

APORTACIONES DESDE LA GEOMORFOLOGÍA Y LA GEOARQUEOLOGÍA AL CONOCIMIENTO DE LOS PALEOAMBIENTES HOLOCENOS SEMIÁRIDOS DEL NE DE ESPAÑA

José Luis Peña Monné (1), Carlos Sancho Marcén (2), Virginia Rubio Fernández (3)
y Luis Alberto Longares Aladrén (1)

(1) Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Zaragoza. Zaragoza 50009 (España). Tfno. 34-976761000 jlpena@unizar.es lalongar@unizar.es

(2) Dpto. de Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza. Zaragoza 50009 (España). Tfno. 34-976761091 csancho@unizar.es

(3) Dpto. de Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Autónoma de Madrid. Cantoblanco 28049 Madrid (España). Tfno. 34-914974583 virginia.rubio@uam.es

Resumen

Los registros holocenos del NE de España, representados básicamente por unidades morfosedimentarias aluviales y de ladera, han sido objeto recientemente de numerosos estudios geomorfológicos, que han aportado nueva información de utilidad para la reconstrucción paleoambiental de dicha época. Dentro de la tradicional división del Holoceno, se establecen seis grandes etapas con comportamiento dinámico bien diferenciado. Abarcan desde el Older Dryas hasta la actualidad y se han denominado en función de etapas prehistóricas e históricas concretas, por su mayor precisión temporal: Epipaleolítico, Neolítico, Edad del Bronce-Hierro, Época Romana, Medieval-Postmedieval y Subactual. En las laderas, la duración de las fases de incisión/acumulación disminuye hacia la actualidad al tiempo que aumenta la intensidad en las Edades del Bronce y Hierro. Por otra parte, en los valles se produce el máximo dinamismo en época ibero-romana. A partir de la Edad Media se aprecia una mayor frecuencia en la alternancia de procesos, seguramente debido al aumento en la variabilidad climática

Palabras clave: Geoarqueología, Holoceno, Geomorfología, NE España.

Abstract

During the last two decades, Holocene morphosedimentary records from the NE Spain, consisting mainly of slope and alluvial units, have been widely studied from a geomorphological point of view. The results of these studies have supplied a considerable amount of new important palaeoenvironmental data. In agreement with the usual Holocene timescale, six main stages, with distinctive dynamic behaviour, have been established from the Older Dryas to present day. They have been named, according to the pre-historic and historic periods, as Epipaleolithic, Neolithic, Bronze-Iron Age, Roman Age, Medieval-Postmedieval period and recent times. A general overview of the slope system shows that incision/accumulation stages are shorter and more intensive towards recent time. On the other hand, in infilled valleys, the maximum activity has been recorded during Iberian-Roman period. In both systems, an increase in frequency of erosion-sedimentation alternating processes, controlled by climatic variability, has been observed since the Middle Age.

Key words: Geoarchaeology, Holocene, Geomorphology, NE Spain.

INTRODUCCIÓN

Desde principios de los años 80 se han realizado en el NE de España numerosos trabajos relacionados con la evolución geomorfológica durante el Holoceno. En ellos se utilizan diferentes métodos y técnicas orientados a la interpretación de registros sedimentarios y la reconstrucción de etapas evolutivas controladas por los cambios climáticos y por la actividad humana.

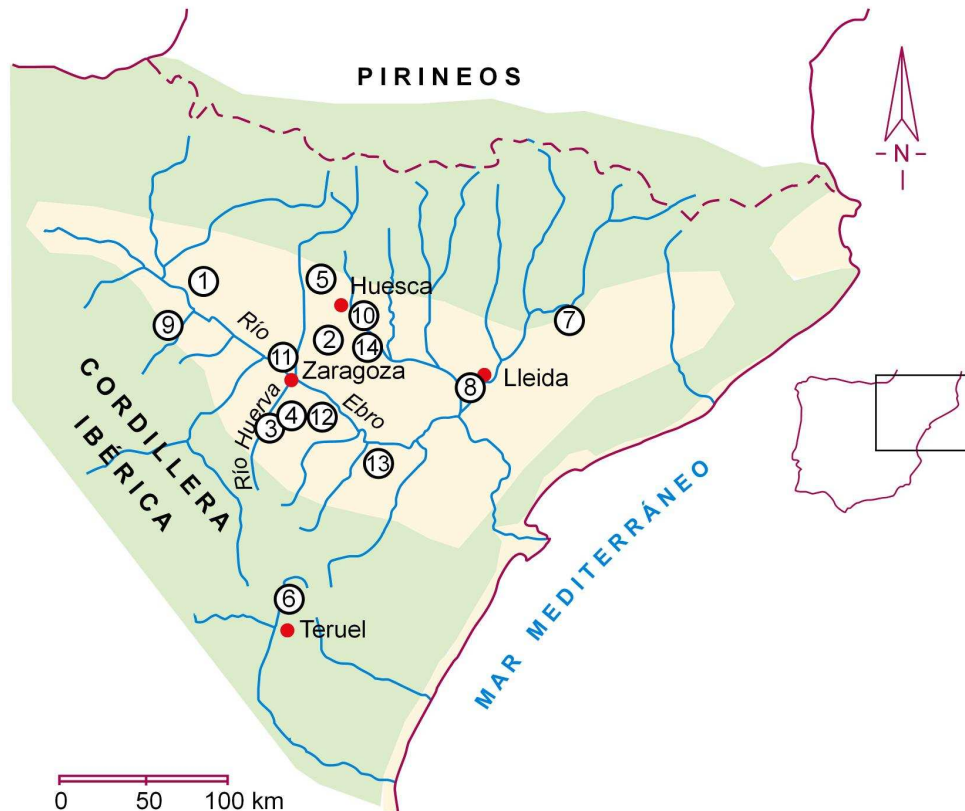


Fig. 1. Mapa de situación de algunos de los lugares citados en el texto. 1. Bardena Blanca. 2. Leciñena, 3. Cabezo de la Cruz. 4. Vales de las Lenas y Morera. 5. San Mitiel. 6. Alfambra. 7. Abrigos Segre medio. 8. Bajos Cinca-Segre. 9. Piedemonte del Moncayo. 10. Hoya de Huesca. 11. Alfocea-Miranda. 12. Mediana de Aragón. 13. Valle del Regallo. 14. Marcén.

