

MINERALOGÍA DE LOS SUELOS DEL SISTEMA DE TERRAZAS DEL RÍO TAJO: PROCEDENCIA E ÍNDICES DE ALTERACIÓN (ZONA DE LAS CONFLUENCIAS DEL RÍO JARAMA Y EL RÍO ALBERCHE)

Pardo García, E.; Roquero García-Casal, E.

Dpto. de Edafología, E.T.S.I. Agrónomos. U.P.M. 28040 Madrid

Abstract: Heavy minerals composition have been studied in soils developed on Tajo river terraces, between Jarama and Alberche rivers confluences. We have characterized the mineralogical composition, and we have applied a weathering index. The mineralogical association in the Añover-Toledo sector is formed by staurolite, garnet, turmaline, zircon, and variable contents of apatite and epidote. In the Talavera sector, the heavy minerals associations show an important content of biotite y moscovite, related to the Alberche contribution, and garnet, turmaline and staurolite when the Tajo contribution dominates. The zircon+turmaline/garnet+staurolite index shows good results, increasing with the age of the terrace levels. Moreover this index shows concordant values for the terraces with same chronology in both sectors.

Key words: heavy minerals, Tajo river terraces, Pleistocene, provenance, weathering index

Resumen: Se estudia y compara la composición de los minerales pesados en el sistema de terrazas del Tajo en dos sectores, el denominado Añover-Toledo, que abarca el tramo comprendido entre las confluencias del río Jarama y el arroyo Guatén en el Tajo, y el sector Talavera, al oeste de la confluencia del Alberche, entre las desembocaduras de los ríos Sangrera y Pusa. Por un lado se caracteriza la procedencia en ambos sectores, y por otro se aplica un índice de alteración para evaluar el grado de alteración de los perfiles y su relación con la edad. La asociación mineralógica del Tajo en el sector Añover-Toledo, está constituida por estaurolita, granate, turmalina, y circón, y contenidos variables de epidota y apatito que están relacionados con el aporte del arroyo Guatén. En el sector de Talavera las asociaciones de minerales pesados presentan un contenido importante de biotita y moscovita, relacionada con el aporte del Alberche, y granate turmalina y estaurolita, asociadas al aporte del Tajo. Por otro lado el índice de alteración turmalina+circón/estaurolita+granate, presenta buenos resultados, aumentando en función de la edad de las superficies de las terrazas, en ambos sectores, además de presentar valores concordantes en los niveles de similar cronología en ambos sectores del valle del Tajo.

Palabras clave: minerales pesados, terrazas, Tajo, Pleistoceno, procedencia, índice de alteración.

INTRODUCCIÓN

En la Cuenca del Tajo son numerosas las referencias al estudio de minerales pesados en

distintos tipos de depósitos. Estos son fundamentalmente niveles de terrazas de distintos ríos, y especialmente en los afluentes más importantes del Tajo, entre ellos Henares, Jarama,

Manzanares (Benayas et al., 1960; Pérez-Mateos y Benayas, 1963; Aleixandre et al., 1977).

En los últimos años se ha prestado especial atención a la caracterización de los depósitos de rañas y dentro de esta caracterización general han sido abundantes los estudios realizados con objeto de determinar su composición mineralógica (Pérez-Mateos et al., 1970; Aleixandre y Pinilla, A, 1990; Aleixandre y Pinilla, 1993 y Pardo 1995). Otros trabajos han tratado la diferenciación mineralógica encontrada entre los depósitos de terraza y los de raña (Pinilla y Aleixandre, 1988; Pardo et al., 1997).

El análisis de la composición mineralógica es interesante en dos aspectos. Uno se relaciona con la búsqueda del área fuente y el otro como criterio taxonómico para definir el carácter

paleico de los suelos alterados (Soil Survey Staff, 1992). Como consecuencia de que los procesos de formación del suelo afectan a la composición mineralógica del material parental.

La zona de estudio (Figura 1) se enmarca en la Cuenca del Tajo y dentro de ésta, más concretamente, en dos áreas: un tramo aguas abajo de la confluencia del río Jarama (cercano al núcleo de Añover de Tajo), y hasta la confluencia del arroyo Guatén, (zona que denominamos en este trabajo sector Añover-Toledo), y otro, al oeste de la confluencia del río Alberche, entre las desembocaduras de los ríos Sangrera y Pusa, que se corresponde con la zona que denominamos sector Talavera.

