

# Interpretación paleoambiental y datación mediante luminiscencia del manto arenoso de la Tierra de Pinares oriental (Segovia)

Palaeoenvironmental interpretation and luminescence dating on the sand cover of the Eastern Tierra de Pinares (Segovia, Central Spain)

A. Díez Herrero (\*) y M.D. Bateman (\*\*)

(\*) Departamento de Medio Ambiente, Facultad de Ciencias, Universidad Europea de Madrid, 28670 Villaviciosa de Odón, Madrid.

(\*\*) Sheffield Centre for International Drylands Research, Department of Geography, University of Sheffield, S10 2TN Sheffield, United Kingdom.

## ABSTRACT

The uppermost sedimentological unit of the «Tierra de Pinares» sand cover, is a widely distributed arkosic sand which covers most of the north of Segovia (Duero Basin, Central Spain). Previous works have identified a number of stratigraphical units, although the absolute age and origin of some of these are equivocal. Detailed investigations of an exposure at Burgomillodo (eastern zone) reveal over 30 m of laminated and cross-bedded sand with evidence of erosion and reactivation phases. Two phases of deposition are identified from seven thermoluminescence dates: an upper unit of ca. 7 ka during the warm-aridity of the Atlantic period and a lower unit between 12-11 ka coinciding with the cold-aridity of the Younger Dryas event. The latter is the dominant phase with at least 25 m of sand deposition. From this, it is concluded that the main phases of aeolian activity in the Eastern Tierra de Pinares coincide with the transition from cold dry to warm dry periods with the palaeo-winds having a strong northerly component.

**Key words:** luminescence dating, sand covers, central Spain.

Geogaceta, 24 (1998), 107-110

ISSN: 0213683X

## Situación geográfica y geológica

La Tierra de Pinares es una comarca natural situada en la submeseta septentrional, comprendiendo parte de las actuales provincias de Segovia, Valladolid y Ávila (Comunidad Autónoma de Castilla y León). Con una extensión de unos 1.000 km<sup>2</sup>, presenta cartográficamente una morfología trapezoidal, elongada en dirección este-oeste, y limitada al este, norte y oeste por los ríos Duratón, Duero y Zapardiel, respectivamente (Fig. 1). La característica más relevante de la comarca, y de la cual toma el nombre, es la presencia de una extensa y continua masa forestal de pino resinero (*Pinus pinaster* Sol. in Aiton), junto al que aparece en menor proporción el pino piñonero (*Pinus pinea* L.).

Geológicamente, se localiza próxima al borde meridional de la cuenca intraplaca cenozoica del Duero, en su límite con el Sistema Central español. La comarca se asienta fundamentalmente sobre materiales sedimentarios pliocenos y cuaternarios de naturaleza detrítica. Estas litologías se encuentran suprayacentes sobre facies conglomeráticas, arenosas, limosas, margosas, yesíferas y calcodolomíticas, que constituyen los depósitos