La antigua concepción sobre la escasa importancia de la evolución de los paisajes durante el Holoceno ha quedado superada por una nueva visión sobre la evolución geomorfológica de esa época. En esta nueva perspectiva las fluctuaciones climáticas y la presencia activa del hombre adquieren un papel relevante e incluso llegan a determinar los componentes esenciales del actual paisaje a través de un largo y variado proceso evolutivo. Ha habido que cambiar notablemente la metodología de trabajo y han surgido nuevas técnicas, especialmente métodos de datación, que han permitido precisar cada vez más la escala temporal de los registros morfosedimentarios. Igualmente ha sido necesaria la elaboración

de cartografías geomorfológicas de mayor detalle, que pongan en evidencia aspectos geomorfológicos que pasaban inadvertidos hasta ese momento. Por otra parte, se han aplicado técnicas geoarqueológicas para el análisis del territorio, propiciándose una mayor interrelación entre la geomorfología y la evolución de la sociedad humana (Burillo y Peña, 1984).

Los ambientes geomorfológicos analizados por diversos autores en las zonas semiáridas del Nordeste de España (Depresión del Ebro, Cordillera Ibérica y Pirineos) (Fig. 1) abarcan tres ámbitos dinámicos: las laderas, los valles y los conos aluviales, intentando dar una visión integral del funcionamiento de cuencas de tamaño medio y pequeño. En estas formas de relieve, claramente identificables en el paisaje, es posible reconocer la respuesta geomorfológica basándose en el análisis de sus registros sedimentarios. Aunque nos centraremos en ambientes semiáridos, no hay que olvidar que los medios fríos de alta montaña también han aportado información, cada vez más precisa, sobre las etapas holocenas de evolución glacial y periglacial. Por otra parte, como contraste, las formaciones de carbonatos holocenos (construcciones de tobas y espeleotemas en cuevas) conservan también una detallada información sobre etapas templado-cálidas de estas épocas. Todos estos datos continentales pueden, así mismo, ponerse en relación con las variaciones geomorfológicas del ámbito litoral.

1. FASES DE EVOLUCIÓN HOLOCENA

La información paleoclimática del Holoceno está basada tradicionalmente en la clasificación realizada por Blytt y Sernander a finales del siglo XIX en Centroeuropa, en la que se diferencian varias etapas contrastadas de humedad y temperatura. Para los últimos 12000 años se establecen ocho fases (Fig. 2.1 y 2.3): Older Dryas, oscilación Allërod, Younger Dryas, Preboreal, Boreal, Atlántico, Subboreal y Subatlántico. Aunque en este trabajo nos centraremos en este ámbito temporal, se pondrá un énfasis especial en las dos últimas etapas, ya que son las que han aportado por el momento la información más importante. (Peña, 2003). Existen otras divisiones climáticas más recientes del Holoceno, como la de Mayewsky et al (2004), que han realizado una ordenación del Holoceno en fases de RCC (Rapid Climatic Change) partiendo de intervalos ya establecidos anteriormente por Denton y Karlén (1973) y del uso de series químicas de alta resolución del GISP2 (Greenland Ice Sheet Project2). También Jalut et al (2000) ha establecido fases climáticas en función de momentos de aridificación climática, partiendo de análisis polínicos del litoral mediterráneo español. Estos nuevos datos sobre aspectos climáticos concretos, como temperaturas frías o periodos secos complican notablemente las posibilidades de ser relacionadas con registros sedimentarios concretos, de manera que vamos a establecer una división basada

en fases de acumulación e incisión en laderas y fondos de valle (Fig. 2.2) siguiendo las etapas de cambio cultural en el Mediterráneo occidental (Fig. 2.5). Su valor cronológico permite delimitar mejor las etapas, al tiempo que su significado paleoambiental a veces coincide enteramente con ellas.