En este trabajo se estudia la composición de los minerales pesados en distintos niveles de terrazas del Tajo, con el fin de determinar la

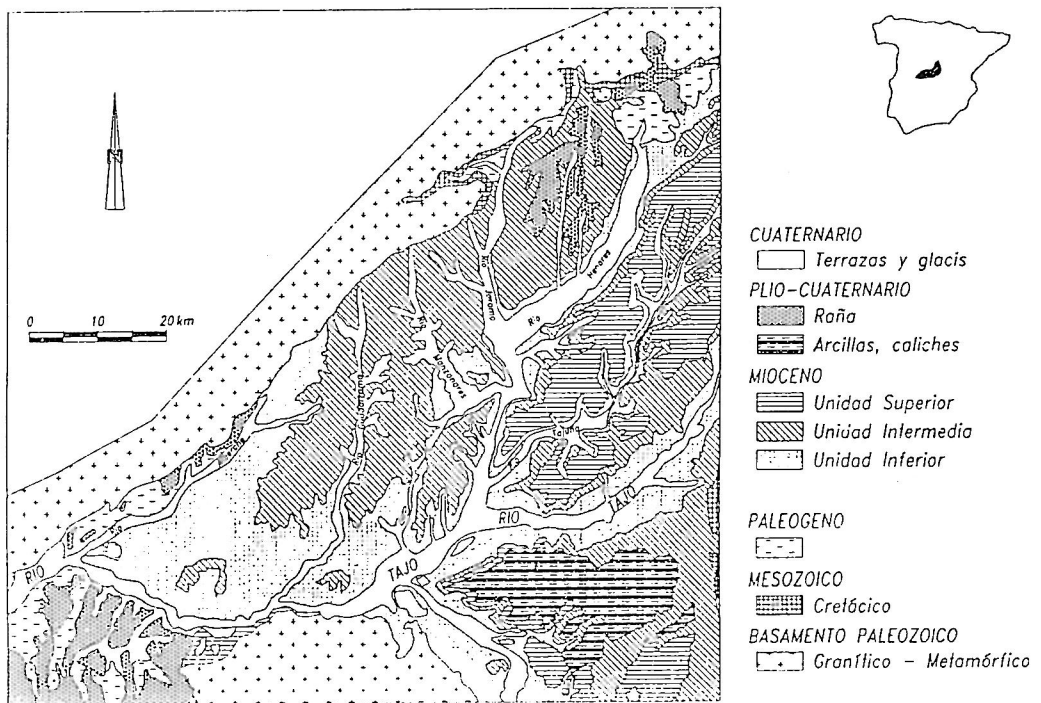


Fig. 1. Localización del área y esquema estratigráfico

influencia y las diferencias, si existen, en función de los afluentes que confluyen en él. Por otro lado se evalúa el grado de alteración de los perfiles, a partir del índice zircón+turmalina/granate+estauroлита.

MATERIALES Y MÉTODOS

Debido a la complejidad que supone comparar zonas tan heterogéneas, se han seleccionado, en síntesis, para este trabajo tres niveles de terrazas en cada uno de los dos sectores estudiados. Así, en el sector de Talavera hemos considerado los niveles representados por las terrazas situadas a +135m (perfil P-16, Palexeralf petrocálcico), +35-40m (perfil 22, Palexeralf petrocálcico) y +10m (perfil 4, Haploxeralf cálcico) correspondientes al Pleistoceno Inferior, Medio y Superior respectivamente (Pérez González et al., 1991). En el sector Añover-Toledo hemos seleccionado los niveles de terraza de +75-80m (perfil Y-15 Rhodoxeralf cálcico), +28-30m (perfil Y-22 Palexeralf petrocálcico) y +14-16m (perfil Y-20 Rhodoxeralf cálcico) correspondientes al Pleistoceno Inferior, Medio y Superior respectivamente (Roquero et al., 1997). Las secuencias de horizontes de estos perfiles están constituídas por un horizonte superficial ócrico, un horizonte argílico, y un horizonte cálcico, que cuando está cementado corresponde a un horizonte petrocálcico, y finalmente, el horizonte C representado por el material original, formado por cantos y gravas de cuarzo, cuarcita, a veces sílex, empastados en una matriz arenosa. Por tanto los perfiles seleccionados corresponden al suborden Xeralf (Soil Survey Staff, 1992), siendo el grupo Haploxeralf o Palexeralf dependiendo del desarrollo del horizonte argílico y/o de la presencia del horizonte petrocálcico, y Rhodoxeralf cuando se caracterizan por su grado de enrojecimiento. Finalmente la presencia de un horizonte cálcico o petrocálcico y su profundidad, determina el subgrupo. (Pardo, 1995; Roquero et al., 1997).