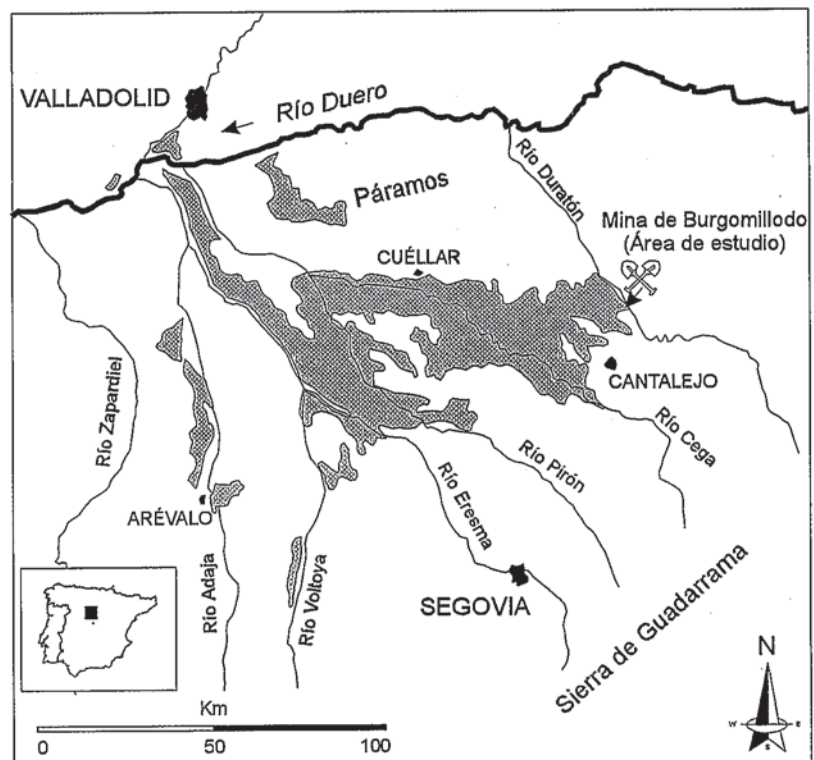


Fig. 1- Mapa de situación del área de estudio, mostrando la distribución del manto arenoso superior de la Tierra de Pinares y el afloramiento de Burgomillodo.

Fig. 1- Location map of the study area showing the distribution of the upper sand unit of the Tierra de Pinares and the Burgomillodo site.

medios y distales de abanicos aluviales paleógenos y miocenos; o sobre materiales propios de los macizos satélites del Sistema Central, tales como: pizarras metamórficas, cuarcitas, granitoides, cuarzoarenitas, areniscas dolomíticas, dolomías, calizas y margas.

Para el estudio sedimentológico del sector oriental de la Tierra de Pinares (área del interfluvio Cega-Duratón) se seleccionó, por la extraordinaria potencia de la serie sedimentaria expuesta, el afloramiento situado en la mina de arenas feldespáticas y silíceas que la empresa INCUSA posee en la localidad segoviana de Burgomillado (Carrascal del Río; Fig.1). Consiste en un talud del frente de explotación ( $X_{UTM} = 425600$ ,  $Y_{UTM} = 4576850$ ,  $Z_{BASE} = 851$  msnm) donde se observa una sucesión de paquetes de arenas finas arcóscas que totalizan casi 35 m de altura desde la plaza de la mina hasta la coronación. Esta anomalía positiva en la potencia de los mantos arenosos respecto a la media (8 m; Temiño *et al.*, 1997) se debe a la existencia de un paleorrelieve negativo en los materiales subyacentes, las dolomías y calizas cretácicas, que trazan un sinclinal asociado a un pliegue monoclinal del macizo satélite de Sepúlveda.

#### Antecedentes, objetivos y metodología del estudio

Los primeros trabajos conocidos de índole geológico-geomorfológica sobre el manto arenoso superficial de la Tierra de Pinares se remontan a mediados-finales del siglo XIX e inicios del XX: Prado (1854) y Cortázar (1891) atribuyen su génesis a aguas corrientes y vientos reinantes, asignándole una edad diluvial; Hernández-Pacheco (1923) relaciona los mantos con vientos dominantes del NO y SE, ríos y torrentes, con una edad de inicios del Cuaternario (distintas glaciaciones) a la actualidad.

Durante la década de los 60 y 70 los estudios se intensifican y concretan. Así, Bravard (1965) afirma que son fruto de la erosión de los materiales miocenos (Cuaternario inferior y medio), y de la acción de los ríos y el viento con oscilación de las condiciones climáticas. Aleixandre *et al.* (1971) mencionan el transporte fluvial (Cuaternario medio) seguido por un retoque eólico, pasando por ciclos secos (desprovistos de vegetación) y húmedos (donde se moviliza el hierro). Casas *et al.* (1972) citan como causa la removilización fluvial, a una distancia corta, de sedimentos eólicos que recubrían el Terciario. Por su parte, Alcalá del Olmo (1972)

recurre nuevamente al transporte eólico y posterior removimiento hidrodinámico. García Abbad y Rey (1973) las atribuye a removilización eólica de facies fluviales (Pleistoceno medio-superior).