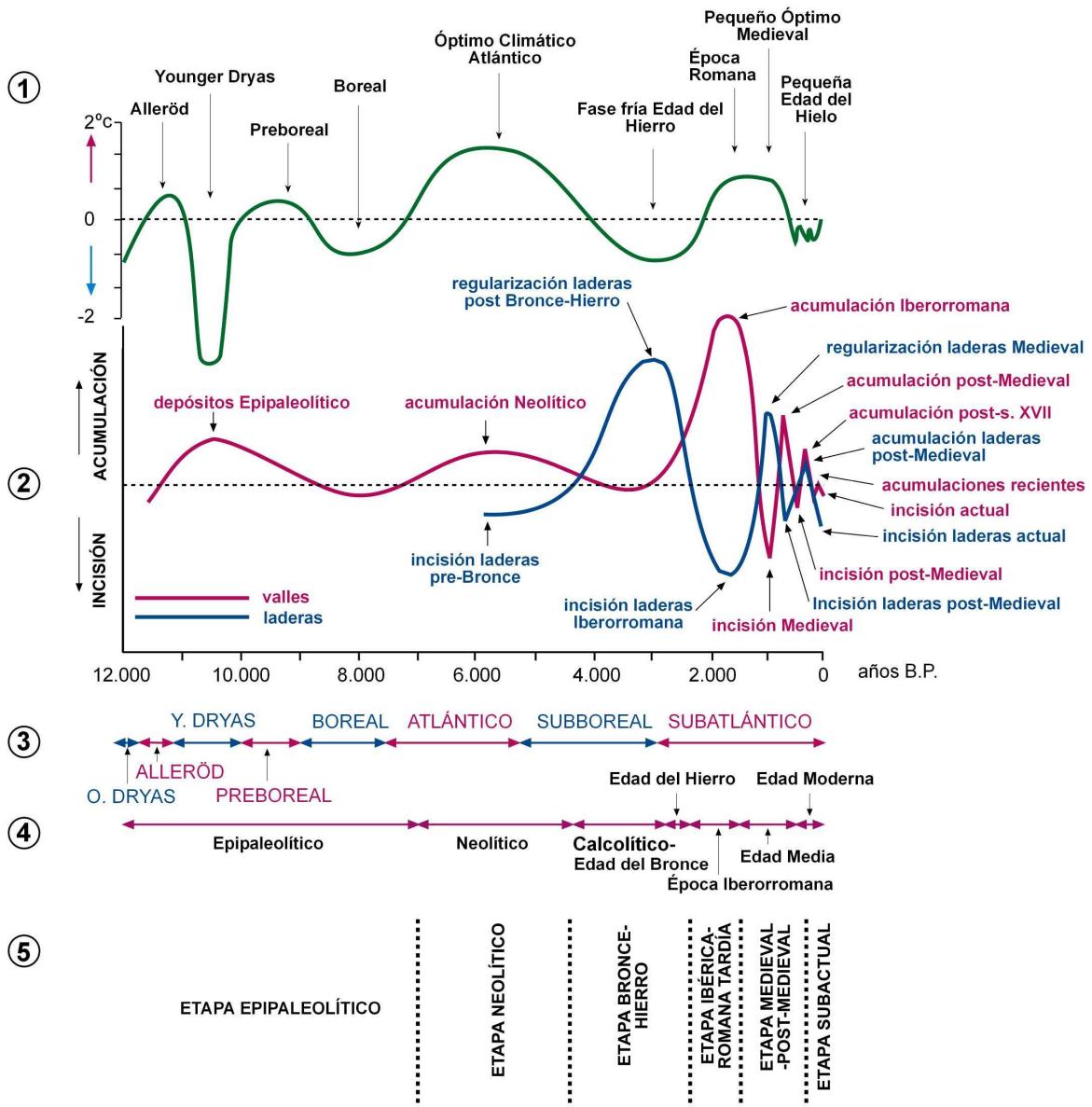


Fig. 2. Gráfica que muestra las etapas de acumulación e incisión en laderas y fondos de valle y su relación cronológica con las etapas climáticas holocenas y las fases culturales prehistóricas e históricas (Peña, 2003; Peña et al, 2004, reelaborada)

Hemos organizado la información en seis fases temporales (Fig. 2.5) en función de la homogeneidad interna observada en las fluctuaciones de los procesos de incisión y acumulación, teniendo siempre en cuenta que los datos de las dos fases más antiguas

(12000 a 5000) son escasos y por tanto sólo se pueden aportar conclusiones provisionales. En términos generales son fases de cronología más amplia entre el Older Dryas y el Subboreal, disminuyendo su duración en el Subboreal y primera parte del Subatlántico (Edades del Bronce-Hierro y Etapa Ibérica-Romana tardía) para reducirse a fases centenales para la Época Medieval-Postmedieval y decenales para la subactual (Fig. 2.2); por otra parte, las mayores oscilaciones entre incisión y acumulación se han registrado especialmente en los últimos 4000 años (Fig. 2.2). Hay que tener en cuenta que junto a estas variaciones morfológicas dependientes de los cambios climáticos, la intervención del factor antrópico alcanza una importancia creciente desde el Neolítico hasta la actualidad, lo que implica el interés de la utilización de técnicas arqueológicas en el estudio del Holoceno reciente.

1. 1. ETAPA EPIPALEOLÍTICO (12.000-7000 BP)

Se abarcan aquí los escasos testimonios de registros sedimentarios analizados, en la depresión del Ebro y que reflejan su evolución desde Older Dryas hasta el Boreal. Climáticamente abarca tres periodos fríos: Older Dryas, Younger Dryas y Boreal, de los cuales sería el segundo el más destacado. Estos momentos fríos son señalados por Jalut et al (2000) para el Mediterráneo occidental y el segundo de ellos coincide con una de las fases importantes de RCC de Mayewsky et al (2004) y con el *8200 yr event* de Alley et al (1997).



Fot. 1. Capas basales de la acumulación del barranco Grande de la Bardena Blanca (Navarra)

Actualmente están en estudio tres zonas en las que se conservan testimonios de esta fase antigua holocena. Por una parte, en la Bardena Blanca de Navarra se ha datado mediante OSL (Luminiscencia Óptimamente Estimulada) y Carbono 14 un importante relleno que abarca desde 19 ka BP hasta 5 Ka BP, dentro del cual se diferencian paleosuelos y superficies erosivas y termina con un suelo oscuro con horizonte Bt y rasgos de hidromorfismo (Sancho et al, 2005). En Leciñena, en las cercanías de Zaragoza, se han datado por Carbono 14 las formaciones basales de los rellenos de una depresión en 10550 ± 80 , que marcaría un testimonio del Younger Dryas. También Arauzo y Gutiérrez (1994, 1995) señalan fechas similares (9865 ± 85 BP) en los inicios del relleno de algunas vales del sector central de la cuenca del Ebro. Finalmente, en el estudio del yacimiento arqueológico del Cabezo de la Cruz (Peña et al, 2005) han aparecido restos arqueológicos epipaleolíticos *in situ*, datados en 7130 ± 130 y 7150 ± 70 BP sobre una ladera anterior y recubiertos por las fases posteriores de la Edad del Bronce.

Tanto a nivel geomorfológico como arqueológico, los sedimentos de esta fase ocupan la parte basal de las acumulaciones holocenas y posiblemente en otros lugares han sido erosionadas por la etapas de erosión/acumulación posteriores, lo que dificulta su localización y estudio. Con más dato, tal vez fuera posible la diferenciación de dos fases distintas de sedimentación, separadas por una etapa erosiva, lo que marcaría dos etapas coincidiendo con el Younger Dryas y el final del Boreal-comienzo del Atlántico (Fig. 2.2).

1. 2. ETAPA NEOLÍTICO (7000-4000 BP)

En el Óptimo Climático del Atlántico pudo generarse la primera intervención humana de importancia sobre el medio natural con repercusiones geomorfológicas, al tratarse de una etapa más cálida que favorecería la agricultura y la ganadería a costa de la deforestación. La huella de estos procesos climático-antrópicos la encontramos en la base de los rellenos de algunos valles de fondo plano (vales) del entorno de Zaragoza, en las que se han obtenido fechas Carbono 14 de 5910 ± 270 BP (Val de las Lenas) y 6015 ± 75 BP (Val de la Morera). (Peña et al, 1993, 1996, 2001, 2004). El sedimento, que no alcanza espesores importantes, procedería de la erosión de las laderas y suelos pre-neolíticos. Además de estos dos puntos, en San Mitiel (Ayerbe, Huesca), en el piedemonte pirenaico, se ha datado con C14 (5130 ± 30 BP) el tramo medio de un potente relleno que además contiene material arqueológico correspondiente a esta época. Así pues, de nuevo los testimonios de esta etapa también se conservan los tramos bajos de los rellenos sedimentarios de fondos de valle y posiblemente su génesis resulte de una combinación de un clima favorable a la erosión y un aumento en la actividad humana.

