

Las paleoalteraciones sobre el zócalo hercínico ibérico. Aproximación a una interpretación regional a partir de perfiles españoles

The palaeoweatherings on the iberian hercynian basement. Approach to a regional interpretation from some spanish profiles

MOLINA, E.; GARCIA TALEGON, J.; VICENTE, M. A.

The Hercynian basement of the Iberian Peninsula has undergone different stages of supergenic weathering which has given rise to a superposition of several «weathering mantles». Remnants of an old weathering mantle, Mesozoic in age, and related to a planation surface older than the Alpine tectonic phases, have been found. Nowadays the fragments of this old surface appear unlevelled and/or fossilized by younger sediments.

Likewise, related to the «Raña» sediments of Upper Neogene-Lower Pleistocene age, appears a weathering mantle, probably active today, which is rich in kaolinite and with strong hydromorphic features.

Key words: Palaeoweathering, Hercynian basement, Spain.

MOLINA, E. (Dpto. de Geología, Universidad de Salamanca). GARCIA TALEGON, J.; VICENTE, M. A. (Insto. de Recursos Naturales y Agrobiología, CSIC, Salamanca).

INTRODUCCION

La existencia de restos de potentes perfiles de alteración desarrollados sobre los diferentes tipos de materiales de nuestro zócalo hercínico ha sido señalada por varios autores desde antiguo (KUBIENA 1954; BISDOM 1967; DAVEAU 1969; RIEDEL 1973; SAAVADRA et al. 1978), pero el estudio de su significado dentro del contexto geológico general de la Península se plantea especialmente a partir de la década de los ochenta (MOLINA & BLANCO 1980; GARCÍA ABBAD & MARTÍN SERRANO 1980; BLANCO et al 1982; MARTÍN SERRANO 1988).

Éste es un trabajo de síntesis a partir de datos publicados en trabajos anteriores en colaboración con otros autores (MOLINA et al. 1990; VICENTE et al 1991; MOLINA et al 1991; ESPEJO et al. 1992; VICENTE et al 1893) y de datos nuevos. En él se intenta hacer una interpretación regional a partir de perfiles de alteración desarrollados sobre distintas litologías del zócalo hercínico Ibérico y bajo coberteras diferentes.

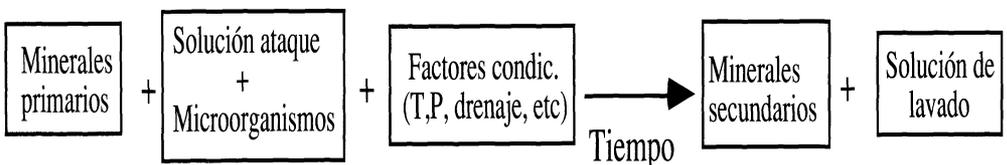
Los métodos utilizados han sido fundamentalmente químicos (determinación de los elementos mayores), mineralógicos (difracción de RX) y micromorfológicos, tanto del material litificado como del material alterado, embutido en plásticos especiales.

FUNDAMENTOS TEORICOS DEL ESTUDIO DE LAS ALTERACIONES SUPERFICIALES

La alteración supergénica o «Meteorización» la podemos definir como el resultado de la actuación de los agentes exógenos sobre el material geológico de la superficie terrestre. Se origina por el desequilibrio termodinámico entre el medio exterior y el medio geológico y tiene por resultado la aparición de nuevos productos y estructuras que tienden al equilibrio con las condiciones exógenas. La meteorización tiene tres modalidades de actuación: física, química y bioquímica, y la importancia o el predominio de cada una de ellas está en función de las condiciones de la roca de partida o «Roca Madre» (textura, estructura y composición), de las condiciones exógenas (clima, cobertera vegetal, drenaje) y el tiempo de actuación. A estos factores hay que añadir hoy la actividad humana que condiciona en mayor o menor medida a los anteriores.

Siguiendo a PÉDRO (1993), estas reacciones pueden esquematizarse según una ecuación del tipo:

Teniendo en cuenta que la mayoría de los materiales de nuestro zócalo hercínico son rocas silíceas, el principal proceso de alteración es la hidrólisis y el resultado final es la disolución de los silicatos primarios, pudiéndose distinguir los siguientes casos:



— Disoluciones congruentes, en las que se destruye totalmente la estructura cristalina del mineral que se disuelve (p. ej. la disolución del cuarzo)

— Disoluciones incongruentes, en las que el mineral primario se disuelve dejando restos, más o menos modificados, de su antigua estructura formando otro mineral distinto (p. ej. alteración de las micas a kaolinitas).