Las interpretaciones más modernas datan de la década de los 80 y principios de los 90. Pérez González (1982) menciona una removilización eólica, mediante vientos procedentes del SO, de depósitos de terrazas y arcosas miocenas (Pleistoceno medio-Holoceno). Olivé *et al.* (1982) recurren a la removilización eólica con vientos procedentes del SO (Pleistoceno superior). Calonge (1987) las relaciona con ríos anastomosados y abanicos aluviales (glaciaciones y períodos interglaciares) y una posterior removilización eólica (finiwurmiense), actualmente retocada por vientos holocenos. Otras matizaciones recurren a una removilización eólica por vientos procedentes del SO, con pequeñas fluctuaciones de procedencia occidental y edad Pleistoceno superior-Holoceno (Fernández, 1987; ITGE, 1989). Gutiérrez Elorza (1994) incide sobre la idea de la removilización eólica en condiciones climáticas no excesivamente secas (Pleistoceno medio-actualidad). Por último, Temiño *et al.* (1997) caracterizan el depósito eólico, reconociendo tres niveles de paleosuelos intercalados de edades: 10.200, 6.120 y 2.210-1.490 años B.P.

En vista de la dispersión de ideas existente acerca de la génesis de los mantos arenosos superiores de la Tierra de Pinares, y dada la escasa concreción de su asignación cronológica reflejada en la bibliografía, los principales objetivos del presente estudio son establecer un modelo sedimentológico y paleogeográfico para estas facies en su sector oriental y concretar su datación absoluta.

Además de los clásicos sistemas de recopilación bibliográfica, revisión cartográfica y estudio de itinerarios de campo, las técnicas de trabajo se centraron en dos aspectos: el análisis sedimentológico (levantamiento de columnas y medida de paleocorrientes), y la datación de los materiales mediante termoluminiscencia (toma de siete muestras, tratamiento químico, estimación de ED por el método de dosis aditiva, y análisis ICP-MS); de forma complementaria, se utilizarán informaciones procedentes de técnicas históricas y arqueológicas.

#### Descripción sedimentológica y resultados cronológicos

Como puede comprobarse en el afloramiento de Burgomillado, las arenas ar-

cóscas forman cuerpos irregulares aunque de tendencia planar a modo de mantos subhorizontales de desarrollo lateral métrico a decamétrico. Presentan relaciones de discordancia angular con paleorrelieve respecto a los materiales mesozoicos infrayacentes. Las distintas unidades litológicas reconocidas (hasta nueve, Fig. 2) están separadas por cicatrices erosivas y de reactivación curvas, planares o sigmoidales, en ocasiones relacionadas con *joints* de menor contenido en matriz.

Interiormente se reconocen diferentes estructuras sedimentarias, predominando la laminación cruzada planar (de bajo y alto ángulo), en surco y la laminación paralela (Fig. 2). Los *sets*, con tendencia granodecreciente, se agrupan en *cosets* que quedan comprendidos entre las superficies erosivas y de reactivación. La laminación aparece definida por una alternancia o secuencia de niveles milimétricos (a veces centimétricos) de arenas con mayor o menor contenido en matriz; en otras ocasiones es el propio tamaño de las arenas el que define la laminación. La inclinación de las láminas en los *sets* que configuran la laminación cruzada planar es muy variable, desde unos pocos grados ( $5^\circ$  ó  $6^\circ$ ) a más de una treintena. Las direcciones y sentidos de las paleocorrientes marcan una notable dispersión, no sólo a nivel regional, sino a nivel de afloramiento. Realizada una medición estadística sobre estructuras de las mismas características y dimensiones, se obtuvieron unas modas principales SE-NO y N-S para las laminaciones de bajo ángulo y laminaciones en surco de dimensión decimétrica; y una moda principal SO-NE con elevada dispersión para las laminaciones de alto ángulo en *cosets* de orden métrico.

Los resultados del análisis mediante termoluminiscencia de las siete muestras (BUR1 a BUR7) procedentes del talud de la mina de Burgomillado están reflejados en la Fig. 2. Según los cuadros cronológicos al uso, las edades de las muestras inferiores (BUR1-BUR6) corresponden con el Pleistoceno Superior terminal, en el Tardiglacial wurmiense (estadio isotópico 2), en concreto a los períodos Dryas superior o moderno y Alleröd; arqueológicamente se corresponde con el Paleolítico superior, en concreto al Magdaleniense final. Se trata de un período frío y seco con interestadios más cálidos una vez superado el Pleniglacial superior wurmiense (Dryas inferior o antiguo), un milenio anterior. La parte superior del perfil (BUR7) correspondería al Holoceno, en la etapa Atlántica, inmediatamente anterior al Óptimo Climático Postglacial (5,5 Ka); equivale arqueológicamente al

