

# Los problemas pendientes en la evolución morfológica del Sistema Central

## Unsolved problems on the morphological evolution of Spanish Central Range

CENTENO CARRILLO, J. de

The Quaternary Landscape evolution in the Spanish *Sistema Central* range show a poor coupling with tectonic and climatic knowledge. Morphogenic activity shows more activity that could be explained in relation with accepted tectonic activity; conversely landscape changes are scarce when compared with climatic oscilations. Either geomorphological, tectonic or climatic knowledge should be revised.

**Key words:** Quaternary landscape, Spanish Sistema Central

CENTENO CARRILLO, J. de (Departamento de Geodinámica. Facultad de Geología. Universidad Complutense de Madrid. 28040 Madrid. Spain).

## INTRODUCCION

Este trabajo plantea problemas más que soluciones, concretamente los problemas de ajuste entre la evolución morfogenética Cuaternaria y nuestros conocimientos sobre el clima y la tectónica. Estos problemas podrían resumirse brevemente en que los conocimientos sobre los procesos superficiales del SCE, en especial de sus márgenes, muestran una actividad menor de la que correspondería a posibles causas climáticas y mayor de la que podría explicar la actividad tectónica conocida.

En realidad, los modelos sobre la evolución del relieve durante el Cuaternario son suficientemente escasos como para entender muchos de los problemas planteados. Pero esa falta de modelos es común a todos macizos antiguos, y responde a razones históricas.

Hasta bien entrada la segunda mitad de este siglo, la mayor parte de los geomorfólogos del mundo creían que el relieve de la superficie terrestre era el resultado de los procesos cuaternarios. Con la incorporación de los datos procedentes del Hemisferio Austral, la existencia de relieves más antiguos fue cobrando importancia, y en la actualidad, parece demostrada la enorme extensión de los relieves paleógenos e incluso precretácicos (TWIDALE, 1985). Cuando se revisan los antecedentes bibliográficos sobre el SCE, e incluso el Macizo Ibérico, llama la atención la enorme producción de trabajos sobre la evolución terciaria del relieve y la escasez respecto a la morfogénesis cuaternaria. Desde que SCHWENZNER publica su conocido trabajo en 1936 hasta la década de los 80 se suceden varios trabajos de gran magnitud que tratan de explicar la historia del relieve, la génesis de las super-

ficies de erosión, su edad y sus relaciones con el clima y la tectónica (ver el trabajo de J. PEDRAZA en este volumen).

Es posible que el hallazgo de pruebas de antigüedad del relieve hiciera olvidar, en su día, la importancia de la morfogénesis más reciente. Así podría explicarse la abundancia de trabajos sobre morfogénesis terciaria frente a los estudios sobre el Cuaternario.

Sin embargo, a pesar de la escasez de trabajos, sabemos que la morfogénesis en los márgenes del Sistema Central ha sido particularmente activa desde el tránsito Plioceno-Pleistoceno; al menos así lo muestran algunos ejemplos descritos desde mediados de siglo y especialmente en los últimos años. Los trabajos se refieren, al menos, a los siguientes aspectos:

1. Procesos de desnivelación tectónica que han condicionado la evolución de la red de drenaje.

PEDRAZA (1976) mostró que los rasgos morfológicos y sedimentológicos del valle medio del río Alberche (margen meridional del SCE) sólo podrían explicarse mediante una subsidencia de origen tectónico, contemporánea con la sedimentación cuaternarias.

FERNÁNDEZ GARCÍA (1988) mostró la existencia de fenómenos de antecedencia en el Macizo de Sta María La Real de Nieva (Segovia, margen septentrional). Estos fenómenos indican un levantamiento posterior, o al menos contemporáneo al encajamiento de la red fluvial cuaternaria.

En el valle del Tietar (margen meridional) ya HERNÁNDEZ PACHECO (1950) acudió al basculamiento tectónico para explicar una migración hacia el N del río Tietar. Recientemente FRAILE et al (1993)

han encontrado nuevas evidencias de dicho basculamiento, aunque la migración del Tietar pueda ser sustituida en el modelo por fenómenos más drásticos de cambio en la red de drenaje.