En las alteraciones superficiales se originan procesos de reemplazamiento isovolumétrico de los minerales primarios por otros minerales secundarios de manera que las estructuras de la roca original no presenten modificaciones aparentes. Sin embargo a nivel químico y cristalográfico puede haber modificaciones importantes (p. ej. cuarzo reemplazado por calcita).

A nivel del paisaje, el resultado de las alteraciones supergénicas es el «manto de alteración», concepto más amplio que el de «suelo» en sentido edáfico, al cual incluye; su potencia puede variar desde unos centímetros a varias decenas de metros y su extensión puede llegar a ser de varios millones de km². El ordenamiento en la vertical de las distintas facies de la alteración u «horizontes» es lo que se denomina «perfil» cuyo estudio es obligado para interpretar las alteraciones actuales y pasadas.

De acuerdo con MACÍAS (1991) en un perfil de alteración debemos distinguir dos partes principales, Fig. 1: una superior o de alteración edáfica s.s. y otra inferior o de alteración geoquímica s.s. Entre ambas existe una zona intermedia en la que intervienen las dos. Considerando largos periodos de tiempo y a nivel global, el dominio de una con respecto a otra depende principalmente del clima. En condiciones frías, donde la materia orgánica se mineraliza muy lenta-

mente, el manto de alteración está controlado por los procesos de edafogénesis en todo su grosor, siendo éste poco importante. Por el contrario en condiciones tropicales *s. l.*, con perfiles de varias decenas de metros y en el que la materia orgánica se mineraliza rápidamente, los procesos geoquímicos son los más importantes.

Desde un punto de vista morfológico los mantos de alteración son entes dinámicos ya que se destruyen en su parte superior y se regeneran lentamente en su parte inferior («frente de alteración») a expensas de la roca madre (Fig.1). Bajo climas agresivos, este hecho lleva consigo un hundimiento diferencial del manto lo que, con tiempo suficiente, determina una profunda modificación en el relieve (MOLINA 1991; NAHON 1991; TARDY & ROQUIN 1992). Este proceso, repetido durante largos periodos geológicos, es una de las causas principales del aplanamiento de los zócalos y zonas estables de la corteza (MILLOT 1980; MILLOT et al 1976).

LAS ALTERACIONES ASOCIADAS A LAS SILICIFICACIONES DEL BORDE S.O. DE LA CUENCA DEL DUERO

En las provincias de Zamora, Salamanca y Avila existen restos de importantes alteraciones en el zócalo hercínico que aparecen silicificadas a techo y/o cubiertas por sedimentos continentales de carácter siderolítico también silicificados hacia su parte superior (BUSTILLO & MARTÍN SERRANO 1980; MARTÍN SERRANO 1988). Según ARENILLAS y SAAVEDRA (1982) la primera cita sobre la existencia de niveles silicificados en la provincia de Avila se debe a MARTÍN DONAYRE (1879) pero su estudio detallado se ha seguido hasta la

