica, en el valle del Huerva, al S de Zaragoza (Peña-Monné *et al.*, 2004) y en la margen N del río Ebro, al NO de esta misma ciudad (Constante *et al.*, 2006, 2009, 2010 y 2011), han establecido secuencias más completas sobre la cronología de las etapas diferenciadas.

En este trabajo se sintetiza la información procedente de las dos zonas mencionadas del valle medio del Ebro (Fig. 1), estableciendo las características generales de las vales y las particularidades de los

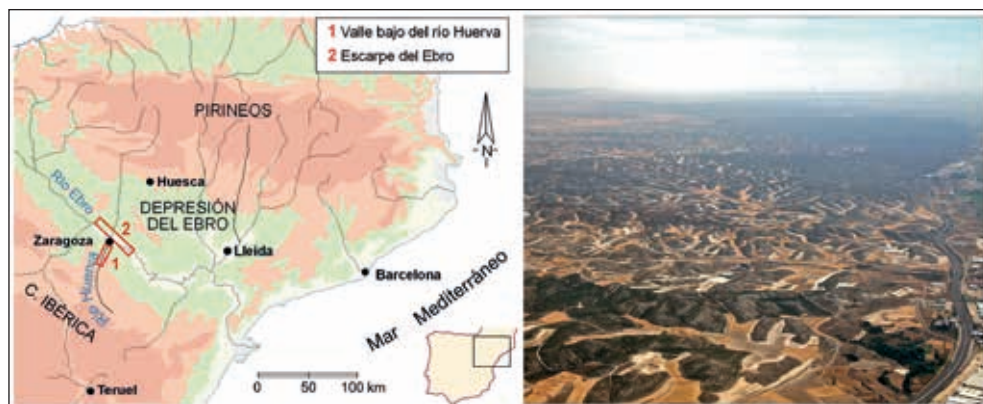


Fig. 1. Mapa de situación de las dos zonas analizadas (valle del Huerva y escarpe del Ebro) y vista aérea de las vales del sector norte del Ebro entre la Puebla de Alfindén y Alfajarín.

diferentes niveles acumulativos, de cara a ofrecer criterios de discriminación entre causas climáticas y antrópicas en su generación.

2. EL CONTEXTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

Las dos áreas de estudio se enmarcan en materiales miocenos de la Formación Yesos de Zaragoza compuesta por materiales evaporíticos, así como depósitos arcillosos, más frecuentes en la parte basal y en el margen sur del valle del Huerva. En el sector norte del río Ebro los yesos conforman un escarpe de 40-70 m de altura entre Alagón y Juslibol, coronado por una terraza del Ebro afectada por procesos de subsidencia kárstica y/o deformaciones diapíricas.

Esta región semiárida reúne una serie de factores favorables para el desarrollo de importantes acumulaciones holocenas, ya que abundan los materiales fácilmente erosionables, desprovistos, además, de protección de vegetación, por lo que los eventos erosivos producidos como consecuencia de pequeñas fluctuaciones climáticas, como las del Holoceno, o variaciones en el uso del suelo en sus cuencas tienen una repercusión casi inmediata. Pero, si bien los rellenos aluviales de los fondos de las vales están muy extendidos, no en todas las zonas aparecen diferentes unidades que registran cambios ambientales holocenos. Solamente las áreas en las que la red de drenaje presenta un gradiente más pronunciado se han activado procesos de incisión que han permitido el desarrollo de secuencias de unidades aluviales encajadas. Este es el caso de las dos zonas analizadas. Por una parte, el valle bajo del río Huerva es disimétrico, ya que du-

rante el Pleistoceno el río ha ido migrando hacia el este a la vez que se encajaba en los materiales miocenos. Por ello, los afluentes de su derecha, procedentes de la plataforma estructural de La Plana presentan pendientes pronunciadas dada la mayor proximidad del río principal. Los tributarios más importantes son las vales de Cuarte, Cadrete, la Morera, de las Lenas y Botorrita. Por otra parte, el río Ebro, presenta entre Alagón y Osera un trazado meandriforme, chocando su curso en algunos tramos contra el escarpe de yesos miocenos que forma el margen norte. Un conjunto de torrentes procedentes de la vertiente sur de los Montes de Castejón drenan hacia el Ebro formando una red dendrítica compleja, con cuencas de notable extensión y un tramo final de fuerte pendiente. En la parte oeste del escarpe, destacan las vales de Pola, La Virgen, Alfocea y Miranda, y en la parte oriental, las vales de las Casas, Nuez, Villafranca, Portazgo y Osera.