2. Modelado y exposición de formas grabadas por alteración asociada al encajamiento de la red fluvial y/o levantamiento de bloques.

PEDRAZA (1984) probó que muchos de los relieves residuales de la rampa meridional han sido expuestas a la superficie por procesos intracuaternarios del regolito.

En la misma línea, MOLINA et al (1986) relacionó la alteración de rocas graníticas, con neoformaciones minerales importantes y la formación de relieves residuales con levantamientos tectónicos cuaternarios.

CENTENO y BRELL (1987) y CENTENO (1988) probaron que tales relieves residuales eran formas grabadas que habían sufrido, dentro del Cuaternario, el doble proceso de alteración-exposición y que la sucesión de secuencias de estabilidad-erosión debía relacionarse con episodios tectónicos o climáticos cuaternarios.

3. Formación de abanicos aluviales y conos torrenciales.

Desde el inicio de la incisión cuaternaria se han formado varias fases de abanicos aluviales y conos torrenciales en el macizo y la cuenca. Aunque la «raña» haya merecido un interés especial (MARTÍN SERRANO en este mismo volumen) hay otros ejemplos de secuencias de formación de conos que deberían encontrar una explicación. Por ejemplo, ACASO et al (1991) describen los conos torrenciales de la vertiente meridional de Gredos, pero no encuentran un ajuste completo entre el conjunto de secuencias y la historia climática y glacial de la sierra.

4. Procesos superficiales de detalle relacionados con actividad neotectónica.

En lo que se refiere a la actividad neotectónica, en especial se han encontrado numerosas pruebas de que ésta ha influido en numerosas formas y procesos recientes. Por ejemplo, GARCÍA BLANCO et al (1992) han encontrado pruebas de ajustes de detalle de la red de drenaje a movimientos de los bloques en la zona de Muñico (vertiente septentrional), y GONZÁLEZ CARRASCO y PEDRAZA (1993) han encontrado fenómenos gravitacionales en el valle del Jerte (depresión transversal).

La presencia de formas derivadas de estos procesos no se limita a puntos aislados. Más bien se trata de formas que configuran el relieve de las zonas marginales del macizo y que, sin embargo, no han conseguido borrar las huellas de las superficies de arrasamiento antiguas. El grado de conservación de formas más antiguas es tal que ha permitido el desarrollo de los modelos evolutivos desde el inicio del Terciario hasta el Pleistoceno mientras que, sorprendentemente, apenas se ha intentado esbozar un modelo evolutivo del relieve para periodos posteriores al Plioceno. Para este periodo sólo se han elaborado modelos basados en la morfogénesis climática glacial y periglacial y los datos palinológicos que han tratado de correlacionarse sistemáticamente con el cuadro paleoclimático europeo (ACASO, 1983; ACASO y RUIZ, 1985; ACASO et al., 1991 y RUBIO CAMPOS, 1990), pero no se ha tratado de establecer su correlación con la evolución general del relieve regional.

En resumen, tanto en áreas del Macizo Ibérico como en áreas de las cuencas del Tajo y el Duero, los procesos morfogénicos han generado relieves de forma extensiva e intensiva, que no han terminado de borrar el

relieve terciario y que son difíciles de ajustar a los calendarios de actividad tectónica y variación climática,

Lo dos ejemplos que siguen, con los que el autor se siente más implicado, ilustran relativamente bien qué conocemos de la morfogénesis cuaternaria en el macizo y las cuencas y cuales son los problemas a resolver: las formas grabadas en la rampa meridional y la red de drenaje en Campo Arañuelo.

### MORFOGENESIS EN EL MACIZO: LA EXPOSICION Y GENESIS DE FORMAS GRABADAS DURANTE EL ENCAJAMIENTO DE LA RED FLUVIAL EN LA VERTIENTE MERIDIONAL

Prácticamente todos los modelos sobre la evolución del relieve del SCE proponen una historia de arrasamientos sucesivos los procesos que componen la sucesión y su distribución temporal son los que introducen diferencias entre modelos que han dado lugar a varias superficies de erosión o arrasamiento (J. PEDRAZA en este volumen).

