

Las superficies erosivas de los páramos en el sector NE de la Cuenca del Duero y sus implicaciones en la conexión neógena Duero-Bureba

A. Benito y A. Pérez-González

Departamento de Geodinámica. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid
Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid. España. Fax: 913944845
E-mail: alfonso@geo.ucm.es

RESUMEN

El análisis geomorfológico del sector NE de la Cuenca del Duero ha permitido distinguir dos superficies de los páramos formadas por diversos procesos erosivos y de acumulación (fluviales, kársticos). La más antigua, o superficie poligénica del Páramo Superior, se labró al finalizar la sedimentación de las Calizas del Páramo Superior (Vallesiense-Turoliense superior), probablemente durante el Turoliense superior-Rusciniense, y el nivel más reciente, o superficie poligénica del Páramo Inferior, se desarrolló durante el límite Plioceno-Cuaternario sobre la unidad litoestratigráfica de las Calizas del Páramo Inferior, que previamente fue exhumada en relación con los primeros procesos de vaciado de la Cuenca cenozoica del Duero. Partiendo del análisis geomorfológico de estas superficies erosivas y basado en una cartografía de las facies neógenas, se propone una nueva correlación para el enlace Duero-Bureba, que relaciona ciclos sedimentarios semejantes durante el Mioceno.

Palabras clave: cuenca del Duero, depresión de la Bureba, Neógeno, páramos, Plioceno

Erosional Páramo surfaces in the NE sector of the Duero Basin: implications for a neogene Duero-Bureba connection

ABSTRACT

Through the geomorphological analysis of NE Duero Basin, we have distinguished two Páramo surfaces generated by several erosion and depositional processes (fluvial, karstic). The oldest, or Upper Páramo erosional surface, developed after the deposition of Upper Páramo Limestones, probably during the Upper Turolian-Ruscinian, and the younger level, or Lower Páramo erosional surface, formed in the Plio-Quaternary boundary on the Lower Páramo Limestones, that was exhumed during the first denudation processes of the Cenozoic Duero Basin. From the geomorphological analysis of these erosional surfaces and based on the Neogene facies cartography, we propose a new correlation of Duero-Bureba connection, that relates similar sedimentary cycles during Miocene.

Key words: Bureba Corridor, Duero Basin, Neogene, páramos, Pliocene

Introducción

Uno de los elementos característicos del paisaje en las depresiones cenozoicas son los "páramos", o terrenos rasos y sobreelevados respecto a su entorno que se conservan sobre litologías calcáreas de estructura horizontal o subhorizontal y que, actualmente, forman la divisoria de los valles fluviales cuaternarios.

En el sector oriental de la Cuenca cenozoica del Duero, las unidades morfológicas de los páramos ocupan el 22% (1350 km²) del territorio, frente al 10% (5700 km²) respecto al conjunto de la cuenca, y

constituyen una de las escasas reminiscencias que se conservan de la evolución del paisaje durante finales del Neógeno y comienzos del Cuaternario.

En este estudio se ha realizado la cartografía y análisis morfológico de las superficies de los páramos en el ángulo NE de la Cuenca del Duero y el Corredor de la Bureba, con el objetivo de definir su posición espacio-temporal en el contexto de la evolución finiterciaria de esta región, aportando datos esenciales para los trabajos de reconstrucción cuantitativa de los paleopaisajes neógenos y cuaternarios, que se han realizado en la Sierra de Atapuerca y el valle medio del río Arlanzón (Benito, 2004). Para pre-

cisar las unidades estratigráficas sobre las que se desarrollan estas superficies en la conexión Duero-Bureba, se ha realizado una cartografía de las unidades neógenas que ha permitido proponer una nueva correlación de las facies miocenas en el enlace de estas dos cuencas.

Contexto geológico

El área de estudio se localiza en el sector nororiental de la Cuenca del Duero (Figura 1 A y B), delimitada al norte por la Cordillera Vasco-Cantábrica y al este por el Sistema Ibérico. Al noreste, los depósitos cenozoicos de la Cuenca del Duero tienen continuidad con los de la Cuenca del Ebro a través del denominado Corredor de la Bureba.

Las rocas más antiguas que afloran en esta región (Figura 1A), corresponden al paleozoico de la Sierra de la Demanda (Boquera *et al.*, 1978), sobre el cual se sitúan los materiales mesozoicos (Cabrera *et al.*, 1997), representados en ambas cordilleras por depósitos triásicos (facies Keuper, Muchelkalk y Buntsandstein), jurásicos (secuencia carbonatada) y

cretácicos (facies Weald, formaciones siliciclásticas del Aptiense-Albiense y secuencia carbonatada del Cretácico superior) sedimentados durante los ciclos extensionales relacionados con la apertura del Tethys y del Atlántico Norte (Sánchez-Moya y Sopena, 2004).

Los materiales cenozoicos están representados por conglomerados y arcillas del complejo sinorogénico (Santisteban *et al.*, 1996), depositado durante la etapa principal de la orogenia alpina y a los cuales se les atribuye una edad Oligoceno-Mioceno inferior (Pineda 1997a, 1997b). El Neógeno ocupa la mayor extensión de afloramiento y, en general, está compuesto por facies clásticas depositadas en sistemas aluviales desarrollados en los bordes de la cuenca, y facies químicas asociadas a medios lacustres (Alonso-Gavilán *et al.*, 2004).

En el sector NE de la Cuenca del Duero, el registro neógeno comienza con margas y arcillas (facies Dueñas), y margas, yesos y arcillas (facies Villatoro), que presentan intercalaciones de bancos calcáreos, más abundantes hacia techo, donde se encuentran afectados por un paleokarst (Pineda, 1997a). Sobre estos sedimentos se localizan facies detríticas aluviales (facies Tierra de Campos y Santa María del