3. ASPECTOS GENERALES SOBRE LAS VALES HOLOCENAS

Las vales son segmentos fluviales de bajo orden con el fondo plano o en cuna, generados como resultado de procesos acumulativos correlativos a la erosión de las laderas circundantes. Como consecuencia de ello, el sustrato mioceno aflora directamente en las laderas, sin suelos ni apenas vegetación. La configuración del relleno de las vales registra, por lo tanto, la transferencia lateral desde las laderas o longitudinal desde la cabecera, hacia el fondo del curso colector. Mientras los aportes laterales consistieron esencialmente en materiales finos (gravillas, arenas y limos), los longitudinales eran de granulometrías más gruesas y con una

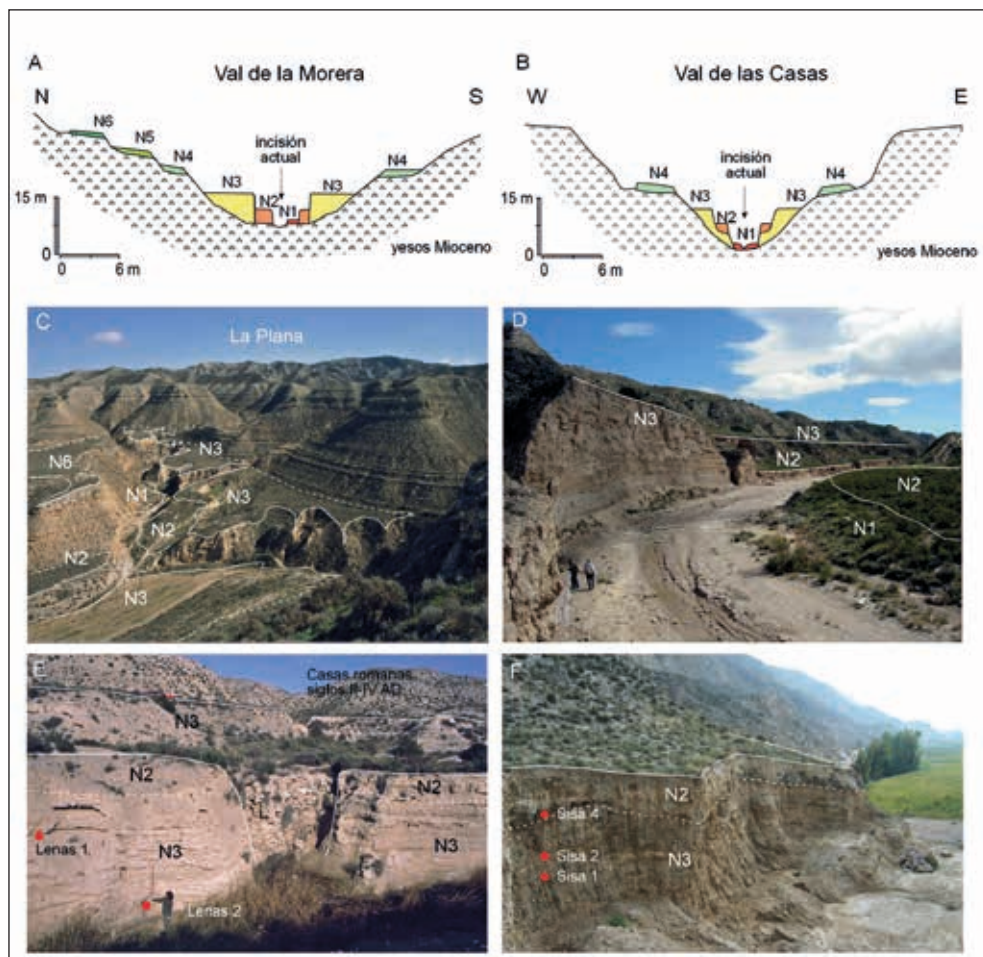


Fig. 2. Cortes transversales de las vales de la Morera (A) y de las Casas (B), con diferenciación de los niveles acumulativos. Vista general de las vales de la Morera (C) y de la Virgen (D), con indicación de las unidades morfosedimentarias holocenas. Perfiles de la Val de las Lenas (E) y del cono del Sisallar, en los valles del Huerva y del Ebro, respectivamente, en los que se han señalado la superposición de niveles y los puntos de muestreo para dataciones radiométricas.

variedad litológica mayor, ya que tanto en los barrancos del valle del Huerva como en los del sector del Norte del Ebro, la cabecera se sitúa en los relieves estructurales desarrollados sobre calizas de La Plana-La Muela y Montes de Castejón respectivamente.