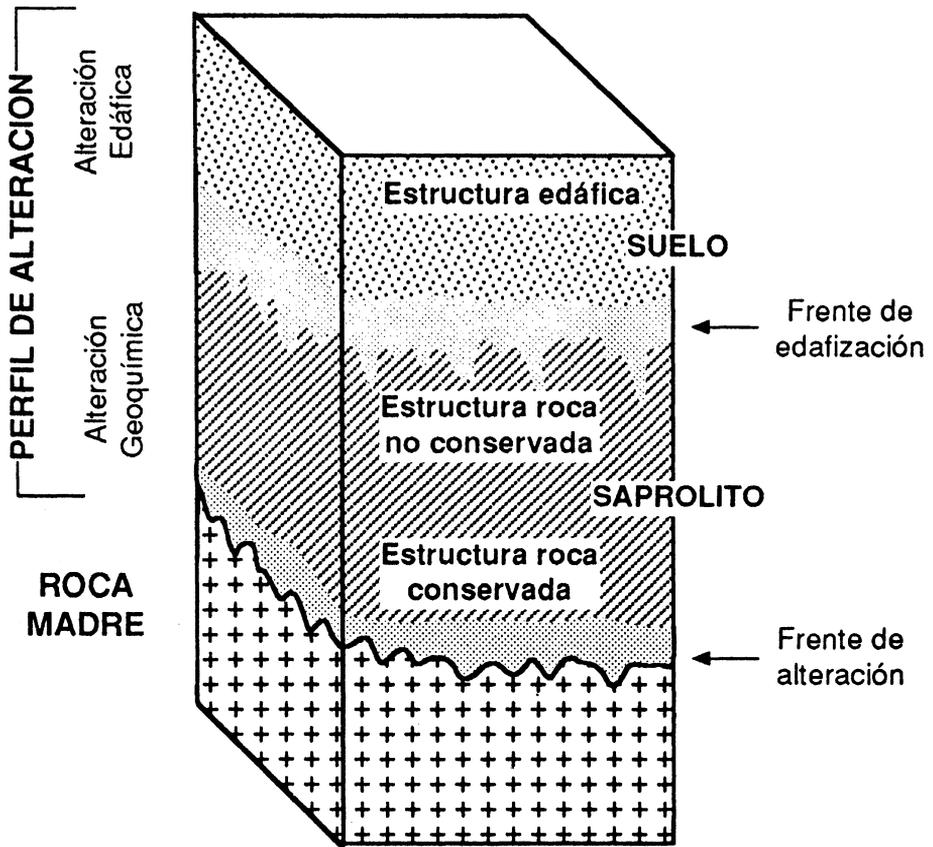


Fig. 1. Perfil teórico de alteración con sus diferentes niveles u «horizontes» más característicos.

actualidad (BARRAS, 1903; RUBIO et al. 1935; UBANELL et al. 1978; MARFIL et al. 1980; SAAVEDRA et al. 1985; MADRUGA 1991; GARCÍA TALEGÓN et al. 1992; ANTONA et al. 1993). En las otras dos provincias citadas los restos de la cobertera sedimentaria aparecen mejor conservados observándose que su potencia aumenta hacia el E. Los procesos posteriores a la sedimentación, y que aparecen relacionados con la silicificación del techo de esta cobertera, han sido datados por BLANCO et al. (1982) entre los 67 y los 58 M.a.; es decir, la edad de estos depósitos es anterior y algunos autores (MOLINA et al. 1989) los relacionan con la sedimentación mesozoica.

Esta serie siderolítica fosiliza los restos de un potente manto de alteración del zócalo que ha sido estudiado en distintos perfiles y cuyos datos aparecen publicados en varios trabajos (MARTÍN SERRANO 1988; BLANCO 1991 a, b; MOLINA & MARTÍN SERRANO 1991; MOLINA 1991; GARCÍA TALEGÓN et al. 1993). La relación entre este manto, la serie siderolítica y la silicificación aparece representada esquemáticamente en la Fig 2. En ella se destaca que la silicificación es en realidad otra alteración la cual es discordante con relación al manto de alteración fosilizado por la serie siderolítica. También intentamos expresar que, hacia el O., vamos a encontrar la superposición de ambas alteraciones, lo que hace difícil su estudio. El manto de silicificación está asociado al desarrollo de una superficie general de aplanamiento (Fig. 2) de edad anterior a las principales fases de la tectónica alpina, apareciendo hoy basculada, truncada y/o fosilizada por sedimentos más recientes (MARTÍN SERRANO, 1988; MOLINA 1991).

LAS ALTERACIONES QUE APARECEN BAJO LAS COBERTERAS DE RAÑAS EN LOS PIEDEMONTES DE LOS MONTES DE TOLEDO

En la región de Los Montes de Toledo uno de los rasgos más característicos de su paisaje es el desarrollo de grandes plataformas de piedemonte que aparecen colgadas unos 150-200 m. por encima de los ríos de la zona. Estas plataformas son el techo de unos depósitos detríticos rojos, en general poco potentes, que denominamos «Rañas». El término fue introducido en la literatura geológica por J. GÓMEZ DE LLARENA en 1916, tomando el nombre con el que los habitantes del lugar denominan a estos planos elevados. En la región, el zócalo hercínico que aparece bajo dicha cobertera (Fig. 3) presenta un manto de alteración de grosor muy variable, pudiendo ser de unos 2-3 m. en el menor de los casos, pero en muchos lugares puede superar los 20 m.

El estudio de varios perfiles profundos desarrollados sobre el complejo esquisto-grauváquico y/o sobre granodioritas (VICENTE et al. 1991; MOLINA et al. 1991) revela que en ellos hay que distinguir tres niveles.

— Nivel inferior. En él se respeta la estructura de la roca pero muchos minerales ya están alterados: las cloritas pasan a dar hinchables a 14 Å y las plagioclasas presentan un comienzo de kaolinización.