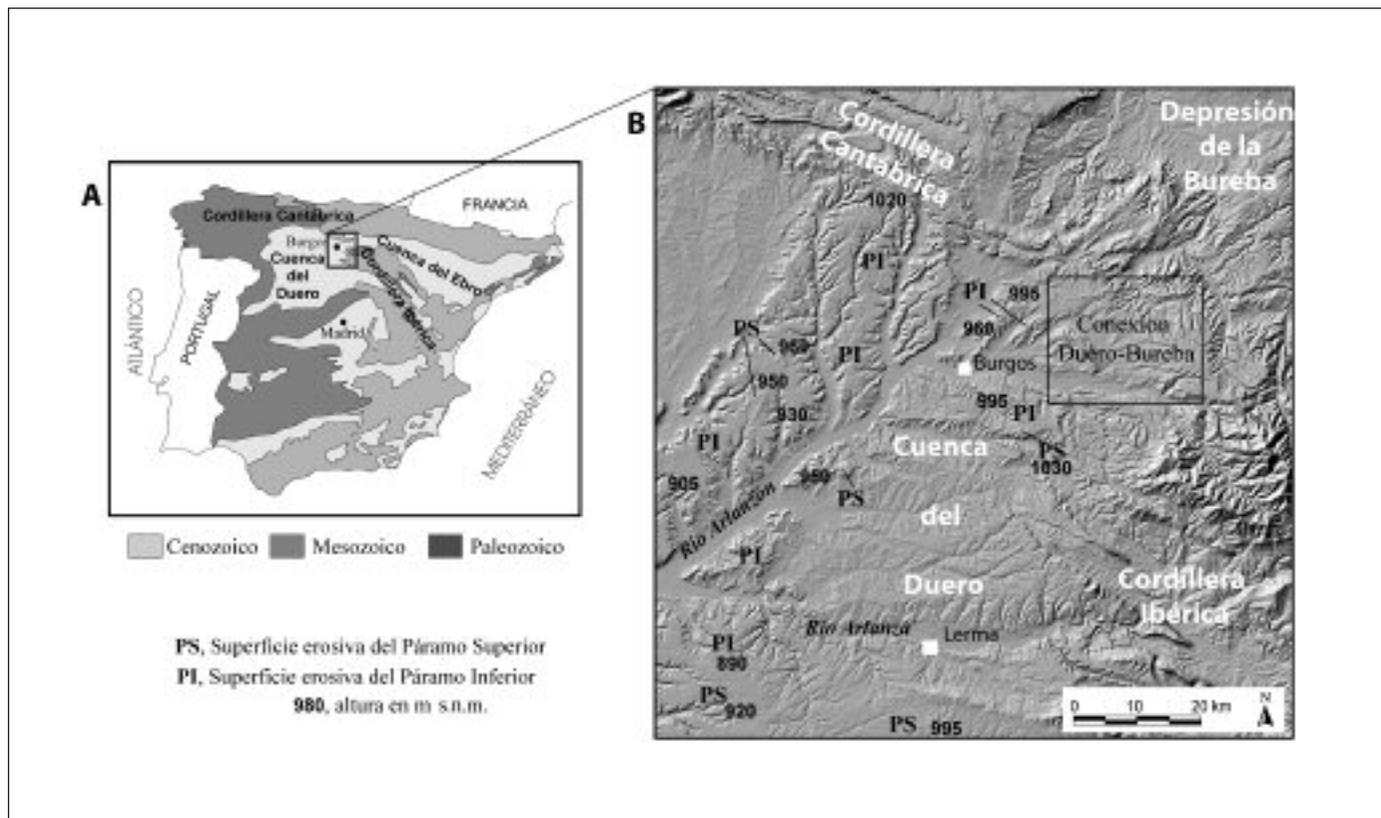


Fig. 1. A) Situación geológica y B) sombreado del relieve del sector nororiental de la Cuenca del Duero
 Fig. 1. A) Geological situation and B) Shaded relief of the NE sector of Duero Basin

Campo; Pineda, 1997a, García *et al.*, 1997, Cabrera *et al.*, 1997), con desarrollo de suelos hidromorfos a techo y que suelen culminar con un tramo métrico de calizas margosas (Pineda, 1996, Figura 2I). Estos materiales se encuentran deformados en el contacto con los bordes de las cordilleras alpinas, como sucede en la Sierra de Atapuerca, pasando a estructuras horizontales o subhorizontales en posiciones más internas de la cuenca.

Fosilizando a estos sedimentos se disponen margas, calizas, dolomías, yesos y arcillas (facies Cuestas), que dan paso a la unidad de las Calizas del Páramo Inferior, formada por un tramo de calizas con procesos de karstificación en su superficie e intercalaciones de margas (Figura 2 I). Esta unidad calcárea es interpretada de edad Vallesiense en el centro y nordeste de la cuenca (López *et al.*, 1986, Calvo *et al.*, 1993, García *et al.*, 1997, Pineda, 1997a, 1997b), aunque nuevas precisiones cartográficas y estratigráficas de los yacimientos del borde SE de la Cuenca del Duero (Nozal y Herrero, 2005), sitúan a las Calizas del Páramo Inferior de esta zona en el Aragoniense superior, y en el Aragoniense medio-superior a la base detrítica localizada bajo este tramo calizo, la cual es correlacionada por Nozal y Montes (2004), con la facies Tierra de Campos.

Sobre las Calizas del Páramo Inferior y en localizaciones como Carcedo de Burgos, Mondúbar de San Cibrián, Yudego, Iglesias, o en la confluencia de los ríos Arlanza y Arlanzón, se pueden observar las arcillas, arenas, margas y calizas que constituyen las unidades sedimentarias del Páramo Superior. En posiciones centrales de la cuenca, los sedimentos detríticos que se localizan por debajo de las Calizas del Páramo Superior (pertenecientes a la UTS 4 de Mediavilla *et al.*, 1996), han sido fechados en el Turolense superior (yacimiento de Tariego de Cerrato, Pérez *et al.*, 2001), mientras que la reinterpretación cartográfica y estratigráfica de los yacimientos del extremo SE de la Cuenca del Duero, sitúa al tramo inicial de la Secuencia del Páramo Superior en el Aragoniense superior (Nozal y Herrero, 2005), y a la base de las Calizas del Páramo Superior en el Vallesiense (Nozal y Herrero, 2005; Armenteros *et al.*, 2002).

La estructura de la facies Dueñas, las Calizas del Páramo Inferior y las unidades del Páramo Superior, es predominantemente horizontal o subhorizontal, a excepción del sinclinal situado en Mondúbar de San Cibrián (buzamientos de 3-4°).

La secuencia neógena del Corredor de la Bureba está representada por la facies Cerezo, compuesta por yesos con intercalaciones de margas, lutitas, calizas y dolomías que suelen culminar con niveles cal-

záreos (Anadón, 1994), la facies Gris-Blanca (margas grises y blancas con intercalaciones de calizas), la facies Pedraja (limos y arcillas con gravas silíceas y alteraciones a techo; Olivé *et al.*, 1990), las calizas del Páramo de Santa Casilda (serie calizo-margosa), y en la zona del Puerto de la Brújula, calizas y margas que se han considerado el final de la sedimentación neógena en la Bureba (Figuras 2II y 2III). Las edades y correlaciones propuestas hasta la fecha para las facies de ambas depresiones (Cuenca del Duero, Depresión de la Bureba) están sintetizados en la Figura 2.