En realidad la historia evolutiva de las vales comienza con anterioridad al Holoceno, ya que se conservan acumulaciones pleistocenas, que configuran niveles de terrazas-conos elevados. En la val de la Morera consiste en tres niveles (N6, N5, N4, en orden descendente, Fig. 2A), mien-

tras que en los restantes, únicamente se conserva un nivel antiguo (N4). Estas terrazas altas se componen básicamente de gravas calizas de la zona de cabecera. Cabe considerar al nivel N4 como del tránsito Pleistoceno-Holoceno por las edades establecidas en la base de los niveles que aparecen encajados en el mismo (ca. 6000 años BC, en Constante *et al.*, 2010). Incluso la fecha obtenida (17,7-12,6 ka) por Andres *et al.* (2002) en un depósito basal de la unidad N3 podría pertenecer a restos de este nivel N4. En cualquier caso, la incisión posterior que afectó al nivel N4 creó el valle que alberga el conjunto de unidades morfosedimentarias plenamente holocenas, una principal denominada N3, y dos menores, N2 y N1 (Peña-Monné *et al.*, 1993).

4. LOS NIVELES ACUMULATIVOS HOLOCENOS

La fase de agradación N3 aparece registrada de forma generalizada en todas las vales a escala regional. Su relleno plano, habitualmente cultivado (Fig. 1), permanece en la mayor parte de los casos sin ser afectado por incisiones posteriores, si bien en los dos ámbitos estudiados presentan una fuerte incisión. Esta etapa de relleno sedimentario comienza en la val de la Morera hacia 4920 +/-100 cal BC y en la val de las Lenas en torno a 4830 +/-30 cal BC. En ambos casos, las muestras datadas mediante radiocarbono se sitúan en la parte basal, muy cerca del sustrato mioceno (Figs. 2E, 3A). En la val de la Virgen, en el sector del Ebro, el proceso se inicia con anterioridad, ya que las fechas disponibles (Fig. 3B) son de 6057 +/-49 cal BC. Desde el punto de vista cronocultural, estas fechas nos sitúan el inicio del relleno

no en el Neolítico, en el paso del Boreal al Atlántico. No se conocen apenas restos arqueológicos de esta época en el sector central del valle del Ebro, lo cual parece lógico dado que la fase erosiva que desmantela sus laderas va a hacer desaparecer los posibles testimonios de ocupación humana.

Grandes espesores de sedimentos se fueron depositando en etapas posteriores. En muchos casos contienen restos arqueológicos, esencialmente cerámicas de las edades del Bronce y Hierro, y se dispone de varias dataciones absolutas que abarcan estos mismos periodos temporales (Fig. 3B1, 3B3). Las características del depósito varían desde detriticos más gruesos hasta un dominio de los limos yesíferos para épocas históricas (Fig. 3A). La parte culminante del relleno se caracteriza, por lo general, por un nivel de "limos superiores" endurecidos, de 0,5-1 m de espesor, que en varios puntos del valle (vales de Cuarte, de la Morera y Las Lenas) recubre casas de *villae* romanas y contiene abundante cerámica de los siglos II-IV AD (Fig. 3A). Estas fechas, en torno al siglo IV, marcan el final del largo episodio de relleno N3. Sin embargo, a nivel de detalle, existe una gran diferencia entre las dos áreas analizadas. En el bajo Huerva, el espesor sedimentario anterior a época Iberorromana (unos 5 m en ca. 4200 años) es escaso si se compara con la tasa registrada desde época Iberorromana (siglo III-II BC) hasta Romana tardía (siglos III-V AD) (5-6 m en unos 1000 años) (Figs. 2E, 3A). Por el contrario, en el sector del Ebro, los mayores depósitos observados son de las Edades del Bronce y Hierro, mientras que las acumulaciones iberorromanas y romanas son muy escasas o nulas en gran parte de las vales (Figs. 3B1, 3B2, 3B3).