— Nivel medio. En las granodioritas la estructura de la roca se conserva pero con una fuerte pérdida de materia (20-40 %), todas las plagioclasas se han kaolinizado y las microclinas comienzan a alterarse. En el complejo esquisto grauváquico la estructura de la roca es difícilmente identificable; hay un enriquecimiento en kaolín y desapa-

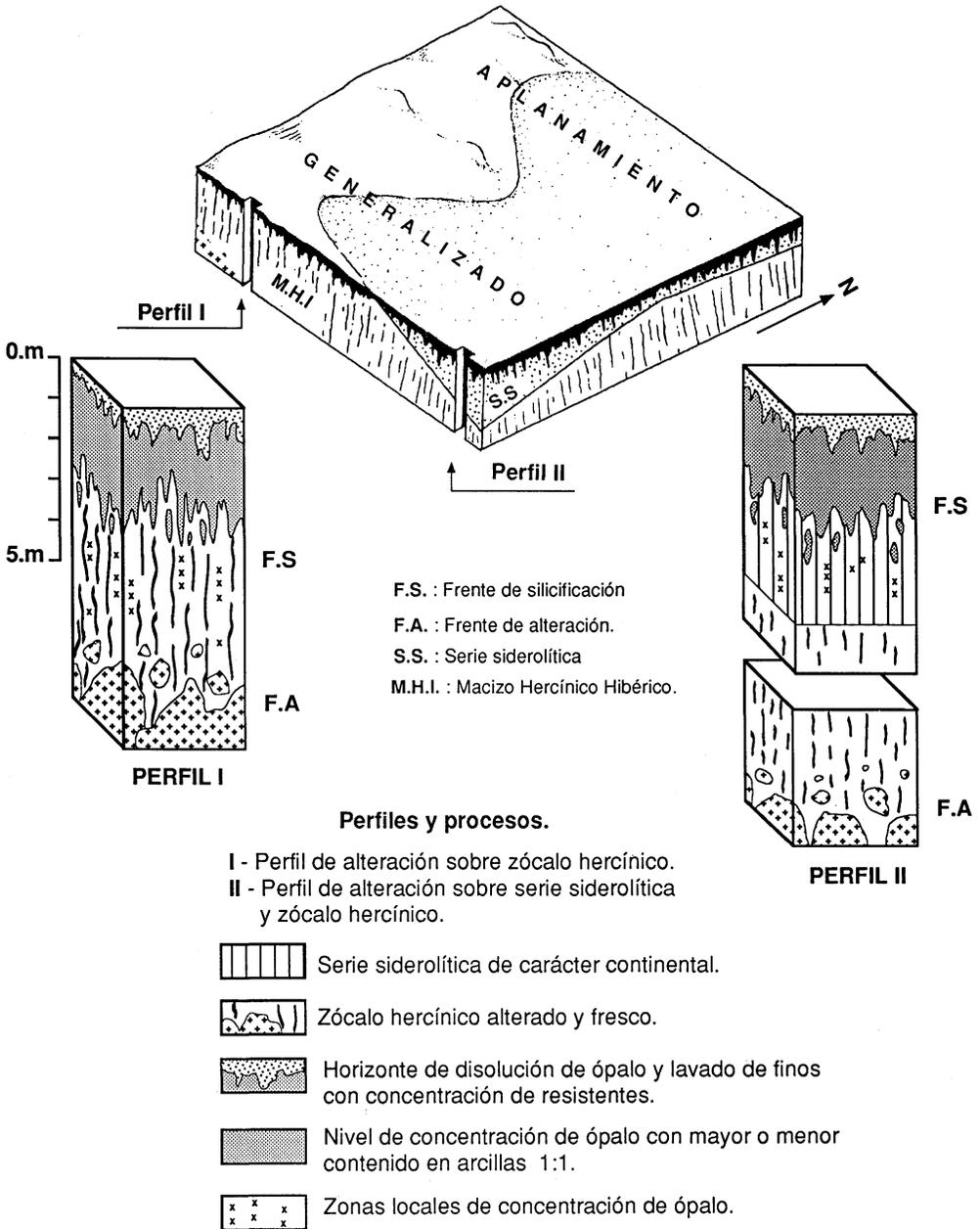
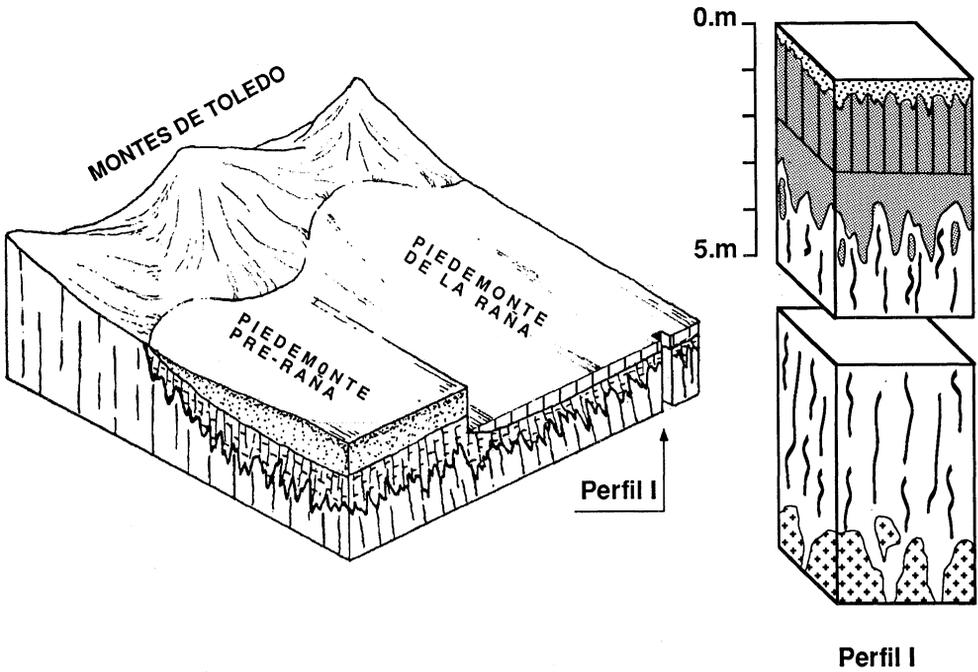
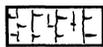