Las superficies erosivas de los páramos

Pese a constituir una forma esencial en el paisaje de las cuencas neógenas, los estudios geomorfológicos referidos a la formación y cronología de las superficies erosivas de los páramos no son pródigos. En este aspecto, es de destacar el trabajo de Pérez-González (1979) realizado en la submeseta meridional, en el cual se propone que la superficie desarrollada sobre las calizas que culminan el Neógeno habría sido producto, cuando menos, de dos ciclos de procesos de erosión-acumulación y un ciclo fluvial intermedio. Algunas de las características que llevaron a definir el carácter multipoligénico de esta superficie, también se han descrito en zonas centrales de la Cuenca del Duero (Portero *et al.*, 1982, 1983), y el sector nororiental, donde en diversos estudios se describe una Superficie Poligénica del Páramo (Pineda, 1997a, 1997b; P. Wouters, en Arce *et al.*, 1997; P. Cabra, en García *et al.*, 1997).

En esta región se han reconocido dos superficies erosivas de los páramos: un nivel superior, que ocupa las cotas más elevadas y se conserva sobre las Calizas del Páramo Superior; y un nivel encajado, formado sobre las Calizas del Páramo Inferior. Estos dos niveles de páramo (superior e inferior), equivaldrían respectivamente al Páramo 3 y el Páramo 2 diferenciados en el trabajo de Mediavilla *et al.* (1996).

En la cartografía que se ha realizado (Benito, 2004), también se han distinguido plataformas estructurales de menor extensión y continuidad regional. Dichas plataformas, que ocupan niveles morfológicos distintos a las superficies de los páramos, se desarrollan sobre las calizas terminales de la facies Dueñas/Villatoro (Orleaniense), como la localizada en el enlace Duero-Bureba, y sobre la capa de calizas margosas que culmina los sistemas aluviales del Mioceno medio. En este último caso, la única representación destacable se conserva a favor de facies calcáreas micríticas localizadas en el flanco oeste de la Sierra de Atapuerca.



Superficie poligénica del páramo superior

Los retazos de la superficie poligénica del Páramo Superior que se localizan en el sector analizado de la Cuenca del Duero son mayormente de reducida extensión y se conservan en cerros testigo que destacan del orden de 10-30 m sobre el Páramo Inferior. Sólo en el límite sur de la zona de estudio, la superficie poligénica del Páramo Superior adquiere una mayor extensión, formando amplios planos.

Su posición altimétrica varía entre cotas de 1031-1015 m en Carcedo de Burgos, 960-940 m en los márgenes del valle medio-bajo del río Arlanzón, o 1000-930 m entre la Sierra de Lerma y confluencia de los ríos Arlanza y Arlanzón (Figura 1B). La reconstrucción geoestadística de la superficie erosiva (*kri-ging* ordinario) define una superficie inclinada de ENE a OSO con una pendiente regional del 0,2% (ver Figuras 3 I y 3 III).

En toda la extensión analizada de la cuenca neógena, la superficie poligénica se conserva únicamente sobre los estratos subhorizontales de la unidad calcárea del Páramo Superior (Figura 2 I), formada por calizas, calizas margosas, calizas dolomíticas, calizas micríticas recrystalizadas, nodulizadas y brechificadas, con ooides, intraclastos, algas y gasterópodos (Sánchez et al., 1975; Mediavilla y Dabrio, 1988, 1989; García et al., 1997; Cabrera et al, 1997). La edad de estos depósitos calcáreos se estima del Vallesiense inferior en el sureste de la Cuenca del Duero (ver Nozal y Herrero, 2005), mientras que en el centro de la cuenca, más próxima al área de estudio, se sitúan por encima de sedimentos fluviales del Turolense superior (Pérez et al., 2001). En superficie, los depósi-

Fig. 2. Facies y unidades litológicas neógenas del NE de la Cuenca del Duero (I), de la Depresión de la Bureba (II), y correlación Duero-Bureba según Pineda, (1996) (III). En la cronoestratigrafía del NE de la Cuenca del Duero se han utilizado las edades de los yacimientos paleontológicos más próximos a la zona de estudio, situados en el centro de la cuenca (López et al, 1986; Pérez et al., 2001; ver Armenteros et al., 2002), aunque interpretaciones recientes de la posición estratigráfica de los yacimientos paleontológicos del borde SE, sitúan a las Calizas del Páramo Inferior en el Aragoniense superior (Nozal y Herrero, 2005) y a la secuencia del Páramo Superior en el Aragoniense superior-Vallesiense (ver Nozal y Herrero, 2005)

Fig. 2. Neogene facies and lithological units of the NE Duero Basin (I), Bureba Depression (II), and Duero-Bureba correlation according to Pineda, (1996) (III). In the NE Duero Basin chronostratigraphy, have been used the chronologies of the nearest palaeontological sites, located in the interior basin (López et al., 1986; Pérez et al., 2001; see Armenteros et al., 2002), although new interpretations of the stratigraphic position of the palaeontological sites in the SE Duero Basin, situate the Lower Páramo Limestones in the Upper Aragonian (Nozal y Herrero, 2005) and the Upper Páramo sequence in the Upper Aragonian-Vallesian (see Nozal y Herrero, 2005)

tos carbonatados se encuentran afectados por procesos erosivos que los seccionan y por procesos kársticos (formas de corrosión y arcillas de descalcificación), que se desarrollaron con posterioridad a la finalización de la sedimentación de las Calizas del Páramo Superior, probablemente durante el Turoliense superior-Rusciniense (Figura 4).

En el Corredor de la Bureba, la única morfología equiparable a esta superficie corresponde a una pequeña mesa de cota 1031 m, que destaca 25 m sobre el techo de las Calizas del Puerto de la Brújula.