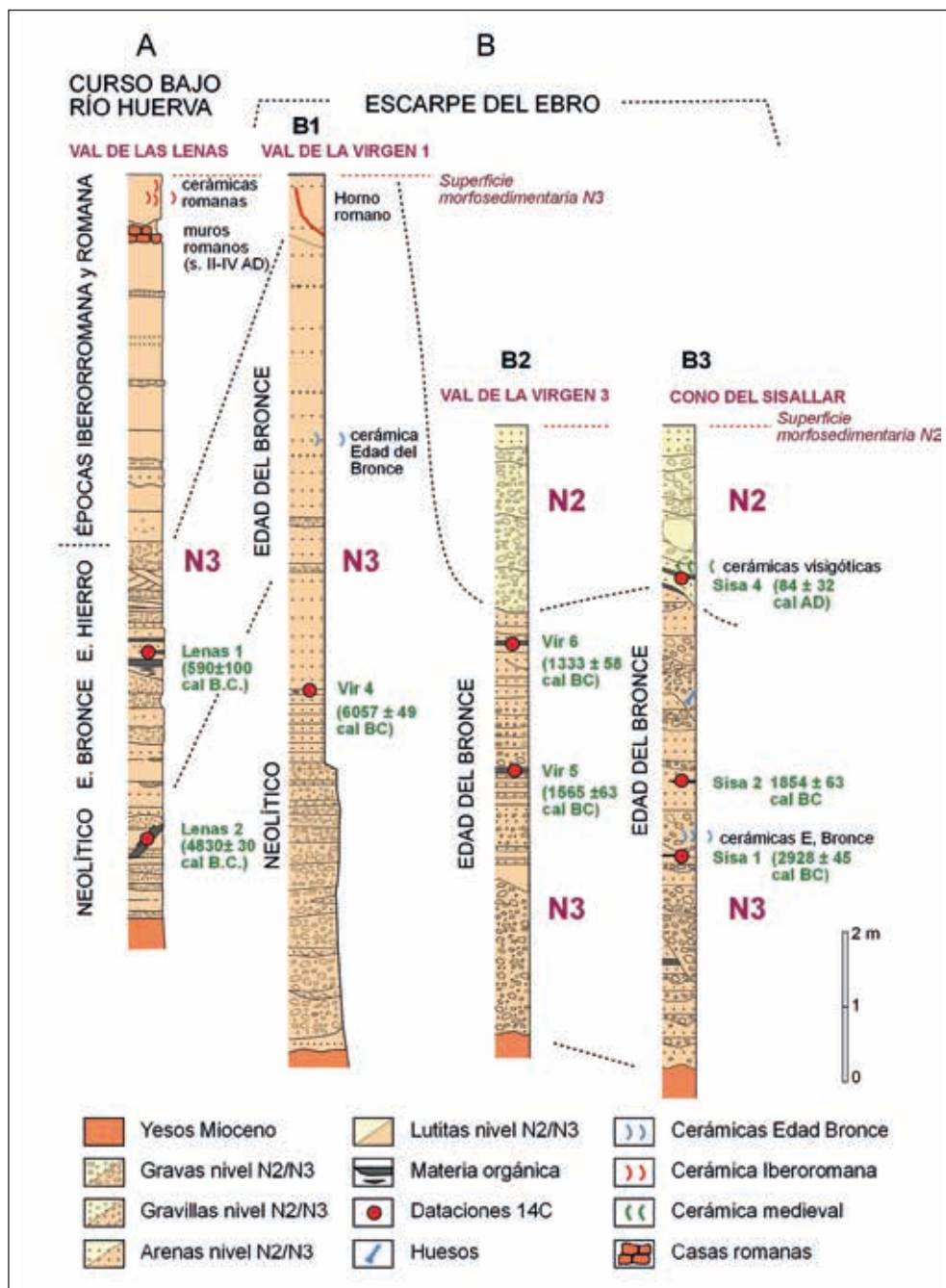


Fig. 3. Perfiles de las acumulaciones de la Val de las Lenas (curso bajo del río Huerva) (A), de la val de la Virgen (B1, B2) y del cono del Sisallar (B3), en el escarpe del Ebro.

La configuración final de la unidad N3 consiste en valles rellenos por 8-14 m de sedimento y una anchura variable de 100-300 m y fondo plano o ligeramente acunado, que salen del área restringida de la val hacia el valle principal (Huerva o Ebro), llegando a ser coalescentes en el caso del Huerva. Como constatan Peña-Monné *et al.* (1996, 2004), la llegada de conos laterales ocupó íntegramente el fondo del valle, sin que el Huerva generara su propio nivel de terraza en esos momentos. En el Ebro, los conos están más separados entre sí, pero formaron amplios abanicos al pie del escarpe, como en el caso del cono del barranco de la Virgen, del Sisallar (Figs. 2F, 3B3) y de Alfocea.

En un momento impreciso, entre el siglo IV y el periodo Medieval comenzó un proceso de incisión del río Huerva sobre los conos laterales y de los tributarios sobre el nivel N3, potenciado principalmente por procesos de *piping* y por la erosión remontante. En este valle, todo parece indicar que hacia el siglo VII había cesado la sedimentación del nivel N3, ya que en él se excavan las tumbas visigóticas de Cuarte (Peña-Monné *et al.*, 1993). Además, en el Ebro, la base de la unidad N2 del cono del Sisallar (Fig. 3B3) presenta también esta edad. Posteriormente, un nuevo cambio en la dinámica de estas vales, generó, también con carácter general, registros aluviales correspondientes a la **fase de agradación N2** de menor entidad que N3, formándose un nuevo fondo plano encajado en el anterior (Fig. 2C). Donde la incisión alcanzó hasta el sustrato, este nivel presenta un relleno independiente, adosado lateralmente a N3 (Fig. 2A), pero en muchos casos, N2 se apoya sobre la parte media o basal de N3 (Figs.