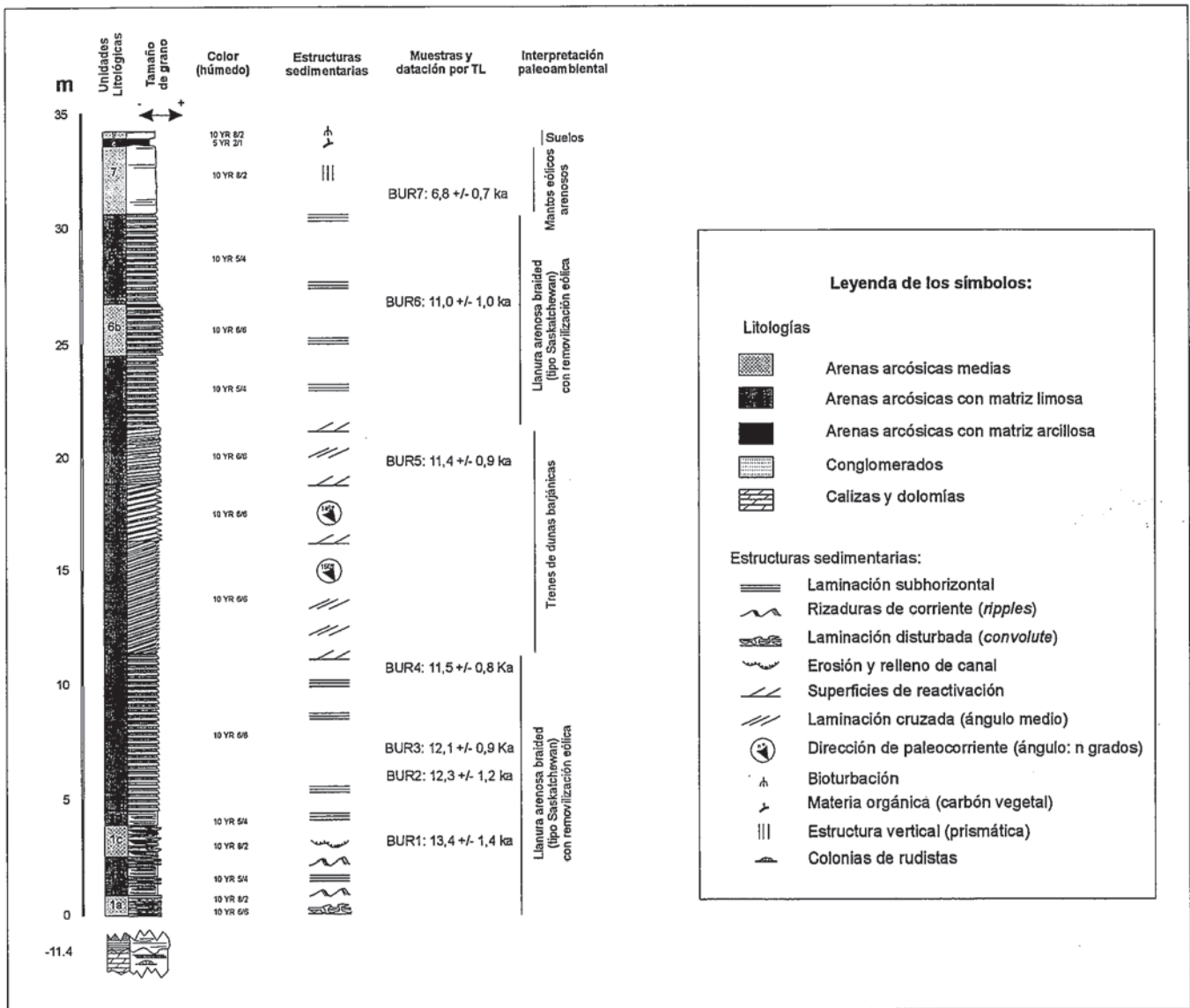


Fig. 2- Columna sedimentológica, localización de las muestras con la datación por luminiscencia, e interpretación paleoambiental basada en las estructuras sedimentarias. Legenda de los símbolos y tramas: Litologías; 1, arenas arcóscas medias; 2, arenas arcóscas con matriz limosa; 3, arenas arcóscas con matriz arcillosa; 4, conglomerados; 5, calizas y dolomías. Estructuras sedimentarias; a, laminación subhorizontal; b, rizaduras de corriente (ripples); c, laminación disturbada (convolute); d, erosión y relleno del canal; e, superficies de reactivación; f, laminación cruzada (ángulo medio); g, dirección de paleocorriente (ángulo, n grados); h, bioturbación; i, materia orgánica (carbón vegetal); j, estructura vertical (prismática); k, colonias de rudistas.