Para el análisis mineralógico se obtuvieron muestras de cada uno de los horizontes diferenciados (excepto en los horizontes petrocálcicos en los que el grado de cementación impide la separación de las fracciones granulométricas). Con estas muestras se procedió a la separación de la fracción arena (0,2-0,05mm) por tamizado. La muestra así obtenida se sometió a varios lavados con ditionito-citrato-bicarbonato (Jackson, 1968) para destruir los recubrimientos de óxidos de hierro. Posteriormente se procedió a la separación de minerales pesados por sedimentación en líquidos densos (Bromoformo, densidad 2,8 gr/cc). La muestra obtenida se montó en un portaobjetos y fue estudiada utilizando un microscopio petrográfico, según la metodología de Pérez-Mateos (1964)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Procedencia y evolución durante el Cuaternario

La asociación de minerales pesados en el sector de Añover-Toledo obtenida a partir de los horizontes C de los perfiles de los suelos seleccionados (Tabla 1) muestra en general un dominio de estauroлита, granate y turmalina. Esta asociación corresponde a los niveles del Pleistoceno Medio y Superior, invirtiéndose los contenidos en el nivel del Pleistoceno Inferior donde hemos establecido la asociación turmalina-estauroлита-zircón (granate). El mayor contenido de turmalina y zircón junto con la disminución de granate es consecuencia de la mayor resistencia a la alteración, generándose una concentración de los minerales más estables en los niveles y depósitos de mayor edad.

Como minerales acompañantes, y con variaciones apreciables en los contenidos, aparecen la zoisita, la andalucita y la sillimanita, asociadas generalmente a áreas fuente metamórficas y la primera también a zonas de alteración de rocas ígneas.

Destaca además como mineral acompa-

Tabla 1: Porcentaje de minerales pesados de los perfiles estudiados en las terrazas del río Tajo en el sector de Añover-Toledo y de Talavera (- ausente; * ca: carbonatos)