2B, 3B2). El espesor habitual es de 2-4 m de sedimentos, predominantemente gravas con intercalaciones limosas, con gran abundancia de cantos calizos procedentes del área de cabecera. Al igual que en la anterior etapa, el nivel N2 alcanzó hasta el valle principal generando un nuevo cono encajado en el anterior (caso de las vales afluentes del Huerva) o una superposición con base erosiva sobre el cono N3 (en los conos de la val del Sisallar (Fig. 2F, 3B3) y de Alfocea). Si bien en el Huerva, no hay datos cronológicos precisos que permitan asegurar su edad, en sector del Ebro, aparecen cerámicas de época visigótica (cono del Sisallar, Fig. 3B3, cono de la val de la Virgen) y de otros momentos medievales (cono de Alfocea).

Una nueva fase de incisión (Figs. 2A, 2B, 2C, 2D), seguida de la **fase de agradación N1**, de escaso desarrollo, tuvo lugar en estas vales en torno al siglo XVII, según datación obtenida en la val de la Morera (Peña-Monné *et al.*, 1993). Este nivel es también correlacionable con la terraza más moderna del río Huerva (T1), a 1-1,5 m de altura sobre el cauce actual. Igualmente está presente en las vales del escarpe del Ebro (Fig. 2B, 2D). En algunas crecidas importantes recientes, este nivel ha desaparecido en vales en donde se había constatado su presencia, cuando el valle es muy estrecho, como en el caso de la val de Miranda (Peña-Monné, 1996).

Por último, hay que indicar que este nivel ha sido igualmente incidido en época reciente, aunque su dinámica se ha visto interrumpida por pulsaciones sedimentarias que forman pequeños subniveles internos (**N0a**, **N0b**) formados en la segunda mitad del siglo XX (Saz *et al.*, 2004).

5. INTERPRETACIÓN Y CONCLUSIONES

La sucesión de fases de agradación/incisión en las vales ha dado lugar a un paisaje con multiplicación de niveles acumulativos, de mayor o menos continuidad, que en el caso de la val de la Morera alcanza su máxima expresión, ya que se compone de 3 etapas pleistocenas y 3 holocenas, además de las 2 más recientes (Figs. 2A, C). Las fases holocenas, además, no son homogéneas en duración, ya que N3 es un nivel construido durante un largo proceso erosivo-acumulativo (ca. 6400 años como mínimo), mientras que N2 y N1 se han conformado en pocos siglos. Las fases antiguas pleistocenas, y también las dos más recientes (N2, N1), aparecen registradas en el conjunto de la cuenca, de manera que los niveles aluviales se correlacionan con terrazas de los ríos Huerva (caso de la val de la Morera) y del Ebro (vales de las Casas y de Osera). Esta generalización regional a escala de cuenca parece más consecuente con eventos fluviales de carácter climático. Sin embargo, el nivel N3 de las vales no tiene conexión con ningún nivel de terraza del río principal, lo que hace dudar de su origen climático. Por el contrario, tal y como se ha indicado, sus conos terminales invadieron plenamente las llanuras aluviales.

De modo adicional, hay otros rasgos diferenciadores de esta unidad N3 con respecto a las demás. Por una parte, el elevado espesor sedimentario, que habitualmente alcanza 4-5 m, pero en muchos casos supera los 10-12 m, y localmente incluso 17 m, dependiendo de las irregularidades topográficas del sustrato. Durante su formación se ha identificado una fase climática en la que se generan importan-

tes acumulaciones de ladera, cuyos límites cronológicos abarcan desde 2200 BC hasta la fase fría de la Edad del Hierro (500-700 BC), y que se generalizó a todo el NE de España (Gutiérrez-Elorza & Peña-Monné, 1998). Por los datos obtenidos en Muel, en el valle del Huerva (Pérez-Lambán *et al.*, 2014), esta ladera además quedaría estabilizada por el desarrollo de un suelo, todavía existente en Época Romana. Gran parte de estas acumulaciones de ladera y sus correspondientes suelos serían erosionados y pasarían a formar parte de la parte alta de los perfiles analizados en las vales de este sector, como en el caso de la val de las Lenas (Fig. 3A).

Por otra parte, el nivel N3 destaca frente al resto de unidades por la abundancia de materiales finos, que siguiendo el razonamiento anterior, procede en gran parte del desmantelamiento de suelos y laderas. Es decir, que los procesos dominantes de erosión-sedimentación en las vales (nivel N3) son de origen predominantemente lateral frente a la génesis asociada a la dinámica fluvial longitudinal de los restantes niveles. Así pues, tanto por su espesor desproporcionado, que nos indica altas tasas de erosión, como por sus propias características sedimentarias, N3 es una etapa morfosedimentaria que sólo puede ser interpretado como consecuencia de un incremento de la erosión por deforestación y sobreutilización antrópica de las laderas. La presencia humana durante esta fase holocena se muestra por abundantes restos constructivos, cerámicas, huesos, etc. incluidos en los depósitos, y además por la de importantes niveles de cenizas y carbón (Fig. 3), que en ocasiones tienen suficiente continuidad como para relacionarlos con incendios generalizados (Peña-Monné *et al.*, 2004).