Fig. 2- Site stratigraphy, location of samples for luminescence dating and palaeoenvironmental interpretation based on the sedimentary structures. Legend: Lithologies; 1, medium arkosic sands; 2, arkosic sands with silt matrix; 3, arkosic sands with clay matrix; 4, conglomerates; 5, limestones and dolomites. Sedimentary structures; a, subhorizontal laminae; b, current ripples; c, convoluted laminae; d, scour and fill (channels); e, reactivation surfaces; f, crossbedding; g, palaeocurrent direction; h, bioturbation; i, organic material (charcoal); j, vertical structures (prismatic); k, rudist patches.

Neolítico. El clima se suaviza progresivamente después del tardi- y finiglaciario wurmiense, aunque tiene alguna fase fría, como el llamado avance glaciario de Lartig (6 Ka).  
 Por otra parte, existen datos arqueológicos que pueden contribuir a la datación de los mantos arenosos. El último hallazgo (D. Vega, com. per.) consiste en un enterramiento datado como Edad del Bronce (3.500 B.P.) localizado en unas antiguas areneras de Sanchonuño (Segovia). Está formado por una cavidad sub-

lipsoidal excavada a unos 30 cm bajo el nivel actual de la superficie, de la que tan sólo la separa un nivel de suelo edáfico; en su interior se localizó un esqueleto humano en posición fetal. Los enterramientos no han sufrido signos de removilización por erosión o aterramiento por depósito de arenas, tras su excavación.  
**Modelo paleoambiental propuesto**  
 Durante el Pleistoceno inferior se detecta con claridad en la submeseta norte

la aparición de fases frías y templadas alternantes, reflejo de la sucesión de etapas glaciares-interglaciares que afectaron a Europa septentrional y a gran parte de los macizos montañosos de Europa meridional. El reflejo en el margen centro-meridional de la cuenca del Duero fueron períodos con intenso periglaciario estacional y una continentalización del clima mediterráneo imperante.  
 Sobre los materiales distales de los antiguos abanicos aluviales miocenos se depositan extensos mantos de arenas

arcólicas plio-cuaternarias correspondientes a los sistemas fluviales de canales con baja sinuosidad, múltiples y erráticos (tipo *braided* de arenas, modelo «*Saskatchewan*»); la distancia al área madre y la naturaleza del material de origen justifican la extraordinaria selección de las arenas (unidades 1 y 2, ver Fig. 2). La ausencia de vegetación durante los periodos secos fríos (como el Dryas reciente o superior, Tardiglaciario, unos 11.000 años B.P.) y la persistencia de vientos de componente Oeste-Suroeste por el influjo de la Sierra de Guadarrama en la circulación atmosférica general, llevaron a la removilización superficial de los mantos arenosos depositados por los ríos en sus amplias llanuras arenosas (*sand flats*); de esta forma, en los interfluvios se llegaron a desarrollar procesos mixtos eólicos-arroyada, generando cubetas y ombligos de deflacción y acumulaciones barjánicas (unidades 3, 4 y 5, ver Fig. 2), que sólo tuvieron entidad reseñable allí donde el nivel freático se encontraba suficientemente profundo como para permitir la movilización de las arenas.

Las principales corrientes alimentadoras, de dirección perpendicular a la de transporte eólico, sirven de límite y freno a éste, de forma que los cauces controlan su desarrollo, como es el caso manifiesto de ambas orillas del río Duratón en Carrascal del Río. Muchos depósitos fluviales nunca fueron retrabajados por la acción eólica, fundamentalmente los más profundos; otros, tras ser reelaborados volvían a retransportarse por corrientes fluviales (unidad 6, ver Fig. 2). He aquí el porqué de la complejidad de la exoscopia de los granos de arena, que parecen haber sufrido repetidos procesos superpuestos.