Fig. 2. Esquema del contacto entre el zócalo hercínico, al O., y los sedimentos siderolíticos de la Cuenca del Duero, al E. Relación entre las alteraciones, los sedimentos y el relieve de la zona, con anterioridad a las etapas principales de la Orogenia Alpina.



-  Sedimentos detríticos de la Raña.
-  Series Neógenas.
-  Zocalo Hercínico alterado.

Procesos de alteración y cambios mineralógicos

-  Horizonte superficial de concentración de resistentes gruesos por lavado de finos.
-  Nivel superior de alteración rico en caolinita y con rasgos hidromorfos.
-  Nivel de alteración heredada rico en hinchables a 14 Å.
-  Roca madre.

Fig. 3. Esquema de la situación actual del piedemonte N. de los Montes de Toledo. Relación entre el manto de alteración sobre el zócalo hercínico, la cobertera de sedimentos neógenos y las Rañas.

recen las cloritas, siendo el hinchable a 14 Å el filosilicato dominante. Existe asimismo un enriquecimiento en Fe libre y reducción en el contenido de iones móviles como el Na⁺, Ca⁺⁺, etc.

— Nivel superior. La estructura de la roca original desaparece totalmente y es sustituida por una nueva estructura más o menos columnar en cuyas fisuras y grietas aparecen fuertes rasgos de hidromorfía y materiales alóctonos: recubrimientos de materia orgánica, arcillas, oxihidróxidos, etc. Hay fuerte reducción del contenido en microclinas, micas dioctaédricas, desaparición del hinchable a 14 Å, aparición de vermiculitas y un brusco aumento de kaolinitas y de Fe libre.

La bibliografía de los suelos sobre Raña en esta región (ESPEJO 1978, 1986, MONTURIOL 1984; PARDO et al 1993) nos indica un grado de evolución de éstos muy marcado, con fuerte carácter ácido y movilidad del Fe y Al, hechos que son típicos a techo de nuestras alteraciones. Los estudios que hemos realizado en varios perfiles de la región nos han demostrado que el nivel con fuertes rasgos hidromorfos, y que aquí denominamos «nivel superior», siempre aparece bajo formaciones de Raña, independientemente de que existan o no los otros niveles, observándose siempre una continuidad en los procesos que afectan a la base de la Raña y los que afectan al techo del zócalo fosilizado.

En la zona de tránsito entre los Montes de Toledo y la llanura de La Mancha, entre las localidades de Mora de Toledo, Tembleque y Ocaña, la alteración fosilizada por las Rañas situadas más al O. aparece aquí bajo los sedimentos neógenos del borde occidental de la Cuenca Manchega. En conclusión debemos distinguir dos alteraciones:

— Una más antigua y profunda que se localiza tanto bajo la Raña como bajo sedimentos anteriores, pudiéndose comprobar lateralmente que se trata del mismo manto de alteración.