| Perfil | Horiz. | Turnm. | Granat. | Zircon | Rut. | Esta. | Andal. | Sil. | Dist. | Biot. | Mosc. | Chor. | Epi. | Apa. | Zoi. | Esf. | Broq. | Mona. | Opacos |
|-----------------|--------|--------|---------|--------|------|-------|--------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|---------|
| Y-20 +14-16m | A | 21,0 | 36,0 | 5,0 | - | 18,0 | - | 4,0 | 3,0 | - | - | 2,0 | - | - | 11 | - | - | - | 91 |
| | AB | 11,0 | 7,3 | 12,9 | - | 17,0 | - | - | 1,2 | 3,6 | 1,2 | 3,6 | 2,4 | - | 21,9 | 1,2 | 2,4 | - | 148 |
| | Bt | 12,0 | 31,8 | 4,3 | - | 18,6 | - | 3,2 | 1,0 | 4,3 | - | 2,1 | 2,1 | 1,0 | 6,5 | 2,1 | 6,3 | 1,0 | 90 |
| | K | 4,2 | 14,0 | 11,0 | - | 30,9 | 1,4 | 7,0 | - | 4,2 | - | - | 2,8 | - | 1,4 | 4,2 | 7,0 | 4,2 | 80(*ca) |
| | Ck | 8,3 | 23,3 | 8,3 | - | 46,6 | 1,6 | 1,6 | - | - | - | - | - | - | 5,0 | - | 1,6 | - | 78(*ca) |
| Y-22 +28-30m | Ap | 7,0 | 24 | 18,0 | - | 15,0 | - | 4 | - | 3 | - | - | - | 12 | 7 | 2 | - | 4 | 106 |
| | Bt | 10,2 | 22 | 4,4 | - | 29,4 | 1,4 | 2,9 | - | 8,8 | - | - | - | 7,3 | 13,2 | - | - | - | 52 |
| | Ck | 12,5 | 27,2 | 4,5 | - | 32,9 | - | 1,1 | - | - | - | 1,1 | - | 7,9 | 1,1 | - | - | - | 70(*ca) |
| | 2Bib | 13 | 26,0 | 9,0 | 1 | 12,0 | 4 | 5 | - | 1 | - | - | 8 | - | 12 | 8 | 1 | - | 108 |
| | 2Ck | 24,4 | 12,7 | 5,3 | - | 21,2 | - | 3,1 | 1 | - | - | - | 7,4 | 3,1 | 13,8 | 2,1 | - | 5,3 | 68(*ca) |
| Y-15 +75-80m | A | 34,0 | 21,5 | 6,8 | - | 12,7 | 4,9 | 4,9 | - | - | - | - | 1,9 | - | 0,9 | - | 1,9 | 8,8 | 102 |
| | AB | 21,0 | 18,8 | 12,0 | - | 24,4 | 1,1 | 3,3 | 3,3 | - | - | - | 2,2 | - | 12,2 | - | - | 2,2 | 83 |
| | Bt | 23,0 | 28,0 | 10,0 | - | 30,0 | 5,0 | 5,0 | 1,0 | 2,0 | - | - | 4 | 1,0 | 6 | 1 | - | 2,0 | 93 |
| | K | 25,0 | 26,2 | 5,0 | - | 2,6 | 3,7 | 3,7 | - | 2,5 | - | - | - | - | 5 | - | - | 2,5 | 53(*ca) |
| | Ck | 22,0 | 12,0 | 17,0 | - | 25,0 | 3,0 | 9,0 | - | - | - | - | 5 | - | 8 | - | 1 | 1,0 | 109 |
| P-4 +5-10 m | Ap | 26,4 | - | 8,3 | - | 26,4 | 1,4 | - | - | - | 1,4 | - | 5,6 | - | 26,9 | - | - | - | 46,7 |
| | A12 | 12,1 | 19,2 | 8,1 | - | 14,1 | - | - | 1,0 | 18,2 | 11,1 | - | 2,0 | 5,1 | 9,1 | - | - | - | 31,7 |
| | Bt | 9,6 | 31,9 | 14,9 | - | 13,8 | 1,1 | - | 1,1 | 7,4 | 1,1 | - | - | 3,2 | 13,4 | - | - | - | 33,3 |
| | Ck1 | 17,4 | 31,5 | 9,8 | - | 17,4 | - | - | 1,1 | 1,1 | 1,1 | - | 5,4 | 1,1 | 14,1 | - | - | - | 27,6 |
| P-22 +35-40m | Ap | 14,0 | 23,7 | 10,8 | - | 17,2 | 2,2 | - | - | 1,1 | 1,1 | 3,2 | 1,1 | 14,0 | 9,7 | - | 3,2 | - | 27,9 |
| | A12 | 2,2 | 18,7 | 3,3 | - | 5,5 | - | 1,1 | 1,1 | 20,9 | - | 1,1 | 3,3 | 4,4 | 8,8 | - | - | - | 18,8 |
| | 2Bt1 | 8,6 | 22,6 | 12,9 | - | 16,1 | 7,5 | - | - | 3,2 | 8,6 | 4,3 | - | 7,5 | 6,5 | - | - | - | 48,9 |
| | 2Bt2 | 3,8 | 9,6 | 3,8 | - | 4,8 | 17,3 | - | - | 18,3 | 9,6 | 1,0 | 3,8 | 9,6 | 16,3 | - | 1,0 | - | 33,3 |
| P-16 +135 | 3C | 3,8 | 15,4 | - | - | - | - | - | - | 38,5 | 30,8 | 3,8 | - | 3,8 | 3,8 | - | - | - | 23,5 |
| | Ap | 6,0 | 13,0 | 21,0 | - | 18,0 | 3,0 | 2,0 | - | 4,0 | 12,0 | - | 2,0 | 2,0 | 9,0 | - | 2,0 | - | 50 |
| | Bt | - | - | 4,1 | - | 1,6 | - | 0,8 | - | 9,8 | 78,0 | 4,6 | - | - | 0,8 | - | - | - | 28,1 |
| Ck | 2,2 | 65 | 8,7 | - | 1,1 | 2,2 | 1,1 | - | - | 21,7 | 32,0 | 20,7 | - | - | 3,3 | - | - | - | 39,5 |

ñante el apatito en el nivel de terraza correspondiente al Pleistoceno Medio, que asociamos al aporte del arroyo Guatén (antiguo valle del Manzanares, Silva et al, 1988, Palomares y Silva, 1991) procedente del drenaje de áreas graníticas, y que sin embargo no aparece en los otros niveles de terraza localizados aguas abajo de la confluencia del Jarama, pero previos a la desembocadura del arroyo Guatén. Igual interpretación realizamos para la presencia significativa de epidota, a la que ya Pérez Mateos y Vaudour (1972) consideraron ausente en valle del Jarama (estos autores determinaron la presencia de epidota en los depósitos del río Manzanares y en la Depresión Prados-Guatén, sin embargo consideraron esta depresión como un cambio lateral de facies, no admitiendo la posibilidad de un antiguo valle del Manzanares).