En la interpretación de todos los modelos está la idea implícita de que buena parte del relieve actual se formó y se conserva desde tiempos relativamente antiguos la edad depende del modelo considerado.

Sin embargo, en trabajos anteriores (PEDRAZA, 1984; CENTENO y BRELL, 1987; CENTENO, 1988 y 1989) se ha sugerido que los procesos de encajamiento de la red fluvial en la rampa meridional que, sin duda están ligados al proceso de exorreización de la cuenca (A. MARTÍN SERRANO en este volumen), tuvieron consecuencias que van más allá de la simple disección de las superficies de arrasamiento antiguas.

En efecto, mientras en la mayor parte de los modelos evolutivos se acepta impli-

citamente que las superficies de arrasamiento se han conservado con morfologías muy próximas a la original, los hallazgos recientes prueban que las superficies han sufrido modificaciones importantes, tantas que, en ocasiones, sólo la pendiente suave a escala regional corresponde a la morfología original.

En la vertiente meridional, especialmente en las zonas de Cadalso de los Vidrios y Zarzalejo-El Escorial, la superficie de pediment (en la terminología PEDRAZA, 1978) ha sufrido importantes modificaciones desde el Plioceno:

— Se han formado nuevos arrasamientos, de menor extensión pero igual morfología que los antiguos. Relacionados con el encajamiento de la red han sido descritos como terrazas erosivas (CENTENO, 1988) aunque probablemente sería más correcto hablar de pediments marginales y/o lineales.

— Se han expuesto formas grabadas de todas las escalas: macroformas como los *bornhardt* (PEDRAZA, 1984), mesoformas como las *flared slopes* (CENTENO, 1988) y microformas como pilas y acanaladuras (CENTENO, 1988). La exposición de estas formas implica la removilización de grandes volúmenes de regolito, modificaciones en la «rugosidad» del paisaje y cambios en las características edáficas de las superficies.

— Se han generado nuevas formas grabadas (las *flared slopes* y pilas citadas), formas de alteración que implican el desarrollo de nuevos perfiles de alteración.

El conjunto de procesos ha podido ordenarse con una cronología aproximada. Concretamente, en el margen meridional el autor (CENTENO, 1988; figura 1) propuso una secuencia cronológica de episodios