— Otra más reciente que afecta a la cobertera de Raña y a la parte más superior del zócalo que fosiliza.

A MODO DE CONCLUSION

En las dos zonas estudiadas el zócalo hercínico aparece afectado por la superposición de varios mantos de alteración cuyas edades son difíciles de precisar hasta el momento. Lo que sí podemos afirmar es que el más antiguo es de edad mesozoica *s.l.* Sobre él hay otro manto de alteración de carácter general el cual lleva consigo una importante movilización de ópalo y está asociado con el desarrollo de una superficie de aplanamiento sobre el zócalo y sobre la serie siderolítica. Algunos autores (CORROCHANO & REIS, 1986; REIS et al. 1992) relacionan esta silicificación por ópalo con el «silcreto» encontrado en el Cretácico Superior (Campaniense) de Portugal y asociado con una importante discontinuidad, lo que daría una edad finimesozoica a esta superficie.

Todos estos hechos son anteriores a las etapas principales de deformación de nuestro zócalo por la Orogenia Alpina.

En Los Montes de Toledo la alteración fosilizada por las Rañas es anterior a los sedimentos del Neógeno de esta zona. Por el contrario la más reciente es posterior a la sedimentación de la Raña, pudiendo correlacionarse con la «alteración ocre» de MARTÍN SERRANO (1988) y, en muchos aspectos, parece que sigue siendo funcional en la actualidad.

AGRADECIMIENTOS

Gran parte de las ideas y de las conclusiones aquí expuestas son consecuencia de la realización de varios trabajos de investigación a lo largo de estos últimos años, los cuales han sido subvencionados por la

CICYT (Proyecto PAT91-1507-C03-03-CE) y por la Comisión de las Comunidades Europeas (Proyecto STEP, CT90-0101).

Asímismo agradecemos a D. I. Romero su interés en la realización de los esquemas presentados.

BIBLIOGRAFIA

- ANTONA F. J., FALICK A. E., GARCIA SANCHEZ A. & GARCIA TALEGON J., 1993. $d^{18}O$ and dD in opal and kaolinite from La Colilla, Avila. En: *Alteración de granitos y rocas afines*. Ed. M.A. Vicente Hernández, E. Molina Ballesteros, y V. Rives Arnau, Publ. C.S.I.C., Madrid, 133-138.
- ARENILLAS M. & SAAVEDRA J., 1982. Sobre la génesis y evolución de materiales silicificados prelucecienses del centro-oeste de España (Provincias de Avila, Salamanca y Zamora). *Boletín de Información y Estudios del Servicio Geol. del M.O.P.U.* 42, 69-85.
- BARRAS F., 1903. Algunas observaciones sobre los granitos de Avila. *Bol. R. Soc. Esp. de Hist. Nat.*, 3, 110-112.
- BISDOM E. B. A. 1967. Micromorphology of a weathered granite near the Ría de Arosa (NW Spain). *Leidse Geologische Mededelingen*, 37, 34-67.
- BLANCO SANCHEZ J. A. 1991 a). Los procesos de alteración en las cuencas terciarias meseteñas. En: *Alteraciones y Paleoalteraciones en la Morfología del Oeste peninsular. Curso Monográfico*. Salamanca, Ed. I.T.G.E. y S.E.G., Monografía n° 6, 45-67.
- BLANCO SANCHEZ J. A. 1991 b). Primera parada. Los procesos de silicificación asociados al Paleógeno basal del borde SW de la Cuenca del Duero: I Sobre alteritas preterciarias del zócalo hercínico. En: *Alteraciones y Paleoalteraciones en la Morfología del Oeste peninsular. Curso Monográfico*. Salamanca, Ed. I.T.G.E. y S.E.G., Monografía n° 6, 199-209.
- BLANCO J. A., CORROCHANO A., MONTIGNY R. & THUIZAT R., 1982. Sur l'âge du debut de la sedimentation dans le bassin tertiaire du Duero (Espagne). Attribution au Paléocène par datation isotopique des alunites de l'unité inferieure. *C. R. Acad. Sci. Paris.*, 295, 559-562.
- BUSTILLO M. A. & MARTIN SERRANO A. 1980. Caracterización y significado de las rocas silíceas y ferrugionosas del Paleoceno de Zamora. *Tecniterrae*, 36, 1-16.
- CORROCHANO A. & REIS R. PENA DOS, 1986. Analogías y diferencias en la evolución sedimentaria de las Cuencas del Duero, Occidental portuguesa y Lousa (Península Ibérica). *Studia Geologica Salmanticensis*, 22, 309-326.
- DAVEAU S. 1969.- Structure et relief de la Serra da Estrela, *Finisterra*, 4, (7), 31-63; 4, (8-9), 159-197
- ESPEJO SERRANO R. 1978.- *Estudio del perfil edáfico y caracterización de las superficies tipo Raña del sector Cañamero-Horcajo de los Montes*. Tesis Doctoral E.T.S. Ingenieros Agrónomos, Univ. Politécnica de Madrid (No publ.).
- ESPEJO SERRANO R. 1986. Procesos edafogenéticos y edad de las formaciones tipo Raña relacionadas con las estratificaciones meridionales de Montes de Toledo. *Anales de Edafología y Agrobiología*, 45, (5-6), 655-680.
- ESPEJO R., MOLINA E. & VICENTE M. A., 1992. Mecanismos fundamentales de alteración sobre el Macizo Hercínico Ibérico. *III Congr. Geol. de España y VIII Congr. LatinoAmer. de Geología, Salamanca*, Simposios Tomo 1, 216-224
- GARCIA TALEGON J., MOLINA E. & VICENTE M. A. 1991. Weathering processes in granites. *Proceeding of the 7th Euroclay Conference*, Desden, Greifswald, 2, 405-409.
- GARCIA TALEGON J., IÑIGO A. C., MOLINA E., RIVES V. & VICENTE M.A. 1993. Granitos empleados en la catedral de Avila: Características