En el sector de Talavera, no existe una homogeneidad tan clara en las asociaciones de minerales pesados a lo largo del Pleistoceno. Parte de estas variaciones mineralógicas pueden estar relacionadas con el hecho de que los niveles de terraza del Pleistoceno Medio y Superior no constituyen depósitos exclusivos del Tajo, sino que corresponden a planos aluviales construídos por el Alberche y el Tajo (Pérez González et al, e.p.). Así, la asociación de minerales pesados para el nivel del Pleistoceno Inferior es: moscovita-biotita-clorita, para el nivel del Pleistoceno Medio es biotita-moscovita y granate, y finalmente, granate-turmalina-estauroлита en la terraza del Pleistoceno Superior.

Estas asociaciones tan variadas no son fáciles de interpretar, sobre todo si se tiene en cuenta la mezcla de aportes que se supone afecta a los niveles de terraza del Pleistoceno Medio y Superior (Pérez González et al, e.p.). De acuerdo con los datos obtenidos por estos autores, la asociación de minerales pesados para el río Alberche está constituida por moscovita-biotita-turmalina (con una presencia variable de epidota y apatito, especialmente en los depósitos más jóvenes), lo que justificaría en parte un mayor aporte del Alberche en el nivel de terraza de +35-40 m, y un predominio

de aportes del Tajo en el nivel del Pleistoceno Superior puesto que la asociación de minerales pesados en ésta última coincide con la obtenida en el sector Añover-Toledo. La asociación correspondiente al Pleistoceno Inferior es más próxima a las características mineralógicas del Alberche, lo que sugiere la posibilidad de una variación en la posición de la antigua confluencia del río Alberche en el Tajo. La otra posibilidad sería relacionar el predominio de micas como procedente de los Montes de Toledo, pero al menos los datos para el río Sangrera muestran una asociación del tipo turmalina-apatito-andalucita, sin que la biotita y la moscovita aparezcan ni siquiera como acompañantes.

En cuanto a las diferencias mineralógicas que hemos detectado entre los dos sectores, destacamos:

- Porcentaje más elevado de opacos en el sector Añover-Toledo.

- No se han descrito esfená y monacita en el sector de Talavera.

- Valores más bajos en las proporciones de estauroлита en Talavera (resultado de la concentración del resto de otros minerales pesados). De los otros minerales de origen metamórfico, la sillimanita y la distena sólo aparecen como trazas en Talavera, y la andalucita presenta contenidos menores y con tendencia decreciente en ambos sectores.

- La diferencia más importante cuantitativamente entre ambos sectores radica en la presencia y contenido de micas, con un predominio de la biotita sobre la moscovita en el sector de Talavera, frente a la rara presencia de la biotita y la ausencia de moscovita en el sector de Añover Toledo. Destaca especialmente la biotita cuya escasa presencia en el sector aguas abajo de la confluencia del Jarama se explicaría por su moderada estabilidad y su posible desagregación mecánica ligada a la erosión y transporte de los materiales: la biotita, abundante en el río Jarama tanto en cabecera como tras la confluencia con el Lozoya (Aleixandre et al, 1977), (procedente de las áreas ígneo-metamórficas del sector oriental del Sistema Central) disminuye tras la confluencia

cia con el Henares, y no aumenta de forma considerable a pesar del aporte del Manzanares de acuerdo con los datos de Pérez Mateos y Benayas (1963). Por tanto inicialmente tras la confluencia del Jarama en el Tajo, los contenidos en biotita ya son mucho menores.

2. El grado de alteración y su evolución durante el Cuaternario

La edafogénesis del suelo afecta a la composición mineralógica del material parental, uno de estos efectos es la disminución con el tiempo de la diversidad de minerales primarios (heredados de la roca). Con excepción de ambientes áridos y semiáridos, a igual material parental, se aprecian mayores proporciones de minerales resistentes en la fracción arena del suelo desarrolladas sobre aquellas superficies más antiguas y estables. En consecuencia, en toda sucesión de superficies morfológicas con análogas litologías -niveles de terrazas, en nuestro caso- pueden observarse variaciones en la mineralogía de la fracción arena de sus suelos que permitirán definir niveles de edad.