El área de sedimentación de los sistemas fluviales fue restringiéndose más y más con el tiempo, hasta quedar constreñida al propio sistema de terrazas de los principales cursos, mientras que la acción eólica se hacía más eficaz en los interfluvios y alcanzaba los valles, en los que rellenaba cualquier relieve negativo (torrenteras afluentes, cubetas sinclinales, o similares). De esta forma, mientras que en las proximidades de los cauces principales (p.e. actual río Duratón) alternaban la sedimentación fluvial y la removilización eólica a lo largo del Holoceno,

en los interfluvios las interrupciones en la actividad eólica vienen marcadas por el desarrollo de paleosuelos (Temño *et al.*, 1997).

El límite superior de la etapa de removilización eólica, al menos de forma significativa, se localiza a finales del Subboreal con el depósito de mantos arenosos generalizados aunque no muy potentes (unidad 7, ver Fig. 2); esta estabilización podría relacionarse con la época postglaciario Atlántica, en la que se ubica el Óptimo Climático Postglaciario, período cuando la temperatura media llegó a ser dos grados superior a la actual. Y pudo completarse con la llegada del Subatlántico, etapa que se inicia con el llamado período cálido de la era romana (siglos III a.C. a IV d.C.), en la que la vegetación de pinares colonizó y estabilizó las arenas facilitada por las mejores temperaturas y la ausencia de vientos persistentes; incluso se especula con una posible introducción artificial o favorecimiento del pino piñonero durante la época romana. Estas interpretaciones coincidirían con las derivadas del análisis en villas romanas situadas en la Tierra de Pinares, como la de Santa Lucía en el municipio de Aguilafuente (Segovia).

### Conclusión

El depósito de las coberteras arenosas por sistemas aluviales es un proceso dilatado en el tiempo aunque restringido espacialmente, por lo que las facies resultantes pueden considerarse heterócronas, aun presentando similares características petrológicas y sedimentológicas. La removilización eólica de la parte superficial de estos materiales se ha producido de forma desigual, alternante con procesos edáficos en la parte central de los interfluvios desde el Pleistoceno inferior, y sólo recientemente y alternante con procesos fluviales en las proximidades de los principales cauces (Tardiglaciario-Atlántico). Desde el Tardiglaciario wurmiense, y fundamentalmente desde el Óptimo Climático Postglaciario, la removilización eólica de las arenas, debido a la mayor presencia de vegetación y la variabilidad de los vientos, ha estado restringida a

fenómenos tormentosos o ciclónicos puntuales.

### Agradecimientos

Quisieramos agradecer su colaboración y amable trato recibido a los directivos, técnicos y personal de planta de INCUSA (Carrascal del Río) y la Compañía Minera Río Pirón (Navas de Oro); en especial a los Sres. Pérez Cincunegui, Villarig, Salgado y Fernández. Asimismo, su asesoramiento científico a los doctores Javier de Pedraza, José Francisco Martín y Domiciano Vega (arqueólogo municipal de Cuéllar).

### Referencias

- Alcalá del Olmo, L. (1972): *Estudios geol.*, XXVIII: 345-358.
- Aleixandre, T.; Benayas, J y Guerra, A. (1971): *An. Edafol. Agrob.*, 30: 1095-1111.
- Bravard, Y. (1965): *Estudios geog.*, 27: 107-124.
- Calonge, G. (1987): *El complejo ecológico y la organización de la explotación forestal en la Tierra de Pinares segoviana*, Excma. Diputación de Segovia.
- Casas, J., Leguey, S. y Rodríguez J. (1972): *Estudios geol.*, XXVIII: 287-296.
- Cortázar, D. de (1891): *Bol. Com. Mapa Geol. Esp.*, XVII: 190-198.
- Fernández, P. (1987): *Tesis Doctoral*, UCM.
- Gutiérrez Elorza, M. (Coord.) (1994): *Geomorfología de España*.
- García Abbad, F. y Rey, G. (1973): *Bol. Geol. Min.*, 84: 213-227
- Hernández-Pacheco, F. (1923): *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, XXIII: 211-217.
- ITGE (1989): *Mapa del Cuaternario de España*.
- Olivé, A., Portero, J.M., Gutiérrez Elorza, M. y Molina, E. (1982), *Memoria del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000, hoja 455 (Arévalo)*.
- Pérez-González, A. (1982): *1ª Reun. Geol. Cuenca del Duero*: 717-740; 752-753 y 780-795.
- Prado, C. de (1854): *Bull. Soc. Geol. France*, 11: 330-338.
- Temño, J., García-Hidalgo, J.F. y Segura, M. (1997): *Estudios Geol.*, 53: 135-143.