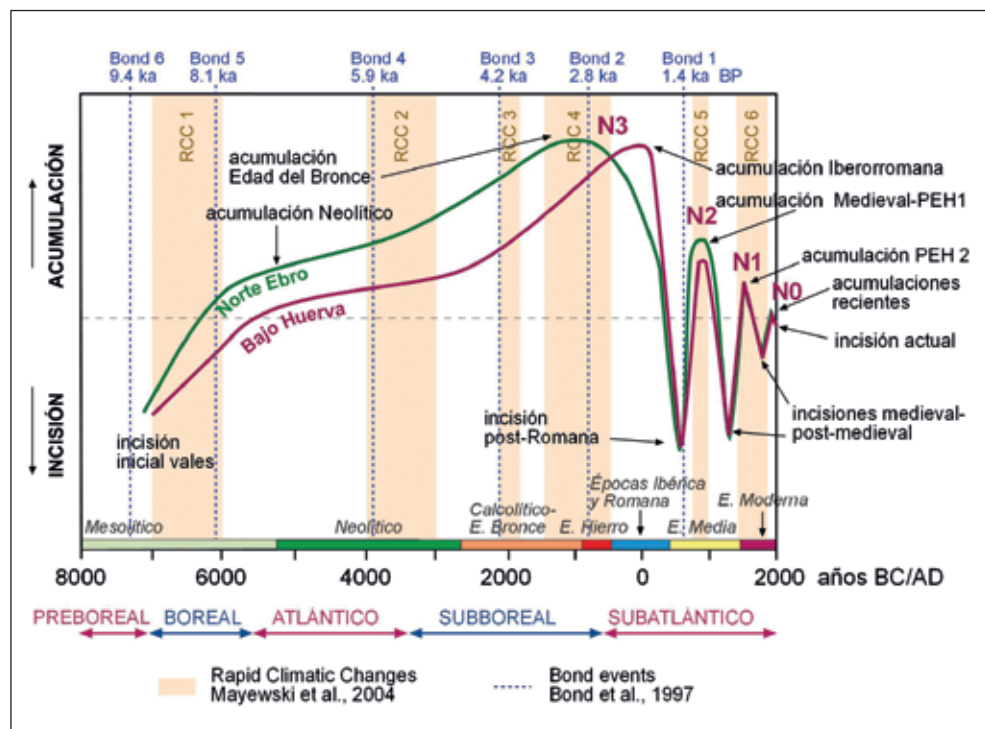


Fig. 4. Ensayo de síntesis de las fases acumulativas y de incisión registradas en las vales del bajo Huerva y del escarpe del Ebro mostrando la asincronía del nivel N3 entre ambas zonas y la total coincidencia en los niveles N2 y N1. Aparecen señaladas las etapas culturales y climáticas, así como los periodos de RCC de Mayewski et al. (2004) y los eventos Bond (Bond et al., 1997) como indicadores cronológicos y paleoambientales generales.

Finalmente, existe una diferencia importante entre las unidades morfosedimentarias N3 en el valle del Huerva y en el escarpe del Ebro. Se trata de una asincronía marcada entre ambas zonas, lo que apoyaría la relación establecida entre la formación de N3 y la actividad antrópica. En el caso del río Huerva, las vales registran sus máximos rellenos en Época Iberorromana y Romana Tardía (entre siglos IV BC y IV AD), mientras que en las vales del Ebro, la fase importante es durante Neolítico-Edad del Bronce (4000-1000 BC),

siendo muy baja o nula la acumulación de época Romana.

A partir de estos datos, es posible realizar una valoración de los controles morfogenéticos responsables del desarrollo y conformación de los diferentes niveles aluviales acumulativos del sector central de la depresión del Ebro y que dan lugar a una evolución marcada por la repetición de fases de acumulación e incisión de distintos rangos y edades (Fig. 4).

-Los niveles antiguos N6, N5 y N4 se asocian con ciclos de formación de terra-

zas fluviales pleistocenas de los ríos principales. Aunque no se dispone de buenos datos cronológicos, estas fases de agradación se asocian, a escala regional, con períodos fríos del Pleistoceno superior.