Superficie poligénica del páramo inferior

En la Cuenca del Duero, la superficie del Páramo Inferior presenta un área de 870 km², en su mayor parte correspondientes a planos de gran extensión que se distribuyen desde alturas de 1020-1026 m en el borde NE de la cuenca, hasta los 900-910 m en posiciones centrales (zona de confluencia de los ríos Arlanza-Arlanzón, Figura 1B). En la reconstrucción de su tendencia regional, esta superficie erosiva muestra una inclinación hacia las zonas internas de cuenca, con pendientes entre 0,4-1,7%, aunque también se pueden observar inclinaciones de carácter más local hacia los actuales valles cuaternarios, junto a depresiones cerradas generadas posiblemente por efecto de la interpolación (Figuras 3 II y 3 IV). La superficie poligénica se desarrolla sobre estratos horizontales y subhorizontales de calizas, calizas margosas y margas (calizas del Páramo Inferior, Figura 2 I), que se interpretan de edad Vallesiense en el centro de la cuenca (López *et al.*, 1986), y del Aragoniense superior en el borde sudeste (Nozal y Herreros, 2005).

En zonas interiores de la cuenca, las calizas en superficie presentan brechificaciones, lapiaces con arcillas de descalcificación, costras clásticas con huecos de disolución, edafizaciones y pequeños cauces colmatados con arenas limosas (Portero *et al.*, 1982, 1983; Pérez-González, 1982). En términos generales, estos rasgos son igualmente reconocibles en el sector NE de la Cuenca del Duero (Pineda, 1997a, 1997b; P. Wouters, en Arce *et al.*, 1997), donde los depósitos calcáreos tienen un espesor variable por efecto de los procesos erosivos y presentan lapiaces, arcillas de descalcificación y dolinas.

También se han descrito karstificaciones en el techo de estas calizas fosilizados por la unidad sedimentaria suprayacente del Páramo Superior (Pineda, 1996; Mediavilla y Dabrio, 1989). Esto sugiere que la unidad litoestratigráfica del Páramo Inferior estuvo sometida a procesos de erosión inmediatamente después de su sedimentación, aunque estos procesos no

corresponden con la superficie erosiva del Páramo Inferior que se observa en la actualidad. Esta superficie se encuentra encajada en el Páramo Superior y relacionada con los estadios iniciales de los valles cuaternarios, indicando que se habría desarrollado en un período más reciente (Plio-Cuaternario), en relación con los procesos de vaciado sufridos por la Cuenca del Duero en régimen exorreico (Figura 4). Los procesos de vaciado habrían exhumado y erosionado parcialmente a las calizas vallesienses, aunque su estructura horizontal y resistencia a los procesos de denudación fueron elementos determinantes que favorecieron la instalación de la superficie sobre dichos materiales.

Hacia el nordeste, la superficie poligénica del Páramo Inferior se puede continuar en el Corredor de la Bureba, donde se la ha cartografiado afectando a las Calizas del Puerto de la Brújula a cotas de 990-1010 m, y sobre las Calizas del Páramo de Santa Casilda localizadas en las cercanías de Santa María del Invierno (1010-1014 m) y en la Cubeta de San Pedro (1000 m).

Su edad de elaboración durante el Plio-Cuaternario, relacionada con la diferenciación de los valles fluviales cuaternarios, también ha sido propuesta por otros autores (P. Cabra, en García *et al.*, 1997), situándola en una posición morfocronológica semejante a los depósitos de abanicos pliocuaternarios, comúnmente denominados Raña (Olivé *et al.*, 1982; Portero *et al.*, 1983; Molina y Armenteros, 1986). En el borde noroeste de la Sierra de la Demanda y el borde sur de la Cordillera Vasco-Cantábrica (Sierra de Ubierna-Sierra de Santa Casilda), se ha descrito una superficie de erosión de reducida extensión que se encuentra encajada en otras más antiguas del Mioceno medio y superior (Benito, 2004), y cuyo desarrollo altimétrico, a 950-1010 m, permite relacionarla con la superficie poligénica del Páramo Inferior.

Conexión Duero-Bureba

La continuidad de la superficie poligénica del Páramo Inferior en el Corredor de la Bureba y la presencia de un nivel morfológico equiparable a la superficie poligénica del Páramo Superior, conservado sobre depósitos que fosilizan a las calizas del Puerto de la Brújula, ha motivado la realización de una cartografía de las unidades litoestratigráficas neógenas en la Conexión Duero-Bureba, que ha permitido proponer una nueva correlación entre ambas cuencas.

El límite entre las depresiones terciarias del Duero y de la Bureba, con frecuencia se hace coincidir de manera informal con la divisoria hidrográfica entre la