- de los materiales de cantera. En *Alteración de granitos y rocas afines*. Ed. M.A. Vicente Hernández, E. Molina Ballesteros, y V. Rives Arnau, Publ. C.S.I.C., Madrid, 125-127.
- GOMEZ DE LLARENA J., 1916. Bosquejo geológico geográfico de los Montes de Toledo. *Tabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales* (Ser. Geol.) 15, 74 p.
- KUBIENA W. L., 1954. Über reliktboden in Spanien. In: *Angewandte Pflanzensoziologie*. Festschrift Aichiger, Klagenfuth 1954, 213-224.
- MACIAS VAZQUEZ F. 1991. Alteración y edafogénesis de rocas plutónicas y metamórficas. En: *Alteraciones y Palealteraciones en la Morfología del Oste peninsular. Curso Monográfico*. Salamanca, Ed. I.T.G.E. y S.E.G., Monografía nº 6, 121-159.
- MADRUGA REAL F. 1991. *Rocas opalinas del Oeste de España. Aplicaciones como materiales de construcción y evaluación de su puzolanicidad por técnicas conductivimétricas*. Ed. Consejería de Fomento, Junta de Castilla y León, Valladolid.
- MARFIL R., BUSTILLO A. & GARCIA PALACIOS M.C. 1980. Morfología y génesis de caolinitas en rocas silicificadas de la provincia de Avila. *Clay Minerals*, 15, 249-262.
- MARTIN DONAYRE F., 1879. Descripción física y geológica de la provincia de Avila. *Mem. Com. Mapa Geol. de España*, 294 p.
- MARTIN SERRANO GARCIA A., 1988. *El relieve de la región occidental zamorana. La evolución geomorfológica de un borde del Macizo Hespérico*. Ed. Insto. de Estudios Zamoranos «Florián de Campos», CSIC, Diputación de Zamora.
- MILLOT G., 1980. Les grandes aplanissements des socles continentaux dans les pays subtropicaux, tropicaux et désertiques. *Mem. H. Ser. Soc. Géol. de France*, 10, 295-305
- MILLOT G., BOCQUIER G & PAQUET H., 1976. Géochimie et paysages tropicaux. *La Recherche*, 65, (7), 236-244.
- MOLINA BALLESTEROS E. 1991. *Geomorfología y Geoquímica del Paisaje*. Acta Salmanticensis, Biblioteca de Las Ciencias, 72. Ed. Universidad de Salamanca.
- MOLINA E. & BLANCO J.A., 1980. Quelques précisions sur l'altération du Massif Hercynien Espagnol. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 290, 1293-1296.
- MOLINA E., VICENTE M. A., CANTANO M. & MARTIN SERRANO A., 1989. Importancia e implicaciones de las paleoalteraciones y de los sedimentos siderolíticos del paso Mesozoico-Terciario en el borde SO de la Cuenca del Duero y Macizo Hercínico Ibérico. *Studia Geologica Salmanticensis*, Vol. especial 5, 177-186.
- MOLINA E., CANTANO M., VICENTE M. A. & GARCIA GONZALEZ P., 1990. Some aspects of paleoweathering in the Iberian Hercynian Massif. *Catena*, 17, 333-346.
- MOLINA E., GARCIA GONZALEZ M. T. & ESPEJO R., 1991. Study of paleoweathering on the Spanish Hercynian Basement. Montes de Toledo (Central Spain). *Catena*, 18, 345-354.
- MOLINA E. & MARTIN SERRANO A., 1991. Paradas 5 y 6. Dos perfiles de alteración sobre el complejo esquisto grauváquico, Salamanca. En: *Alteraciones y Palealteraciones en la Morfología del Oste peninsular. Curso Monográfico*. Salamanca, Ed. I.T.G.E. y S.E.G., Monografía nº 6, 251-262.
- MONTURIOL RODRIGUEZ F., 1984. Capítulo 1º: Suelos. En: *Estudio agrobiológico de la provincia de Toledo*. Ed. Insto. Provincial de Invest. y Est. Toledanos, Diputación Prov. de Toledo. 19-146.
- NAHON D. B., 1991. *Introduction to the Petrology of Soils and chemical weathering*. John Wiley & Sons, New York.
- PARDO E., GALLARDO J., PEREZ GONZALEZ A. & GOMEZ MIGUEL V., 1993. Variedad morfológica de suelos en el pie de monte de la Raña de la vertiente Norte de los Montes de Toledo. En: *La Raña en España y Portugal*. Monografías nº 2. Ed. A. Pinilla, Centro de Ciencias Medioambientales C.S.I.C., Madrid. 149-157.
- PEDROG., 1993. Un phénomène normal de la surface de la planète: L'altération des roches. En: *Alteración de granitos y rocas afines*. Ed. M.A. Vicente Hernández, E. Molina Ballesteros, y V. Rives Arnau, Publ. C.S.I.C., Madrid, 17-50.
- REIS R. PENA DOS, CORROCHANO A., BERNARDES C.A., PROENÇA CUNHA M.P.R.R. & DINIS J.M.L., 1992. O Mesozoico da margem atlântica portuguesa. III Congr. Geol. de España y VIII Congr. LatinoAmer. de Geología, Salamanca, Guía de Excursiones, 115-138.
- RIEDEL W. 1973. Bodengeographie des Kastilischen und Portugiesischen Hauptscheidergebirges. *Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft*. 62, 161 p.
- RUBIO D. J., ALVARADO A., & SAMPELAYO P. H. 1935. Explicación del nuevo Mapa Geológico de España a escala 1:1.000.000. Memoria del I.G.M.E., 528 p.
- SAAVEDRA J., GALLARDO J., GARCIA SANCHEZ A. & SANCHEZ CAMAZANOM., 1978.