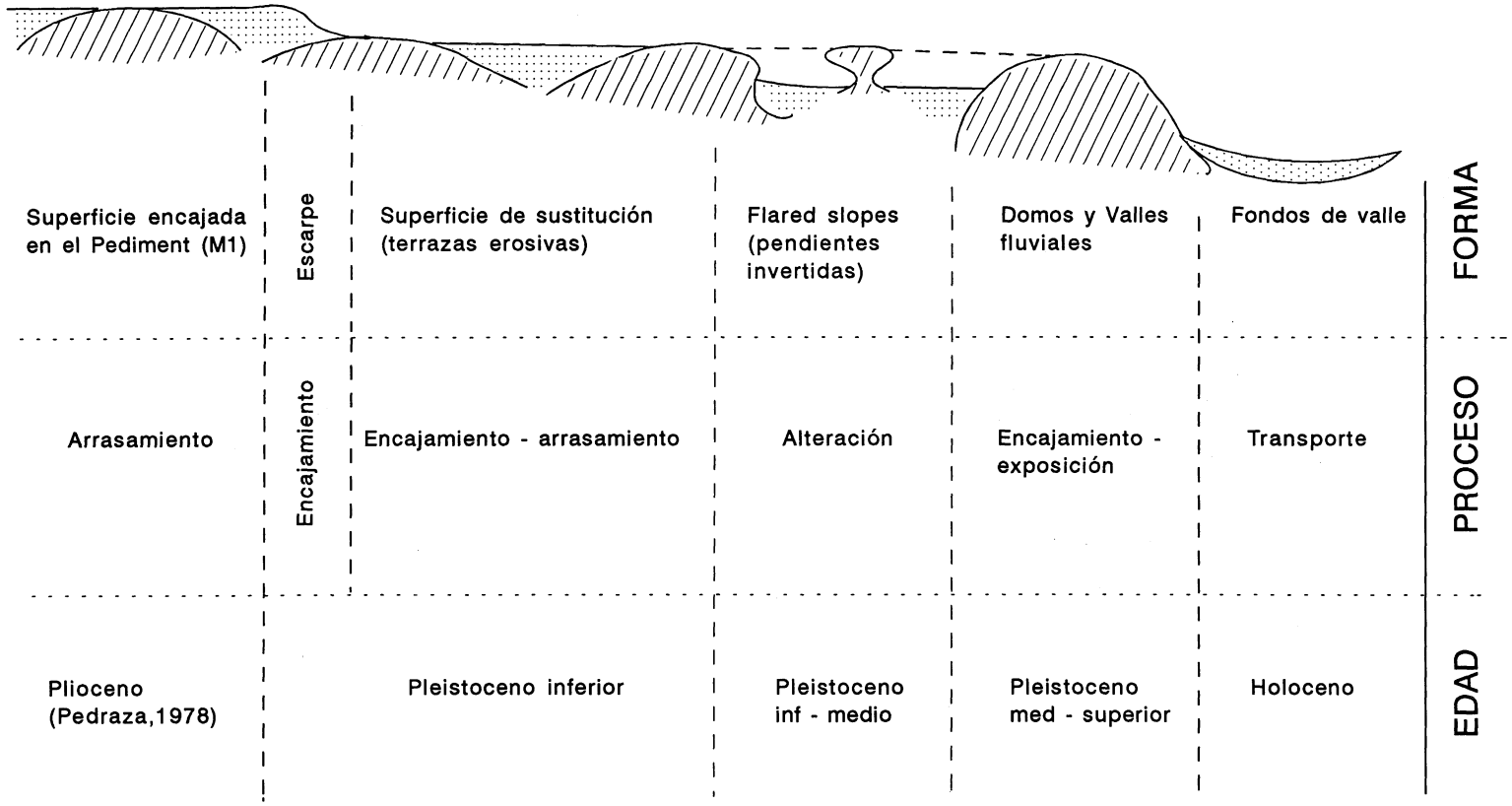


Fig. 1. Modelo de Incisión fluvial en las rampas meridionales del Sistema Central Español (modificado de Centeno, 1988).

erosivos y de alteración basada en la correlación con las terrazas de los ríos Alberche (correlación local) y Tajo (correlación regional). Pero en todo caso esta secuencia cronológica ha planteado dificultades para su correlación con la historia climática conocida o con la historia tectónica de la región. De hecho, al menos de momento, los modelos tienen que quedar en términos vagos como «episodios relativamente cálidos», «estabilidad tectónica relativa» o «causados por un periodo de cierta desnivelación».

De hecho, en el modelo citado, que podría resumirse en dos ciclos erosivos y uno de alteración para el Cuaternario, resulta imposible establecer correlación con ninguna fase tectónica o con la sucesión de cambios climáticos cuaternarios. La explicación de que la incisión responde sólo a la exorreización de la cuenca podría tenerse en cuenta (A. MARTÍN SERRANO en este volumen), pero tampoco explicaría la «ciclicidad» de los procesos de incisión o las fases de alteración intensa (MOLINA et al., 1986; CENTENO y BRELL, 1988).

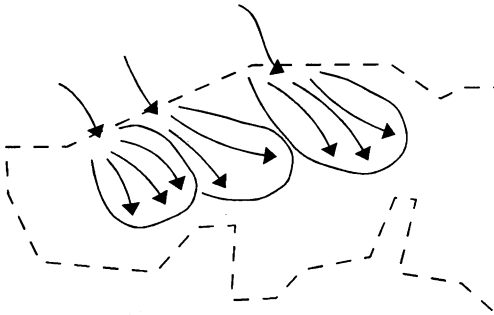
### **MORFOGENESIS EN LAS CUENCAS Terciarias: LAS MODIFICACIONES DE LA RED DE DRENAJE EN LA DEPRESION DE CAMPO ARAÑUELO**