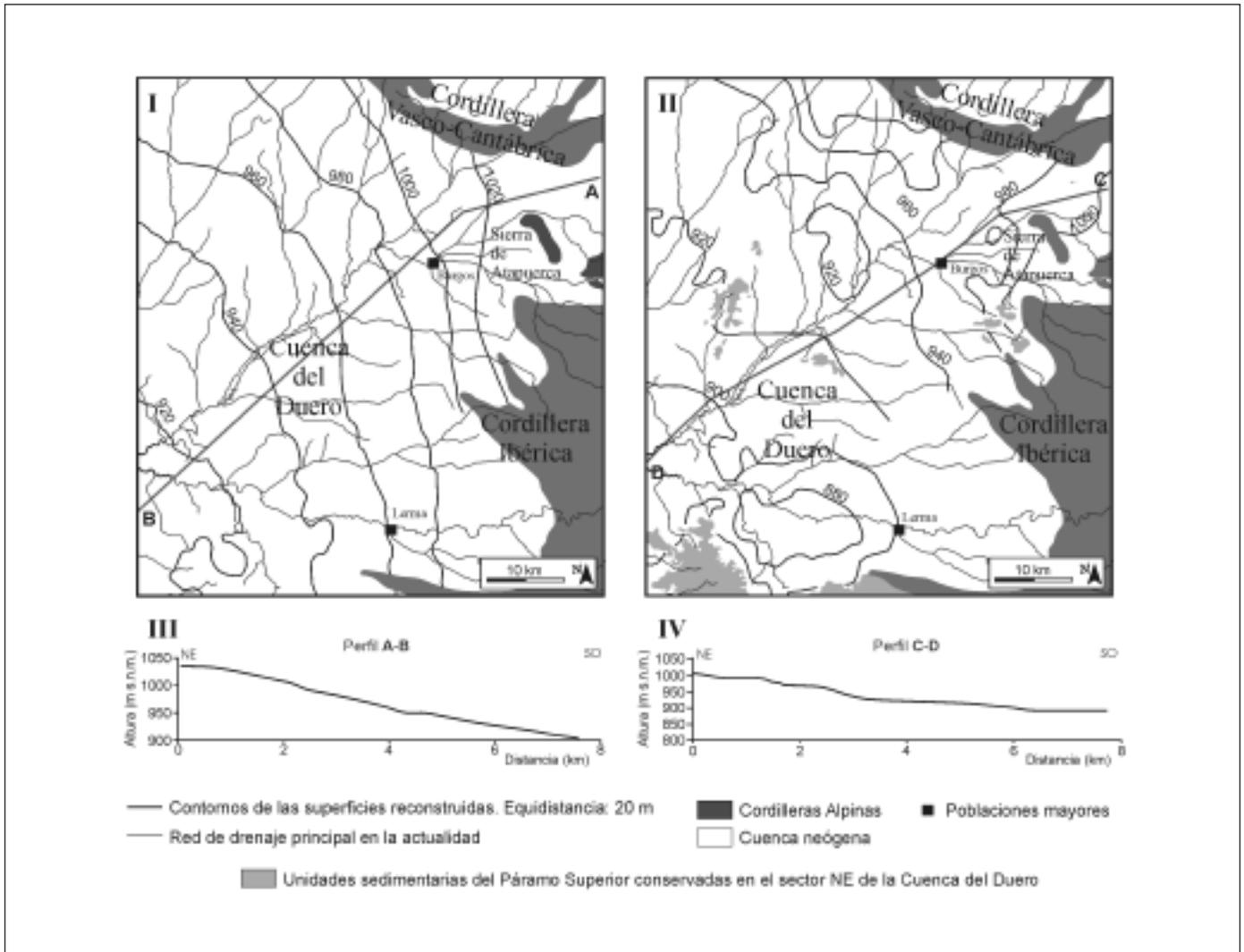


Fig. 3. Reconstrucción geoestadística de las superficies de las superficies erosivas del Páramo Superior (I y III) y del Páramo Inferior (II y IV), utilizando el método del *kriging* ordinario. Datos iniciales de altura obtenidos del MDT SRTM-90 (*Shuttle Radar Topography Mission*). Errores cuadráticos medios de las interpolaciones: 4,1 m (superficie del Páramo Superior) y 6,7 m (superficie del Páramo Inferior)
 Fig. 3. Geostatistical reconstruction of Upper (I and III) and Lower (II and IV) Páramo erosional surfaces, using ordinary kriging method. Height initial data obtained from DTM STRM-90 (*Shuttle Radar Topography Mission*). Interpolation RMS errors: 4.1 m (Upper Páramo surface) and 6.7 m (Lower Páramo surface)

Cuenca del Duero (río Arlanzón y tributarios: ríos Vena y Ríostras) y la Cuenca del Ebro (río Oca y su afluente, el río Cerrata). Localizadas justo en esta divisoria hidrográfica se encuentran las Calizas del Puerto de la Brújula. Estas calizas han tenido un gran significado en la correlación de ambas cuencas ya que han sido consideradas como los niveles superiores de la sedimentación neógena en la Depresión de la Bureba (Riba *et al.*, 1983; Pol y Carballeira, 1983; Olivé *et al.*, 1990; Pineda, 1996). Su posición respecto a los niveles de la Cuenca del Duero ha sido utilizada para definir el final de la sedimentación neógena en la Depresión de la Bureba y también, en gran medida,

para asignar cronologías relativas al resto de facies de la Bureba. De este modo, en los trabajos de Olivé *et al.* (1990) se las asignaba al Turoliense superior-Plioceno (Figura 2 II), mientras que en el trabajo más reciente de Pineda (1996), se la relaciona con el nivel de calizas margosas que culmina los sistemas aluviales miocenos, de edad Astaraciense (Figura 2 III).

En la cartografía realizada, se han correlacionado las Calizas del Puerto de la Brújula con las Calizas del Páramo Inferior que se localizan inmediatamente al oeste (Pineda 1997a, Figura 5A y 5C) y que se prosiguen lateralmente hasta los altos situados al noroeste de Rubena. La gran continuidad lateral de estas

calizas y su carácter expansivo sobre las facies infra- yacentes, ha determinado la correlación de este nivel con las Calizas del Páramo de Santa Casilda conservadas en la margen derecha del río Cerrata sobre las facies Cerezo (Figura 5A y 5C). En posiciones estratigráficas inferiores, la facies Cuestas de la Cuenca del Duero se va acuñando de oeste a este hasta desaparecer (Pineda 1997a), de forma que no se ha descrito en la zona del Puerto de la Brújula y tampoco se han encontrado pruebas concluyentes sobre la presencia de depósitos equivalentes en el Corredor de la Bureba, aunque al noreste de Villaescusa la Sombría se localizan margas blancas con niveles de calizas intercalados que se apoyan sobre la facies Pedraja (Figura 5A). La misma situación se ha observado para las calizas terminales de la facies Tierra de Campos,

que desaparecen lateralmente hacia el este, de modo que las Calizas del Puerto de la Brújula se apoyan directamente sobre los limos y arcillas con alteraciones edáficas y bioturbaciones a techo que corresponden a los depósitos distales de la facies Pedraja, la cual ya fue correlacionada por Pineda (1996) con los sistemas aluviales del Mioceno medio en la Cuenca del Duero (facies Santa María del Campo y Tierra de Campos).

A partir de esta interpretación los depósitos que fosilizan a las Calizas del Puerto de la Brújula (Figura 5A y 5C), podrían corresponder a las unidades sedimentarias de la secuencia de Páramo Superior en la Cuenca del Duero, de edad Aragoniense superior-Turoliense (Figura 3B).