- Nota adicional. Precisiones sobre la presencia de gibbsita en suelos del Oeste de España. *Anales de Edaf. y Agrobiol.*, 37, 1077-1082.
- SAAVEDRA J., GARCIA A., ROMERO J. & CARRION F., 1985. Las silicificaciones del valle de Amblés. Inmediaciones de Avila. *Bol. Geol. y Minero*, 96, (4), 437-443.
- TARDY Y. & ROQUIN C., 1992. Geochemisry and evolution of lateritic landscapes. In: *Developments in Earth Surface Processes II. Weathering Soils and Paleosols*, Ed. I.P. Martini and W. Chesword. Elsevier, Amsterdam, 407-444.
- UBANELL A. G., GARZON G., DE LA PEÑA J. A., BUSTILLO M.A., & MARFIL R. 1978. Estudio de procesos de alteración hidrotermal en rocas graníticas y sedimentarias (Provincia de Avila). *Estudios Geológicos*, 34, 151-160.
- VICENTE M. A., MOLINA E. & ESPEJO R., 1991. Clays in paleoweathering processes: Study of a typical weathering profile in the hercynian basement in the Montes de Toledo (Spain). *Clay Minerals*, 26, 81-90.
- VICENTE M. A., MOLINA E., ESPEJO R. & PARDO E., 1993. Caracterización de tres frentes de alteración que afectan a otros tantos materiales bajo la Raña de Hiendelaencina (Guadalajara). En: *La Raña en España y Portugal*. Monografías nº 2. Ed. A. Pinilla, Centro de Ciencias Medioambientales C.S.I.C., Madrid. 139-148.

Recibido: 11-III-94

Aceptado: 10-V-94