- Sin embargo, la etapa acumulativa de N3 supone un cambio importante. En efecto, su acumulación es independiente del funcionamiento de los ríos principales y presenta un predominio de procesos dinámicos de laderas y conos aluviales. Este proceso se realiza desde el Neolítico (6000-4000 BC) en condiciones ambientales secas, ya que coincide con fases de aridificación establecidas por Jalut *et al.* (2004) para el ámbito mediterráneo. Así mismo se relaciona con el evento Bond 5 (Bond *et al.*, 1997) y el RCC1 de Mayewski *et al.* (2004) de tendencia hacia condiciones áridas en latitudes bajas. La presión antrópica sobre el medio es creciente y la combinación de la deforestación con condiciones climáticas secas desencadenarían procesos importantes de arrastre de sedimentos, que se mantienen hasta Época Romana Tardía (siglos II-IV AD) (Fig. 4). La mayor influencia humana en el escarpe del Ebro se produce por una fuerte ocupación humana durante la Edad del Bronce, mientras que en el valle del Huerva es principalmente en Época Romana, y en especial Romana tardía, que aparece muy ligada espacial y temporalmente con la extensión del poblamiento y explotación territorial mediante villas dispersas en el ámbito rural.

- El nivel acumulativo N2, generado en Época Medieval-postMedieval (600 AD-siglo XVI), vuelve a marcar pautas distintas de funcionamiento de las vales, en donde las laderas persisten deforestadas, aunque ya con menos sedimentos dispo-

nibles, y el aporte detrítico procede de las cabeceras de las cuencas. Climáticamente es un periodo seco y cálido (Anomalía Cálida Medieval) que se prolonga hasta la primera parte de la Pequeña Edad del Hielo, en que aumenta la variabilidad climática y el régimen de lluvias (Thorndyraft & Benito, 2006).

- El nivel N1, desarrollado en plena Edad del Hielo, repite parte de las características de la anterior fase acumulativa, aunque no siempre se ha preservado en todas las vales. Su génesis vuelve a estar ligada a eventos climáticos durante la segunda parte de la Pequeña Edad del Hielo. Esta etapa breve de acumulación terminará con el inicio del proceso de incisión actual. Eventos extremos registrados en el siglo XX, encajados en este nivel (etapas N0), podrían asemejarse al tipo de funcionamiento de esta fase.

Por último, no hay que olvidar que estas fases acumulativas están separadas por etapas en las que ha dominado la incisión lineal (Fig. 4). Estos procesos de incisión tuvieron que activarse durante fases en las que el suministro de sedimentos al drenaje se vería reducido por una estabilización morfo-genética de las laderas. Como se ha indicado, la incisión entre N3 y N2 tuvo que producirse entre los siglos IV y VII AD (Fig. 4) y la causa debió ser una ruptura climática frente al ciclo acumulativo de origen antrópico anterior, que podría estar relacionada con el evento Bond 1.4 (1400 BP) (Bond *et al.*, 1997 (Fig. 4). Una causa climática también podría ser la clave para explicar la ruptura creada por la incisión entre N2 y N1, posiblemente relacionada con la Pequeña Edad del Hielo, dentro de la cual se ha diferenciado un momento de estabilización ambiental

(Pérez-Lambán *et al.*, 2014) anterior al siglo XVII, que pudo ser el inicio de este proceso.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución financiada parcialmente por el proyecto CGL2009-10455/BTE (Gobierno de España-Fondos FEDER) y el Grupo Paleoambientes del Cuaternario (Universidad de Zaragoza-Gobierno de Aragón).