La facies evaporíticas del Mioceno inferior, repre-

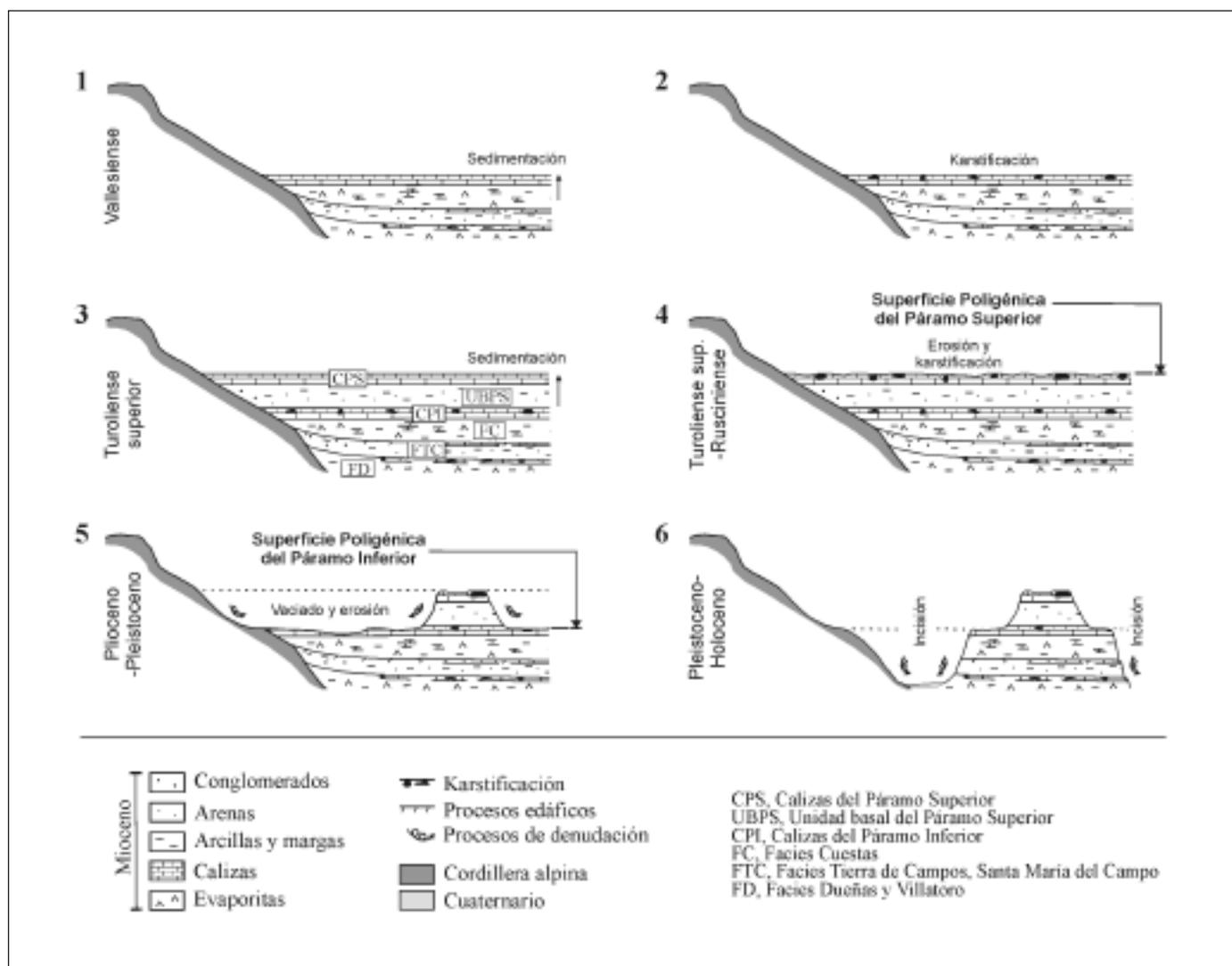


Fig. 4. Modelo sintético del desarrollo de las superficies erosivas de los páramos en el sector NE de la Cuenca del Duero
 Fig. 4. Synthetic model of the Páramo erosional surfaces development in the NE sector of the Duero Basin