La red fluvial ha sufrido cambios importantes en los márgenes de las cuencas terciarias del Duero (p. ej. FERNÁNDEZ GARCÍA, 1988) y Tajo (p. ej. PEDRAZA, 1976). En el borde Sur, concretamente, buena parte de la red fluvial actual es paralela o subparalela al contacto (río Jarama entre Pontón de la Oliva y Guadalix de la Sierra, río Perales, río Alberche, río Guadyerbas, río Tietar) de modo que ha tenido que

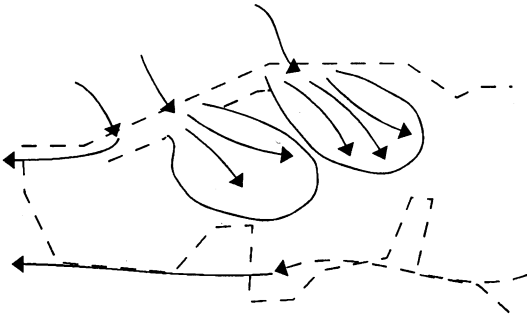
producirse un cambio importante en la red, ya que los ríos citados cortaron el suministro de agua y sedimentos a los abanicos aluviales finiterciarios. Más aún, todos los afluentes de la margen izquierda de estos ríos circulan en sentido contrario a los canales de los últimos episodios de funcionamiento de los abanicos.

Este fenómeno, que puede describirse localmente como la inversión del drenaje, es especialmente interesante en la depresión del Campo Arañuelo, situada en el extremo más occidental de la cuenca del Tajo, entre los Montes de Toledo al Sur y la sierra de Gredos al Norte. La depresión de Campo Arañuelo está drenada por los ríos Tietar y Tajo que circulan paralelos a los límites septentrional y meridional de la cuenca respectivamente. Ambos son límites estructurales, condicionados por fallas que delimitan bloques con distinto nivel de levantamiento y hundimiento. Los dos ríos principales corren paralelos a la falla principal y cortando bloques elevados que penetran en la cuenca. Por ello se ha hablado de fenómenos de antecendencia. El centro de la cuenca está drenado por una red mal definida, poco encajada, poco jerarquizada, con fenómenos de bifurcación y semiendorreísmo y la divisoria es claramente asimétrica dejando al río Tajo sin apenas afluentes en su margen derecha.

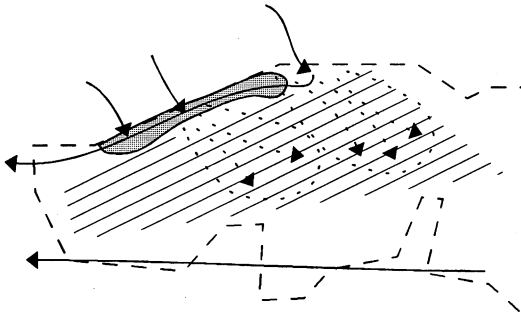
Desde 1950 (HERNÁNDEZ PACHECO) se conoce la existencia de una desnivelación terciaria en el sustrato de esta depresión durante el Terciario. En un trabajo reciente (FRAILE et al., 1993; figura 2) hemos mostrado que la red fluvial parece haber sufrido un cambio de sentido durante el Pleistoceno. Tal observación se basa en el reconocimiento de abanicos aluviales finiterciarios con una red fluvial actual su-



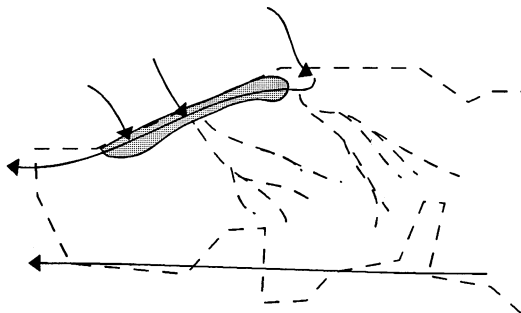
1. Durante la mayor parte del terciario se depositaron abanicos aluviales procedentes del la sierra de Gredos



2. A lo largo del Plioceno se formaron los últimos abanicos, que faltan en el sector Oeste, indicando el inicio del drenaje Atlántico.