7. REFERENCIAS

- Andres, W., Ries, J. & Seeger, M. (2002): Pre-Holocene sediments in the Barranco de las Lenas, Central Ebro Basin, Spain, as indicators for climate-induced fluvial activities. *Quaternary International*, 93-94: 65-72.
- Arauzo, T. & Gutiérrez-Elorza, M. (1994): Evolución de los valles de fondo plano del centro de la Depresión del Ebro. En: Arnáez, J., García-Ruiz, J.M. y Gómez-Villar, A. (eds.) *Geomorfología en España, III Reunión Nacional de Geomorfología*, 277-290 pp., Logroño.
- Bond, G., Showers, W., Cheseby, M., Lotti, R., Almasi, P., de D06102, doi:10.1029/2005JD-006079Menocal, P., Priore, P., Cullen, H., Hajdas, I. & Bonani, G. (1997): A Pervasive Millennial-Scale Cycle in North Atlantic Holocene and Glacial Climates. *Science*, 278: 1257-1266.
- Burillo, F., Gutiérrez, M. & Peña-Monné, J.L. (1985): Las acumulaciones holocenas y su datación arqueológica en Mediana de Aragón (Zaragoza). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 11: 193-207.
- Constante, A., Dossche, R., Peña-Monné, J.L., Sancho, C. & de Dapper, M. (2006): Dinámica morfosedimentaria holocena en laderas y valles del escarpe de Alfocea-Juslibol (sector central de la Depresión del Ebro). En: *Geomorfología y territorio* (Pérez Alberti, A. & López Bedoya, J., eds.), 979-992 pp., Santiago de Compostela.
- Constante, A., Dossche, R., Peña-Monné, J.L., Sancho, C. & de Dapper, M. (2009): Holocene evolution and geoarchaeology in the Ebro valley around Zaragoza (Northern Spain). En: *Ol'man river Geo-archaeological aspects of rivers and river plains* (de Dapper, M., Vermeulen, F., Deprez, S. y Taelman, D., eds): 241-256 pp. Academia Press, Ghent.
- Constante, A., Peña-Monné, J.L. & Muñoz, A. (2010): Alluvial geoarchaeology of an ephemeral stream: Implications for Holocene landscape change in the Central part of the Ebro Depression, Northeast Spain. *Geoarchaeology*, 25: 475-496. <http://dx.doi.org/10.1002/gea.2031>.
- Constante, A., Peña-Monné, J.L., Muñoz, A. & Picazo, J. (2011): Climate and anthropogenic factors affecting alluvial fan development during the Late Holocene in the Central Ebro valley, Northeast Spain. *The Holocene*, 21: 275-286.
- Gutiérrez-Elorza, M. & Peña-Monné, J.L. (1998): Geomorphology and Late Holocene Climatic Change in Northeastern Spain. *Geomorphology*, 23: 205-217.
- Jalut G., Esteban Amat A., Bonnet L., Gauquelin T. & Fontugne M. (2000): Holocene climatic changes in the Western Mediterranean, from south-east France to south-east Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeocology*, 160: 255-290.
- Mayewski, P.A., Rohling, E.E, Stager, J.C., Karlén, W., Maasch, K.A., Meeker, L.D., Meyerson, E.A., Gasse, F., Kreveld, S., Holmgren, K., Lee-Thorp, J., Rosqvist, G., Rack, F., Staubwasser, M., Schneider, R.R. & Steig E.J. (2004): Holocene climate variability. *Quaternary Research*, 62: 243-255.
- Peña-Monné, J.L. (1996): Los valles Holocenos del escarpe de yesos de Juslibol (sector central de la Depresión del Ebro). Aspectos geomorfológicos y geoarqueológicos. *Arqueología Espacial*: 15. 83-102.
- Peña-Monné, J.L., Echeverría, M.T., Petit-Maire, N. & Lafont, R. (1993): Cronología e interpretación de las acumulaciones holocenas de la Val de las Lenas (Depresión del Ebro, Zaragoza). *Geographica*, 30: 321-332.

- Peña-Monné, J.L., Chueca, J., Julián, A. & Echeverría, M.T. (1996): Reconstrucciones paleoambientales en el sector central de la Depresión del Ebro a partir de rellenos de valle y conos aluviales. En: *Dinámica y evolución de medios cuaternarios* (Pérez-Alberti, A., Martini, P., Chesworth, W. & Martínez-Cortizas, A., eds.): 291-307 pp., Santiago de Compostela.
- Peña-Monné, J.L., Julián, A., Chueca, J., Echeverría, M.T. & Ángeles, G. (2004): Etapas de evolución holocena en el valle del río Huerva: Geomorfología y Geoarqueología. En: *Geografía Física de Aragón. Aspectos generales y temáticos* (Peña, J.L., Longares, L.A. & Sánchez, M. (eds.)), 289-302 pp. Universidad Zaragoza e Institución Fernando el Católico, Zaragoza.
- Pérez-Lambán, F., Peña-Monné, J.L., Fanlo, J., Picazo, J.V., Badía, D., Rubio, V., García-Jiménez, R. & Sampietro, M.M. (2014): Paleoenvironmental and geoarchaeological reconstruction from late Holocene slope records (Lower Huerva Valley, Ebro Basin, NE Spain). *Quaternary Research*, 81: 1-14.
- Saz, M.A., Peña-Monné, J.L., Longares, L.A., Creus, J. & González-Hidalgo, J.C. (2004): Evolución reciente de fondos de valle holocenos en el sector central del valle del Ebro a partir de series de crecimiento radial de *Tamarix canariensis*. En: *Geografía Física de Aragón. Aspectos generales y temáticos* (Peña, J.L., Longares, L.A. & Sánchez, M., eds.), 315-328 pp. Universidad Zaragoza e Institución Fernando el Católico, Zaragoza.
- Soriano, M.A. (1989): Infilled valleys in the Central Ebro Basin (Spain). *Catena*, 16: 357-367.
- Thorndycraft V.R. & Benito G. (2006): Late Holocene fluvial chronology in Spain: the role of climatic variability and human impact. *Catena*, 66: 34-41.
- Zuidam, R.A. van (1975): Geomorphology and Archaeology. Evidences of interrelation at historical sites in the Zaragoza region, Spain. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 19: 319-328.