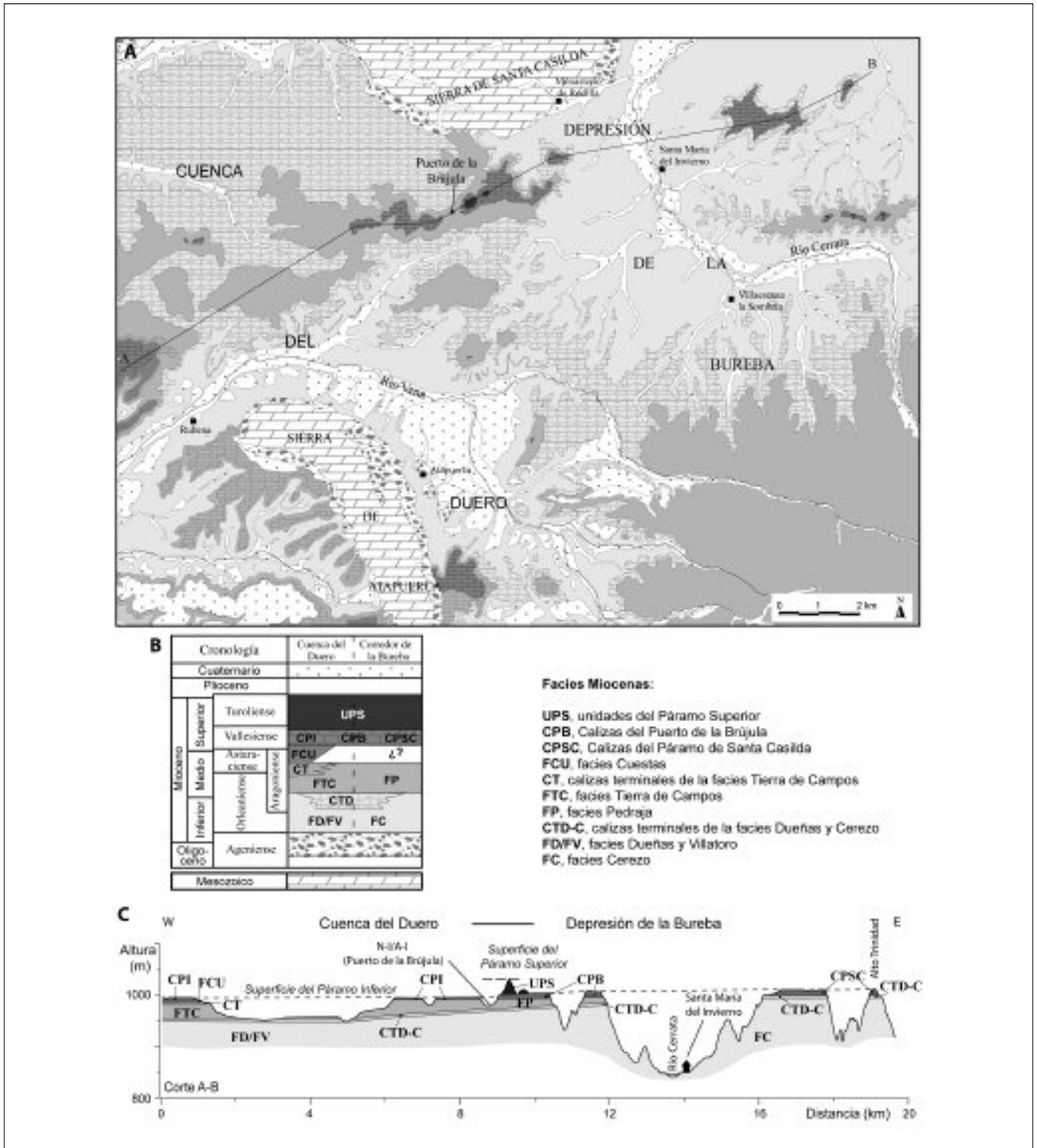


Fig. 5. Mapa geológico (A), propuesta de correlación (B) y corte geológico-morfológico (C) de las facies neógenas en la conexión Corredor de la Bureba-Cuenca del Duero. La cronoestratigrafía utilizada en la correlación corresponde a la edad propuesta para las unidades estratigráficas en la zona central de la Cuenca del Duero [López *et al.* (1986); Pérez *et al.* (2001); ver Armenteros *et al.* (2002)]
 Fig. 5. Geological map (A), proposed correlation (B) and geological-morphological section (C) of Neogene facies in the Bureba Corridor-Duero Basin. The chronostratigraphy used in the correlation is the age proposed for the stratigraphic units in the interior of the Duero Basin [López *et al.* (1986); Pérez *et al.* (2001); see Armenteros *et al.* (2002)]

sentadas por las facies Dueñas y Villatoro en la Cuenca del Duero, tienen su continuación en el Corredor/Depresión de la Bureba con la facies Cerezo (Pineda, 1996, Cabrera *et al.*, 1997). Ambas unidades evaporíticas suelen culminar a techo con un nivel discontinuo de calizas (Anadón, 1994; Pineda, 1996).

Esta correlación indica que la conexión sedimentaria entre la Depresión de la Bureba y la Cuenca del Duero ha existido al menos desde el Mioceno inferior, con la sedimentación de facies evaporíticas (facies Villatoro/facies Cerezo), y ha continuado durante el Mioceno medio con el desarrollo de sistemas aluviales (facies Tierra de Campos y Santa María del Campo/facies Pedraja), caracterizados por la presencia de procesos edáficos a techo. Durante la sedimentación de la facies Cuestas, el área endorreica de la Cuenca del Duero no tenía conexión con la Depresión de la Bureba, situación que se invirtió durante la sedimentación de las fases más expansivas, correspondientes a los depósitos lacustres de las Calizas del Páramo Inferior, Calizas del Puerto de la Brújula y Calizas del Páramo de Santa Casilda. Los sedimentos neógenos más modernos del Corredor de la Bureba (unidad superior del Puerto de la Brújula) serían equiparables a las unidades sedimentarias del Páramo Superior en la Cuenca del Duero (Figura 5B).

Conclusiones

Los vestigios que actualmente se conservan de la evolución pliocena de esta región corresponden a eventos principalmente erosivos, que han estado influenciados por el control litoestructural de las capas horizontales y subhorizontales de las unidades litoestratigráficas de las Calizas del Páramo Inferior y Superior, formándose amplias superficies caracterizadas por procesos de erosión y acumulación. De este modo, se han reconocido dos superficies poligénicas de desarrollo regional, de las cuales, la más antigua o del Páramo Superior, se desarrolló tras la finalización del relleno en el Mioceno superior, probablemente durante el Tuoliense superior-Rusciniense, y la más reciente o del Páramo Inferior, que se habría producido una vez exhumadas las Calizas del Páramo Inferior durante el Pliopleistoceno, cuando empieza a diferenciarse la red fluvial cuaternaria.

La cartografía de las superficies de los páramos en la conexión Duero-Bureba ha permitido identificar la unidad estratigráfica superior del Puerto de la Brújula, que reposa sobre las Calizas del Puerto de la Brújula. Para determinar su contexto estratigráfico se ha elaborado una cartografía de las facies neógenas

en el enlace de ambas cuencas que ha permitido realizar una nueva propuesta de correlación que sugiere la presencia de ciclos semejantes en ambas cuencas desde el Mioceno inferior hasta el Mioceno superior.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos PB96-1026-C03-03 y BXX2000-1258-03-02 de la DGICYT y por la Junta de Castilla y León, que ha apoyado el trabajo de campo realizado durante las campañas de excavación de los yacimientos arqueopaleontológicos de la Sierra de Atapuerca. También agradecemos al Dr. Mateo Gutiérrez Elorza y al revisor anónimo la detallada revisión del manuscrito que ha contribuido a la mejora del mismo.

Referencias

- Alonso-Gavilán, G., Armenteros, I., Carballeira, J., Corrochano, A., Huerta, P. y Rodríguez, J.M. 2004. Cuenca del Duero. En: Vera, J.A. (ed.), *Geología de España*, Soc. Geol. España, IGME, Madrid, 550-556.
- Anadón, P. 1994. The Miocene lacustrine evaporite system of La Bureba (western Ebro Basin, Spain). En: Gierlowski-Kordesch, E. y Kelts, K. (eds), *Global Geological Record of Lake Basins, Volume 1*, Cambridge University Press, 311-314.
- Arce, M., Wouters, P., Pineda, A. y Solé, J. 1997. *Mapa Geológico de España, escala 1:50.000, 2ª Serie (MAGNA), Hoja de Sasamón, 199 (18-10)*. IGME, Madrid, 65 p.
- Armenteros, I., Corrochano, A., Alonso-Gavilán, G., Carballeira, J. y Rodríguez, J.M. 2002. Duero Basin (northern Spain). En: Gibbons, W. y Moreno, T. (eds), *Geology of Spain*, Geol. Soc., London, 309-315.
- Benito, A. 2004. *Análisis geomorfológico y reconstrucción de paleopaisajes neógenos y cuaternarios en la Sierra de Atapuerca y el valle medio del río Arlanzón*. Tesis Doctoral (inédita). Universidad Complutense de Madrid.
- Boquera, J., Gil, G. y Zubieta, F. 1978. *Mapa Geológico de España escala 1:50.000, 2ª Serie (MAGNA), Hoja de Pradoluengo, 239 (20-11)*. IGME, Madrid, 48 p.
- Cabrera, R., Crespo, J.L., García, J.I., B. Mediavilla, B. y Armenteros, I. 1997. *Mapa Geológico y Minero de Castilla y León, escala 1:400.000*. Junta de Castilla y León. Sociedad de explotación e Investigación Minera de Castilla y León, S.A. (SIEMCALSA), Valladolid, 459 p.
- Calvo, J.P., Daams, R., Morales, N., López-Martínez, N., Agustí, J., Anadón, P., Armenteros, I., Cabrera, L., Civis, J., Corrochano, A., Díaz-Molina, M., Elizaga, E., Hoyos, M., Martín-Suárez, E., Martínez, J., Moissenet, E., Munóz, A., Pérez-García, A., Pérez-González, A., Portero, J.M., Robles, F., Santisteban, C., Torres, T., Van der Meulen, A.J., Vera, J.A. y Mein, P. 1993. Up-to-date