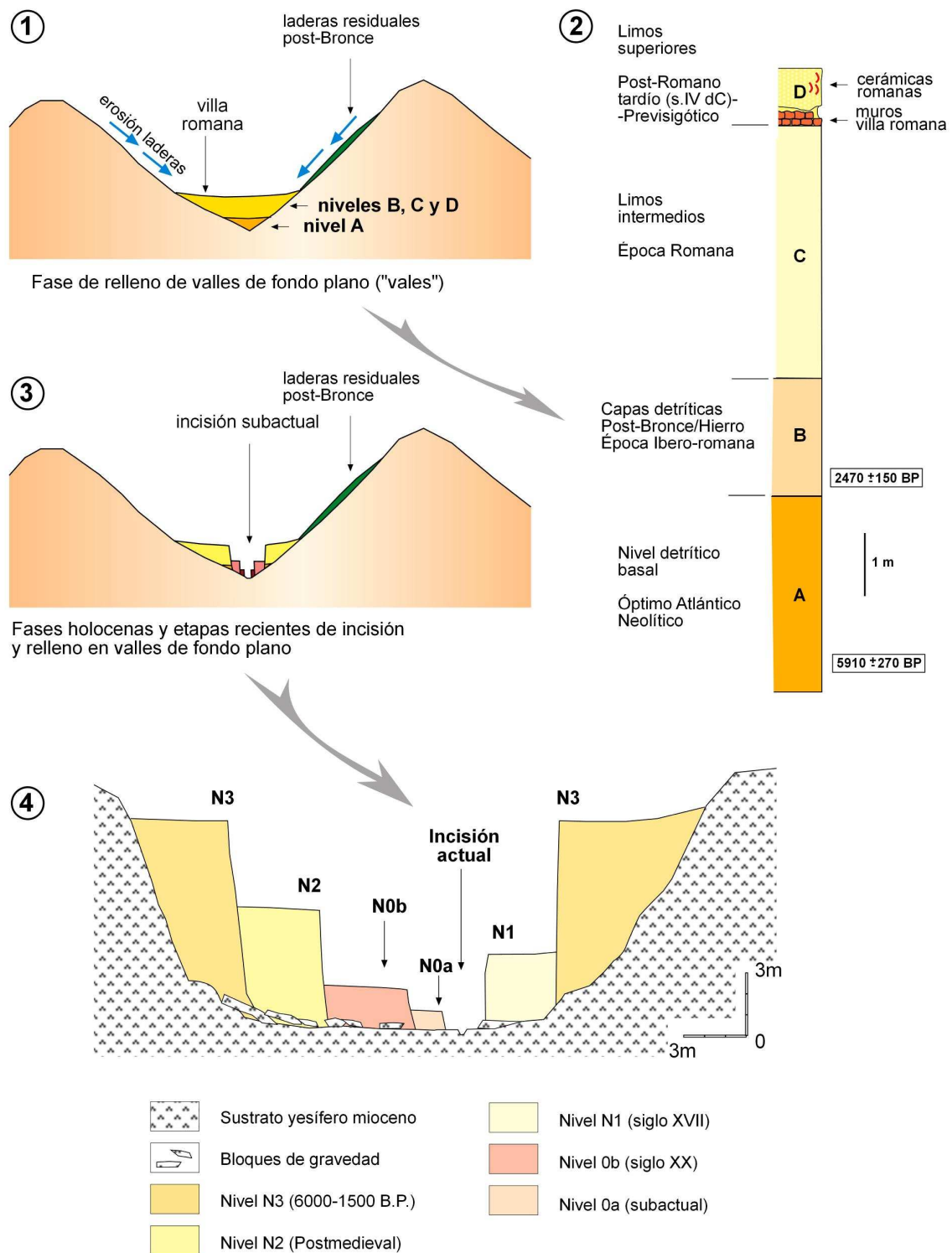


Fig. 3. Esquemas 1 y 2 mostrando el relleno de un valle afluente del río Huerva. Abarca desde el Neolítico (A) hasta época postromana (D). En los esquemas 3 y 4, incisión post-romana y etapas posteriores en forma de terrazas encajadas (Peña et al, 2004, 2005; Saz et al, 2004, reelaboradas).

1. 3. ETAPA BRONCE-HIERRO (4000-2500 BP)

Durante el Subboreal y el tránsito Subboreal-Subatlántico las condiciones climáticas van evolucionando hacia un enfriamiento, que tendrá su punto álgido hacia 2700-2500 BP, en la llamada Fase fría de la Edad del Hierro. Las condiciones más húmedas y frescas son favorables, a pesar de la cada vez mayor presión humana sobre el medio físico, a una recuperación ambiental, que genera la retención de sedimentos en las laderas alcanzando una situación de estabilidad total. En esta fase se produce una de las morfologías de mayor presencia en el paisaje actual, en forma de laderas regularizadas, que debió generalizarse tanto a la Cordillera Ibérica como al fondo de la depresión del Ebro. Estas laderas comienzan ya a generarse antes del Bronce medio y se fueron construyendo hasta la Edad del Hierro. El primer caso analizado fue el del cerro del castillo de Alfambra (Teruel) (Burillo et al, 1981,1983) pero luego se han realizado numerosos trabajos en la depresión del Ebro, mostrando que existe una generalización de los procesos de regularización, que deben achacarse plenamente a causas climáticas. La zona mejor estudiada corresponde al conjunto Cinca-Segre (Peña, 1983, Sancho et al 1988; Peña y González, 1992, 2000; Peña et al, 1988, 1996, 2002; Peña y Rodanés, 1992; Sopena, 1998; Sopena y Peña, 1998),; Gutiérrez et al, 1998; aunque hay trabajos en zonas dispersas como el piedemonte del Moncayo (Pellicer et al, 1986) y de la Hoya de Huesca (Peña et al, 1991)



Fot. 2. Laderas regularizadas de edad post-Bronce/Hierro en Budells (Bajo Segre, Lleida). Restos de un hogar in situ de la Edad del Bronce aparece en el interior del depósito.

El final de esta etapa queda registrado por el inicio de los procesos de incisión de época ibero-romana que dejarán inactivas este tipo de laderas. En los valles disminuyó mucho la

sedimentación, sin embargo se registra la presencia de cerámicas y dataciones C14 de esas fechas en los grandes rellenos holocenos de la val de la Morera (María de Huerva, Zaragoza) (Peña et al, 1996) y en el cono aluvial de Alfocea (Dossche, 2005)

1. 4. ETAPA IBÉRICA-ROMANA TARDÍA (2500-1500 BP)