3a. La erosión remontante del Tietar cortó la conexión Gredos-Campo Arañuelo. Zonas de drenaje deficiente.



3b. Los basculamientos asimétricos desplazan la divisoria hacia el Sur. El drenaje adopta una geometría condicionada por los antiguos abanicos.

Fig. 2. Modelo de evolución de la red en la depresión de Campo Arañuelo, entre el Sistema Central y los Montes de Toledo (modificado de Fraile *et al.*, 1993).

perpuesta, en la que se reconoce cierta similitud con la propia de abanico pero en sentido contrario, y en los rasgos antes descritos.

La historia debe haber sido similar en otras zonas del margen meridional. Lo importante es que implica movimientos de origen tectónico importantes y, sin embargo, no muestran relación con el registro climático hallado en los próximos valles glaciares de la Sierra de Gredos, o incluso del Guadarrama.

Está claro que estas observaciones requieren una explicación climática o tectónica. El basculamiento tectónico no parece improbable (MARTÍN, 1990) pero no podemos hacer ninguna correlación temporal. La relación con la apertura de drenaje hacia el Atlántico podría explicar modificaciones de drenaje local (por ejemplo, una migración hacia el Norte del Río Tietar, como sugería HERNÁNDEZ PACHECO, 1950) pero no explicaría la conservación de los abanicos aluviales finiterciarios. En cuanto al clima, se conocen sus relaciones con la formación de los conos de deyección de la vertiente meridional de la Sierra de Gredos, todos ellos cuaternarios, pero apenas se conoce su influencia en el valle del río Tietar y su margen izquierdo.

Sorprendentemente, se conoce bien la historia sedimentológica del Terciario puede encontrarse un buen sumario en VICENTE (1986) para CAMPO ARAÑUELO o en CALVO et al. (1994) para el conjunto de las cuencas neógenas peninsulares y las superficies de arrasamiento en la región. En consecuencia, hay datos para elaborar modelos sobre la evolución del relieve en el Terciario (GARZÓN 1980) mientras que resulta casi imposible para el Cuaternario.

## CONCLUSIONES

Todas las anteriores observaciones y

ejemplos, tomados de la morfogénesis en la rampa y las cuencas terciarias adyacentes, tienen algunos rasgos en común:

Aparentemente, en los márgenes del Sistema Central, se conservan más rasgos morfológicos del Terciario (según algunos autores se trataría esencialmente de formas originadas en el Paleógeno) que de aquellas formadas durante el Cuaternario.

Sin embargo, hay pruebas de una morfogénesis cuaternaria que nada tiene de atenuada. Las formas resultantes son escasas más por su carácter lineal (asociadas a un tipo de red fluvial distinto del Terciario) que por la ausencia de los procesos que las producen. Probablemente, deberíamos explicar porqué se conservan los arrasamientos antiguos a pesar de la actividad reciente. Más aún, habría que evaluar hasta que punto los relieves antiguos han sufrido modificaciones que pudieran influir en los modelos de evolución del relieve.

Los procesos morfogenéticos cuaternarios pueden responder a causas complejas tectoclimáticas, pero:

(a) El cuadro de evolución climática que permiten sugerir estas formas es siempre más simple que el que muestran las formas de origen climático de las montañas próximas y del entorno continental. El resultado es que aún no han podido correlacionarse las observaciones de ambos terrenos. Hay dos posibilidades, o la sensibilidad del sistema morfogenético de los márgenes es menor o nuestro conocimiento al respecto es todavía escaso.

(b) Los procesos detectados requerirían una actividad tectónica cuaternaria que aún no está demostrada. En este caso, la morfología de los márgenes muestra una sensibilidad muy alta ya que el cuadro tectónico



que sugiere es más complejo que el conocido hasta ahora.