- Spanish continental Neogene synthesis and paleoclimatic interpretation. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 6, 3-4, 29-40.
- García, A., Cabra, P. y Solé, J. 1997. *Mapa Geológico de España escala 1:50.000, 2ª Serie (MAGNA), Hoja de Villagonzalo-Pedernales, 238 (19-11)*. IGME, Madrid, 109 p.
- López, N., García, E. y Álvarez, A. 1986. Paleontología y bioestratigrafía (Micromamíferos) del Mioceno medio y superior del sector central de la Cuenca del Duero. *Studia Geologica Salmanticensis*, 22, 191-212.
- Mediavilla, R.M., Dabrio, C.J., Martín-Serrano, A. y Santisteban, J. 1996. Lacustrine Neogene systems of the Duero Basin: evolution and controls. En: Friend P.F., y Dabrio, C.J. (eds.), *Tertiary basins of Spain: the stratigraphic record of crustal kinematics*, Cambridge University Press, 228-236.
- Mediavilla, R.M. y Dabrio, C.J. 1989. Las calizas del Páramo en el sur de la provincia de Palencia. *Studia Geologica Salmanticensis*, 5, 273-291.
- Mediavilla, R.M. y Dabrio, C.J. 1988. Controles sedimentarios neógenos en la depresión del Duero (Sector Central). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 1 (1-2), 187-195.
- Molina, E. y Armenteros, I. 1986. Los arrasamientos Plioceno y Plio-pleistoceno en el sector suroriental de la Cuenca del Duero. *Studia Geologica Salmanticensis*, 22, 293-307.
- Nozal, F. y Herrero, A. 2005. El Mioceno del borde meridional del Corredor Aranda de Duero-Burgo de Osma (SE Cuenca del Duero). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 18, 1-2, 21-37.
- Nozal, F. y Montes, M.J. 2004. Relaciones estratigráficas y sintectónicas de los conglomerados miocenos de Montejo de la Vega (borde SE de la cuenca del Duero). *Geogaceta*, 36, 91-94.
- Olivé, A., Portero, J.M., Olmo, P., Aragonés, E., Carreras, F., Molina, E. y Gutiérrez Elorza, M. 1982. El sistema de terrazas del Río Carrión. *Temas Geológico-Mineros*, 6, 451-462.
- Olivé, A., Ramírez, J.I., Ortega, L.I., Hernández, A. y Alvaro, M. 1990. *Mapa Geológico de España escala 1:50.000, 2ª Serie (MAGNA). Hoja de Belorado, 201 (20-10)*. IGME, Madrid, 38 p.
- Pérez, B., Amezua, L., Miguel, I. y Morales, J. 2001. La fauna del yacimiento turolense de Tariego de Cerrato (Palencia, Castilla-León). *Revista Española de Paleontología*, nº extraordinario, 133-135.
- Pérez-González, A. 1979. El límite Plioceno-Pleistoceno en la Submeseta meridional en base a los datos geomorfológicos y estratigráficos. *Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario*, 9, 23-36.
- Pérez-González, A. 1982. El Cuaternario de la Región Central de la Cuenca del Duero y sus principales rasgos geomorfológicos. *Temas Geológico-Mineros*, 6, 717-740.
- Pineda, A. 1996. El enlace y la paleogeografía neógena entre las Cuencas del Duero y del Ebro en la Bureba (Burgos). *Boletín Geológico y Minero*, 107, 1, 14-28.
- Pineda, A. 1997a. *Mapa Geológico de España escala 1:50.000, 2ª Serie (MAGNA). Hoja de Burgos, 200 (19-10)*. IGME, Madrid, 93 p.
- Pineda, A. 1997b. *Mapa Geológico de España, escala 1:50.000, 2ª Serie (MAGNA). Hoja de Montorio, 167 (19-9)*. IGME, Madrid, 110 p.
- Pol, C. y Carballeira, J. 1983. El Sector Nororiental y su enlace con el surco Ebro-Rioja. En: Comba, J.A. (ed.), *Libro Homenaje J.M. Ríos, Geología de España II*, IGME, 507-511.
- Portero, J.M., Olmo, P. y Olivé, A. 1983. El Neógeno de la transversal norte-sur de la Cuenca del Duero. En: Comba, J.A. (ed.), *Libro Homenaje J.M. Ríos, Geología de España II*, IGME, 494-502.
- Portero, J.M., Olmo, P., Ramírez, J. y Vargas, A. 1982. Síntesis del Terciario Continental de la Cuenca del Duero. *Temas Geológico-Mineros*, 6, 11-37.
- Riba, O., Reguant, S. y Villena, J. 1983. Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la Cuenca terciaria del Ebro. En: Comba, J.A. (ed.), *Libro Homenaje J.M. Ríos, Geología de España II*, IGME, 131-159.
- Sánchez, L.M., Pavón, J., García, J., Manjón, M. y Colmenero, J.R. 1975. Hoja de Mapa Geológico de España, escala 1:50.000, 2ª Serie (MAGNA). Castrojeriz, 237 (18-11). IGME, Madrid, 30 p.
- Sánchez-Moya, Y. y Sopena, A. 2004. El Rift Mesozoico Ibérico. En: Vera, J.A. (ed.), *Geología de España*, Soc. Geol. España, IGME, Madrid, 484-485.
- Santisteban, J.I., Mediavilla, R.M., Martín-Serrano, A. y Dabrio, C.J. 1996. The Duero Basin: a general overview. En: Friend P.F., y Dabrio, C.J. (eds.), *Tertiary basins of Spain: the stratigraphic record of crustal kinematics*, Cambridge University Press, 183-187.

Recibido: febrero 2005.

Aceptado: diciembre 2005.