Como contraste, a partir de época Ibérica y como consecuencia del paso a las condiciones climáticas de mayor aridez del Subatlántico, van a cambiar los procesos funcionales, que además se verán potenciados por la modificación en la cubierta de vegetación que estabilizaba las laderas. El cambio esencial habría que relacionarlo con una variación en el régimen de precipitaciones, caracterizado por el aumento en la intensidad de las lluvias, más que en su volumen total (Gutiérrez y Peña, 1998). La consecuencia es el inicio de un proceso de erosión en las laderas y la acumulación correlativa en conos y fondos de valle, que alcanzan una gran potencia. Se nutre principalmente de sedimentos finos, procedentes del lavado exhaustivo de las vertientes, lo que genera un cambio evidente de la dinámica sedimentaria en los grandes rellenos de valle, como las de los barrancos afluentes del curso bajo del río Huerva (Zaragoza) (Soriano y Calvo, 1987; Soriano, 1989; Peña et al, 1993, 1996, 1998, 2004; Ángeles et al, 2004), en el valle del Ginel, en Mediana de Aragón (Zaragoza) (Burillo et al, 1986; Sancho et al, 1991), en el valle del Regallo (Stevenson et al, 1991) o en los valles de Miranda (Peña, 1996) y Alfocea (Dossche, 2005), ambos afluentes del río Ebro o en otros valles cercanos a Zaragoza (Zuidam, 1975; Arauzo y Gutiérrez, 1994;



Fot. 3. Cono aluvial holoceno en el frente del escarpe de Alfocea (Zaragoza), cortado por la erosión lateral del río Ebro. Los muros de las casas romanas de los siglos II-III que aparecen dentro del cono permiten situar cronológicamente los niveles superiores.

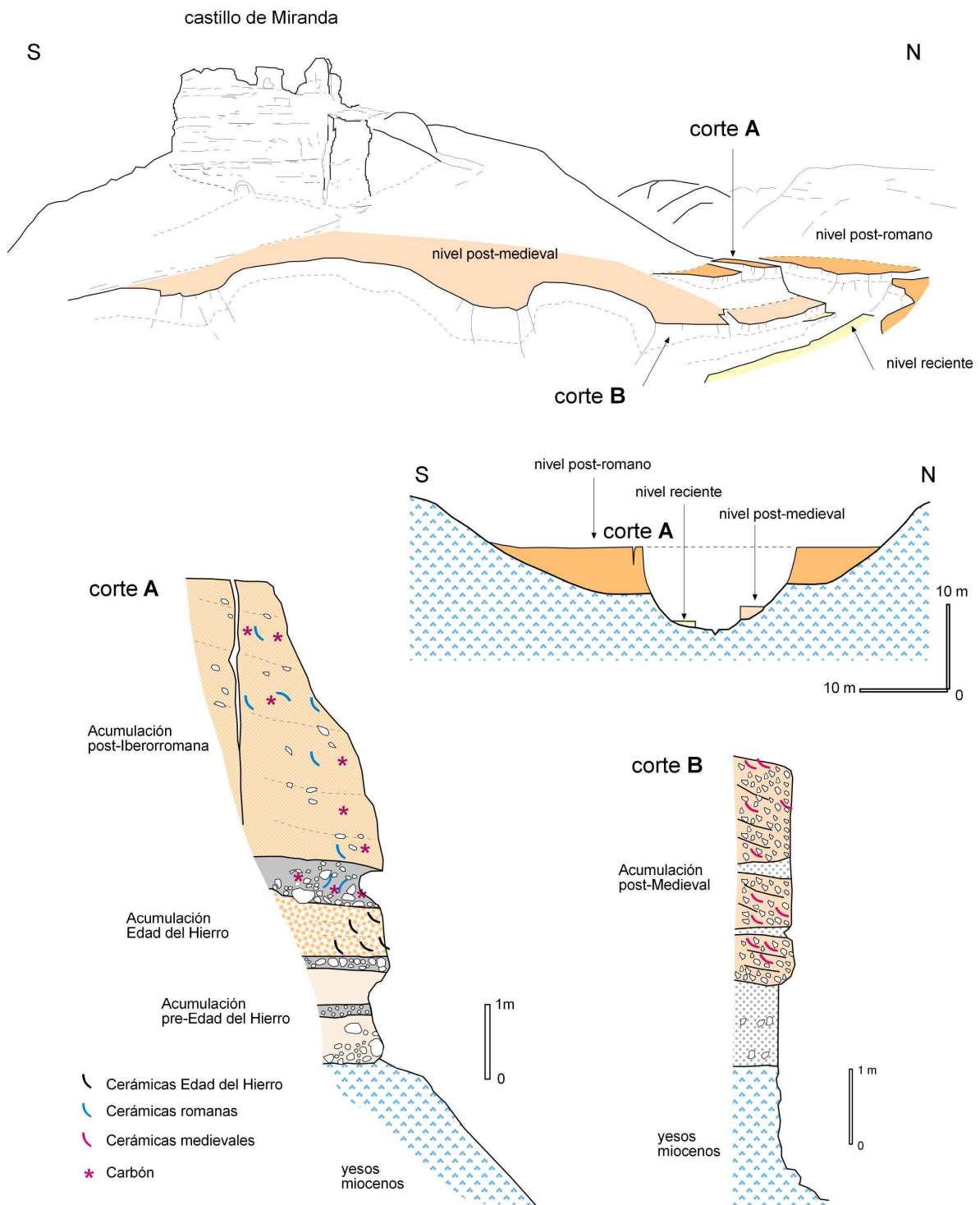


Fig 4. Fases de relleno del valle del castillo de Miranda (Juslibol, Zaragoza), con detalle del corte A que abarca cronologías desde la Edad del Hierro hasta época postromana y del corte B, con sedimentos post-medievales (Peña, 1996, reelaborada).

Las laderas anteriores quedarían muy desmanteladas, especialmente aquellas orientadas al sur, ya que las septentrionales se han conservado mejor por su mayor humedad, que permite que la vegetación se recupere. El relleno de esta masa de sedimentos finos afectó también a los embalses romanos de la zona así como a la desaparición parcial de algunos fosos defensivos por colmatación (Rubio et al, 2005, Peña et al, 2005). La sedimentación termina en Época Romana tardía (siglo IV-V) o Visigótica, en que comenzó un paulatino proceso de incisión lineal en los cursos bajos de la red de afluentes de los ríos principales, que comenzarán a exportar los sedimentos retenidos en los valles y conos aluviales. Estos rellenos tienen la importancia de ser un registro sedimentario de la acción climático-antrópica durante casi mil años, que en muchos casos, como ya hemos indicado, se superponen a las etapas acumulativas epipaleolíticas y neolíticas.