Posiblemente, el abandono del estudio de las formas cuaternarias a mediados de siglo haya provocado la situación actual. Ahora habrá que profundizar en el estudio

del Cuaternario que, en el Macizo Ibérico, parece haber sido más importante de lo que se pensaba, e intentar ajustar la explicación de procesos y relieves con la de la historia tectónica y climática de la región.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACASO E. (1983) *Estudio del Cuaternario en el Macizo Central de Gredos*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Alcalá de Henares (Inédita).
- ACASO E., PEDRAZA J. y CENTENO J. D. (1991). Evolución morfológica del piedemonte meridional de la Sierra de Gredos. *VIII Reunión Nacional sobre Cuaternario*; Valencia.
- ACASO E. y RUIZ M. B. (1985) Secuencia de procesos durante el Cuaternario en el Macizo Central de Gredos (Sistema Central Español) *Actas I Reunión del Cuaternario Ibérico*, vol I, Lisboa.
- CENTENO (1988) *Morfología Granítica de un sector del Guadarrama Occidental*. Editorial de la Universidad Complutense; Colección Tesis Doctorales nº 262/88.
- CENTENO (1989) Evolución Cuaternaria del Relieve en la Vertiente sur del Sistema Central Español. Las formas residuales como indicadoras morfológicas. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 13: 79-88.
- CENTENO y BRELL (1987) Características de las alteraciones de las sierras de Guadarrama y Malagón (Sistema Central Español). *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 12:79-87.
- FERNÁNDEZ P. (1988) *Geomorfología del sector comprendido entre el Sistema Central y el Macizo de Santa María La Real de Nieva (Segovia)* Editorial Complutense, Colección Tesis Doctorales 1988.
- FRAILE M. J., OTERO M. A., Centeno J. D. y PÉREZ-ARLUCEA M (1993). Drainage network and tectonic control in Tietar river basin (western Tajo tertiary basin, Central Spain) *Third International Geomorphology Conference*, p 140.
- GARCÍA BLANCO C., GARCÍA PALACIOS A., HERNANDO L. A., GALLEGO J., TEMIÑO I. (1992). Neotectónica y morfología de la región de Muñico (Avila) *Geogaceta*, 12: 83-86.
- GARZÓN G. (1980) *Estudio geomorfológico de una transversal en la sierra de Gredos oriental. Ensayo de una cartografía geomorfológica*. Tesis Doctoral. Facultad de CC Geológicas. Universidad Complutense de Madrid.
- CARRASCO R. M., PEDRAZA J. y RUBIO J. L. (1991). Actividad tectónica cuaternaria en el Valle del Jerte. *Cuaternario y Geomorfología*, 5(1-4), 15-25.
- HERNÁNDEZ PACHECO F. (1950) Rasgos fisiográficos y geológicos de la Vera, del tramo medio del valle del Tietar y del Campo Arañuelo, *Bol. R. Soc. Española Hist. Nat.*, vol XLVIII, 217-245. Madrid.
- MARTÍN C. (1990) Distensión-compresión en la cuenca de Campo Arañuelo. Implicación cortical. *Geogaceta*, 8: 39-42.
- MOLINA E., BLANCO J. A., PELLITERO E. & CANTANO M. (1986) Weathering processes and morphological evolution of the Spanish Hercinian Massif. In: *International Geomorphology*, Ed. V. Gardiner, 957-977.
- PEDRAZA J. (1976) Algunos procesos morfogenéticos recientes en el valle del Río Alberche: la depresión de Aldea del Fresno-Almorox. *Bol. Geol. y Min.*, Tomo 87-1: 1-12.
- PEDRAZA J. (1984) Domas graníticas de exhumación cuaternaria en la rampa de Cadalso de los Vidrios. *Congreso Español de Geología*, Tomo I: 535-552.
- RUBIO CAMPOS J. C. (1990) *Geomorfología y Cuaternario de las sierras del Barco y de Béjar*. Editorial Complutense. Colección Tesis Doctorales 1990.
- TWIDALE C. R. (1985) Ancient Landscapes: Their nature and significance for the question of inheritance, in *Global Mega-Geomorphology*, NASA Conference Publication 2312, 29-40.
- VICENTE R. (1986) *Hidrogeología de la depresión del Campo Arañuelo*. Tesis Doctoral. Departamento de Geología. Universidad de Alcalá de Henares.

Recibido: 29-VII-94

Aceptado: 30-X-94