1.5. ETAPA MEDIEVAL-POSTMEDIEVAL (1500 -150 BP)

En el Pequeño Óptimo o Periodo Cálido Medieval continúan los procesos de fuerte incisión en los valles y laderas, pero la existencia de pequeñas fluctuaciones con condiciones climáticas más frías interrumpen esta dinámica conformando varios picos acumulativos (Fig. 2.2). Tanto en las laderas como en valles y conos se aprecia la existencia de una o dos etapas acumulativas, que hemos denominado medieval y postmedieval, siendo en muchas ocasiones de difícil identificación cuando no están ambas fases en el mismo lugar.

En las laderas se configuran morfologías mixtas de conos de fuerte pendiente que en la Cordillera Ibérica y en el sector central de la Depresión del Ebro han podido ser datados mediante carbono 14 y materiales arqueológicos. También se ha empleado la Luminiscencia Óptimamente Estimulada (OSL) por Sancho et al (2005) que ha dado una fecha en torno al año 1000, es decir plenamente Medieval. En otros puntos son acumulaciones claramente postmedievales, ya que contienen cerámicas de los siglos XIV-XVII (Burillo et al. 1981, 1983). También se han definido dos etapas de relleno en los valles, que por sus dataciones han sido definidas también como medievales y postmedievales o de época Moderna (s. XVII) (Peña, 1996, Peña et al, 1996, 2001, 2004). La repetición de estas fases de degradación/agradación en el interior de las incisiones que se habían comenzado en Época Ibérica determina un micropaisaje de pequeñas terrazas bordeando los cauces de algunos barrancos (Fig. 3).

Estas acumulaciones de ladera y fondos de valle han sido relacionadas con etapas frías de corta duración, una de las cuales se sitúa en torno al año 1000 y de ella se tienen pocas referencias en los cambios globales holocenos. Las otras acumulaciones de valle están directamente relacionadas con la Pequeña Edad del Hielo, por lo que sus orígenes son

básicamente climáticos ya que no existen razones que genéticamente las pueda relacionar con un aumento o variación en la actividad antrópica.

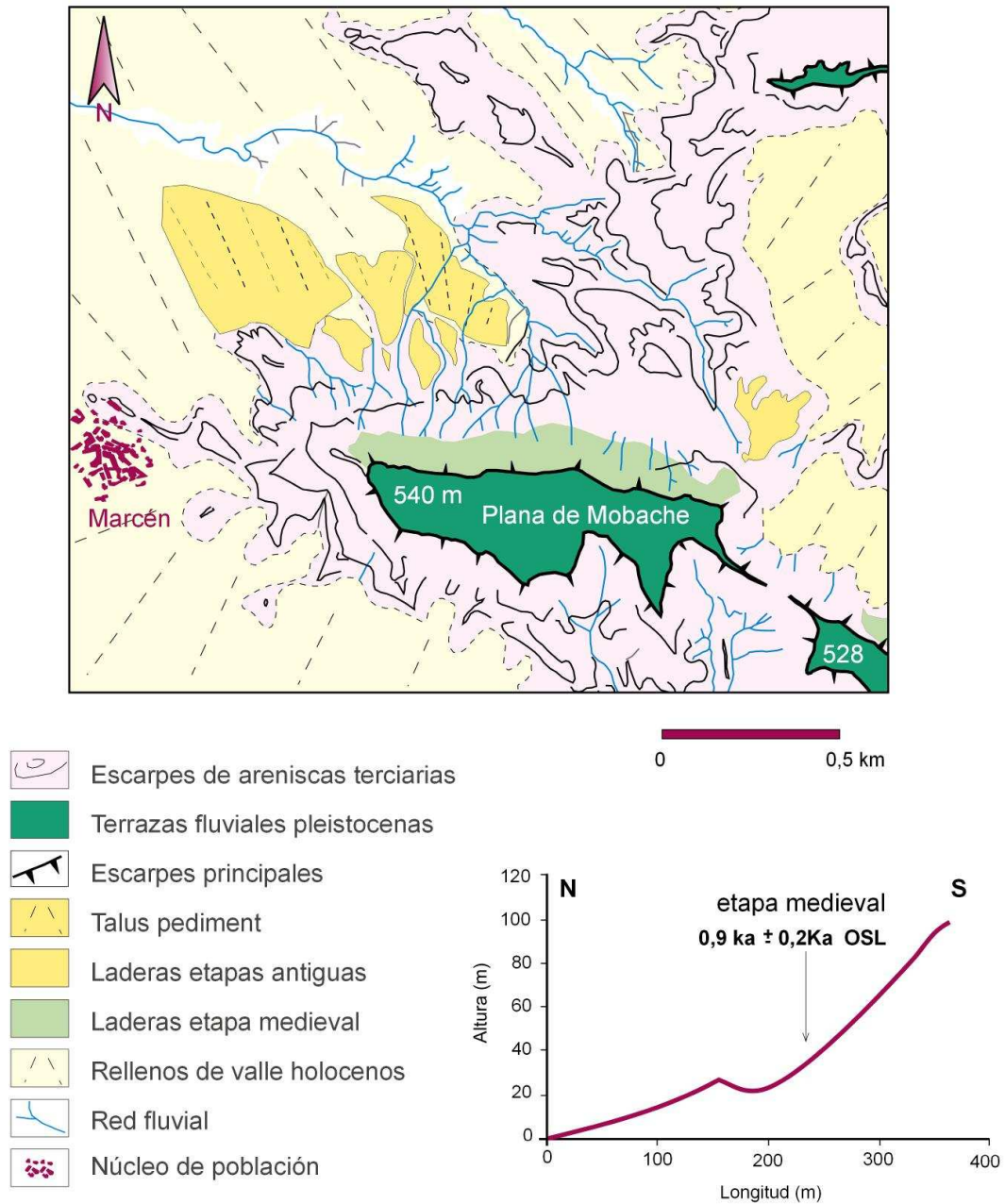


Fig. 5. Mapa geomorfológico de las laderas de la Plana de Mobache (Marcén, Huesca), con varias etapas holocenas, destacando la de época medieval, que aún se conserva adosada a la cornisa (Sancho et al, 2005, en prensa)

1.6. ETAPA SUBACTUAL (150 – Actualidad)

Desde la finalización de la Pequeña Edad del Hielo hay una recuperación de condiciones cálidas y áridas entrando en la fase climática actual. De esta etapa se tiene ya información climática instrumental, por lo que se conoce con mayor detalle la evolución termoplumiométrica especialmente del siglo XX. La característica principal de esta etapa es la alta variabilidad climática, manifestada en ciclos alternantes de fases relativamente húmedas y secas y aumento de los eventos extremos de alta intensidad de precipitaciones. El resultado morfo-sedimentario es la formación de pequeñas terrazas de escasamente 0,5 m de altura cuyas edades han podido establecerse en el valle del río Huerva (Zaragoza) mediante el estudio dendrocronológico del crecimiento de los *Tamarix canaiensis* (Saz et al. 2004). A partir de los datos obtenidos, se observan fases de acumulación/incisión con una ciclicidad de unos 25-50 años.

2. CONCLUSIONES

Los datos aportados por la geomorfología y la geoarqueología al conocimiento paleambiental del Holoceno permiten reconstruir un conjunto de etapas evolutivas en las laderas, fondos de valles y conos aluviales que se manifiestan mediante registros erosivos y acumulativos como consecuencia de las fluctuaciones climáticas de este periodo, que en algunos momentos se completa con una alta intervención humana.

La cartografía detallada de los niveles holocenos y la mejora de las técnicas de análisis y datación han ayudado a obtener una mayor resolución de las fases climáticas y de la respuesta geomorfológica de los ambientes naturales. Por otra parte, en medios semiáridos, la geoarqueología se ha convertido en una herramienta imprescindible para conocer la conexión entre estas etapas evolutivas y la ocupación del territorio.

Partiendo de la gráfica de evolución holocena (Fig. 2.2), en la que se destacan las fases de incisión y sedimentación, se han agrupado los datos en seis etapas: Epipaleolítico, Neolítico, Edades del Bronce-Hierro, Ibérica-Romana tardía, Medieval-Postmedieval y Subactual. El análisis detallado de cada una de ellas permite relacionar los eventos geomorfológicos con las etapas climáticas del Holoceno.

De los registros sedimentarios que se conservan podría deducirse que en el Epipaleolítico y Neolítico se han generado las fases de agradación de mayor duración, disminuyendo hasta las fases más recientes, en las que la repetición de procesos de acumulación e incisión se producen con más frecuencia pero menor duración. Por otra parte, destacan las amplitudes de onda que presentan las laderas y rellenos de valle correspondientes a las etapas Bronce-Hierro e Ibérica-Romana tardía, en parte como consecuencia de ser potenciadas por la actividad antrópica.

Estas fases contrastadas holocenas han tenido una enorme repercusión en el paisaje de numerosas zonas semiáridas, especialmente cuando además ha sido objeto de una intensa actividad ganadera, extracción de madera o roturación agrícola. Por otra parte, la presencia de litologías lábiles y la difícil recuperación de los suelos, como en el caso de los yesos del sector central de la cuenca del Ebro, puede potenciar aún más la fragilidad del medio y por consiguiente un mayor dinamismo geomorfológico que redundará en la abundancia de testimonios erosivo-acumulativos correspondientes a estas fases.

Trabajo realizado en el marco del proyecto BTE2003-01296 del Ministerio de Ciencia y Tecnología. Secretaría de Estado de Política Científica y Tecnológica. Es una aportación del Grupo Consolidado de Investigación "Paleoambientes del Cuaternario" del Gobierno de Aragón.

BIBLIOGRAFÍA

- Alley, R.B., Mayewski, P.A., Sowers, T., Stuiver, M., Taylor, K.C. y Clark, P.U. (1997): Holocene climate instability: a prominent widespread event 8200 years ago. *Geology*, 25, 483-486.
- Arauzo, T. y Gutiérrez, M. (1994): Evolución de los valles de fondo plano del centro de la Depresión del Ebro. In Arnáez, J. et al (Eds.): *Geomorfología en España*. III Reunión de Geomorfología. Logroño 1994. I, 277-290. S.E.G., Univ. de La Rioja., I.P.E. y I.E.R. Logroño.
- Arauzo, T. y Gutiérrez, F. (1995). Fenómenos recientes de subsidencia kárstica sinsedimentaria en el Barranco de Torrecilla (Depresión del Ebro, Zaragoza). *Cuaternario y Geomorfología*, 9, 73-90.
- Burillo, F., Gutiérrez, M. y Peña, J.L. (1981): El cerro del castillo de Alfambra. (Teruel). *Kalathos*, vol. I, 7-63.
- Burillo, F., Gutiérrez, M. y Peña, J.L. (1983): La Geoarqueología como ciencia auxiliar. Una aplicación a la Cordillera Ibérica Turolense. *Revista de Arqueología*, 26, 6-13. Madrid.
- Burillo, F., Gutiérrez, M. y Peña, J.L. (1986): Las acumulaciones holocenas y su datación arqueológica en Mediana de Aragón (Zaragoza). *Cuad. Inv. Geogr.*, XI (1-2), 193-207. Logroño.
- Burillo, F. y Peña, J.L. (1984): Clima, geomorfología y ocupación humana. Introducción a un planteamiento metodológico. *I Jornadas Metod. Inv. Prehist. Soria*, 91-102.
- Denton, G.H. y Karlén, W. (1973): Holocene climate variations: their pattern and possible cause. *Quaternary Research*, 3, 155-205.
- Dossche, R. (2005): Estudio geomorfológico y geoarqueológico del eskarpe entre Alfocea y Juslibol (Zaragoza, España). Proy. Fin Carrera. Universidad de Zaragoza-Universiteit Gent (inédito)
- Gutiérrez, M. y Peña, J.L. (1998): Geomorphology and Late Holocene Climatic Change in Northeastern Spain. *Geomorphology*, 23, 205-217. Elsevier.
- Gutiérrez, M., Sancho, C., Arauzo, T. y Peña, J.L. (1998): Evolution and paleoclimatic meaning of the talus flatirons in the Ebro Basin, northeast Spain. In Alsharhan et al (Eds.): *Quaternary Deserts and Climatic Change*, 593-599. Balkema. Rotterdam.
- Mayewsky, P.A. et al (2004): Holocene climate variability. *Quaternary Research*, 62, 243-255.
- Pellicer, F., Peña, J.L. y Ibáñez, M.J. (1986): Estudio geomorfológico del yacimiento de Burrén y Burrena (depresión del Ebro): Génesis del relieve y evolución holocena. *Est. Hom. Dr. A. Beltrán*, 33-45. Univ. Zaragoza.
- Peña, J.L. (1983): Dinámica reciente de vertientes en el valle medio del Segre (zona de Anya-Artesa de Segre, prov. de Lérida). *Actas VIII Col. Geografía*, 123-130. Barcelona.
- Peña, J.L. (1996): Los valles holocenos del eskarpe de yesos de Juslibol (sector central de la depresión del Ebro). Aspectos geomorfológicos y geoarqueológicos. *Arqueología Espacial*, 15, 83-102. Teruel.
- Peña, J.L. (2003): Geoarqueología y evolución paleoambiental del Holoceno superior en el NE de España. *Actas II Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología, Tucumán (Argentina)*, 21-22.
- Peña, J.L., Chueca, J., Julián, A. y Echeverría, M.T. (1996): Reconstrucciones paleoambientales en el sector central de la Depresión del Ebro a partir de rellenos de valle y conos aluviales. In Pérez-Alberti, A. et al (Eds.): *Dinámica y evolución de medios cuaternarios*, 291-307. Santiago.

- Peña, J.L., Echeverría, M.T., Chueca, J. y Julián, A. (2001): Processus géomorphologiques d'accumulation et incision pendant l'Antiquité Classique et ses rapport avec l'activité humaine et les changements climatiques holocènes dans la vallée de la Huerva (Bassin de l'Ebre, Espagne). In F. Vermeulen & M. de Dapper, (Eds.): *Geoarchaeology of the Landscapes of Classical Antiquity*, 151-159. Ed. Peeters. Leuven.
- Peña, J.L., Echeverría, M.T., Petit-Maire, N. y Lafont, R. (1993): Cronología e interpretación de las acumulaciones holocenas de la Val de las Lenas (depresión del Ebro, Zaragoza). *Geographicalia*, 30, 321-332.
- Peña, J.L. y González, J.R. (1992): Modelo evolutivo de los cambios en la dinámica geomorfológica del Baix Cinca y Segre (Depresión del Ebro) durante el Pleistoceno superior-Holoceno a partir de los datos geoarqueológicos. *Cuaternario y Geomorfología*, 6, 103-110.
- Peña, J.L. y González, J.R. (2000): Evolució dels abrics de gresde la vall mitjana del riu segre (sector oriental de la Depressió de l'Ebre). En *Geoarqueologia i Quaternari litoral. Memorial M.P. Fumanal*, 217-227. Valencia.
- Peña, J.L., González, J.R. y Rodríguez, J.I. (1988): Estudi geoarqueològic del Tossal de Moradilla (Lleida). *Recerques Terres de Ponent*, IX, 31-41. Tàrraga.
- Peña, J.L., González, J.R. y Rodríguez, J.I. (1996): Paleoambientes y evolución geomorfológica en yacimientos arqueológicos del sector oriental de la depresión del Ebro durante el Holoceno superior. In Pérez-Alberti, A. et al (Eds.): *Dinámica y evolución de medios cuaternarios*, 63-80. Santiago.
- Peña, J.L., Julián, A. y Chueca, J. (1991): Sequènces evolutives des accumulations holocenes à la hoyra de Huesca dans le contexte general du Bassin de l'Ebre (Espagne). *Physio-Géo*, 22-23, 55-60.
- Peña, J.L., Julián, A., Chueca, J. y Echeverría, M.T. (1998): Los estudios geoarqueológicos en la reconstrucción del paisaje. Su aplicación en el valle bajo del río Huerva
- Peña, J.L., Julián, A., Chueca, J., Echeverría, M.T. y Ángeles, G. (2004): Etapas de evolución holocena en el valle del río Huerva: Geomorfología y Geoarqueología. In J.L. Peña et al (Eds.): *Geografía Física de Aragón. Aspectos generales y temáticos*. Univ. Zaragoza e Inst. Fernando el Católico, 289-302
- Peña, J.L. y Rodanés, J.M. (1992): Evolución geomorfológica y ocupación humana en el cerro de Masada de Ratón (Baix Cinca, prov. de Huesca). *Cuaternario y Geomorfología*, 6, 81-89.
- Peña, J.L., Rubio, V., González, J.R. y Vázquez, P. (2002): Cambios dinámicos en laderas holocenas del valle del Segre (Depresión del Ebro). En Longares, L.A. y Peña, J.L. (Eds.): *Aportaciones Geográficas en memoria del Prof. L. Miguel Yateno Ruiz*, 421-432. Universidad de Zaragoza
- Peña, J.L., Rubio, V. y Gené, V. (2005): Contexto geomorfológico y geoarqueología del Cabezo de la Cruz (La Muela, Zaragoza). Informe Técnico, 30 p. (inédito)
- Rubio, V., Peña, J.L. y González, J.R. (2005): El impacto en el paisaje de los fosos de época prehistórica en el NE de España y su reconocimiento con criterios geomorfológicos. *III Congreso Internacional sobre Fortificaciones "Paisaje y Fortificaciones"* (en prensa).
- Sancho, C., Gutiérrez, M. y Peña, J.L. (1991): Erosion and sedimentation during the Upper Holocene in the Ebro Depression: Quantification and environmental significance. In Sala et al (Eds.): *Soil Erosion Studies in Spain*, 219-228. Geoforma. Logroño.
- Sancho, C., Gutiérrez, M., Peña, J.L. y Burillo, F. (1988): A quantitative approach to scarp retreat starting from triangular slope facets (Central Ebro Basin, Spain). In Harvey, A.M. y Sala, M.: *Geomorphic Processes, vol. II: Geomorphic Systems, Catena*, suppl. 13.
- Sancho, C., Peña, J.L., Mauz, B. y Lang, A. (2005). Luminescence chronological data from slope deposits in the semiarid Ebro Basin (NE Spain): palaeoenvironmental considerations. (en prensa).
- Sopena, M.C. (1998): Estudio geoarqueológico de los yacimientos de la Edad del Bronce de la comarca del Cinca medio (Huesca). *Bolskan*, 15, Inst. Est. Altoaragoneses, 138 p. Huesca.
- Sopena, M.C. y Peña, J.L. (1998): Evolución del paisaje del Holoceno superior en el valle del Cinca, sector de Binaced (Huesca). *Arqueologías espacial*, 19-20, 185-197.
- Soriano, M.A. (1989): Infilled valleys in the Central Ebro Basin (Spain). *Catena*, 16, 357-367.
- Soriano, M.A. y Calvo, J.M. (1987): Características, datación y evolución de los valles de fondo plano en las inmediaciones de Zaragoza. *Cuaternario y Geomorfología*, 1, 283-293. Zaragoza.
- Stevenson, A.C., Mackling, M.G., Benavente, J.A., Navarro, C., Passmore, D. y Davis, B.A. (1991): Cambios ambientales durante el Holoceno en el valle medio del Ebro: sus implicaciones arqueológicas. *Cuaternario y geomorfología*, 5, 149-164.
- Zuidam, R.A. van (1975): Geomorphology and Archaeology. Evidences of interrelation at historical sites in the Zaragoza region, Spain. *Z. fur Geomorph.*, 19 (3), 319-328.