Con el fin de evaluar el grado de alteración de los suelos, hemos calculado el índice de Díaz y Torrent (1987), representado por el valor obtenido del cociente $\text{circón} + \text{turmalina} / \text{estaurolita} + \text{granate}$. La Tabla 2 muestra los valores obtenidos para los horizontes argílicos de ambas secuencias. La aplicación del índice en los horizontes superficiales (A, Ap, AB) no es útil, debido a la modificación de

los horizontes superficiales: los perfiles que observamos en la actualidad, son los mejor preservados, pero existen indicios evidentes de truncamientos parciales, removilización, (al menos del horizonte superficial) y en algunos casos de recubrimiento, por lo que no corresponden al perfil original totalmente preservado.

En cuanto a los valores obtenidos para los horizontes argílicos en el sector Añover-Toledo, (Tabla 2) el citado índice de alteración presenta una clara tendencia a incrementarse con la edad, aunque conviene destacar el caso del perfil desarrollado en el nivel de terraza del Pleistoceno Medio, que al estar constituido por materiales superpuestos (con sus respectivos ciclos edáficos) el valor del índice en el horizonte Bt desarrollado en el material más reciente es menor, con las implicaciones que sugiere en cuanto a la posibilidad de que la edafogénesis de este material sea más próxima en edad al Pleistoceno Superior.

En el sector de Talavera el índice para los horizontes argílicos presenta la misma tendencia que en el caso anterior, con valores similares para los perfiles del Pleistoceno Medio y Superior, y un valor marcadamente más alto para el perfil más antiguo. La complejidad edafogenética del perfil localizado en el nivel de terraza del Pleistoceno Medio, en el que existen evidencias de sucesivas superposiciones de materiales originales, es la causa más probable de que el valor del índice se aproxime al valor del índice del suelo desarrollado en la terraza más joven.

Tabla 2: Valores del índice de alteración en los horizontes argílicos de los perfiles estudiados

| Sector | AÑOVER-TOLEDO | | | TALAVERA | | |
|--|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | Pleist. Sup. | Pleist. Med. | Pleist. Inf. | Pleist. Sup. | Pleist. Med. | Pleist. Inf. |
| Índice ($\text{circón} + \text{turmalina} / \text{estaurolita} + \text{granate}$) | 0,32 | 0,43 | 0,57 | 0,53 | 0,53 | 2,6 |

CONCLUSIONES

Las asociaciones de los minerales pesados en el las terrazas de la cuenca media del río Tajo son resultado de la mezcla de aportes del sistema Jarama-Henares-Manzanares, y una intervención local de otros afluentes. La asociación mineralógica en el sector Añover-Toledo, está constituida por estaurólita, granate, turmalina, y circón. Aparecen contenidos variables de epidota y apatito cuando existe un aporte del arroyo Guatén. En el sector de Talavera, la composición mineralógica está principalmente influida por el río Alberche; las asociaciones de minerales pesados presentan en general un contenido importante de biotita y moscovita, y granate turmalina y estaurólita, cuando hay un aporte mayoritario del Tajo.

Por otro lado el índice de alteración turmalina+circón/estaurólita+granate, presenta buenos resultados, aumentando en general en función de la edad de las superficies de las terrazas, en ambos sectores, además de presentar valores concordantes en los niveles de igual cronología en ambos sectores del valle del Tajo. Cuando existen perfiles poligénicos, el valor del índice puede no ajustarse a este incremento con la edad del suelo.

BIBLIOGRAFIA

- ALEIXANDRE, T.; PÉREZ GONZÁLEZ, A.; PINILLA, A.; GALLARDO, J. (1977). Características mineralógicas del sistema fluvial Jarama-Henares. Actas II Reunión Nacional del Grupo Español de Trabajo del Cuaternario. En: *Trabajos sobre el Neógeno Cuaternario*, 6: 9-17.
- ALEIXANDRE, T. y PINILLA, A. (1990). Mineralogía de suelos sobre raña en los valles del Jarama-Henares (Guadalajara). Actas de la 2ª Reunión del Cuaternario Ibérico. *Cuaternario y Geomorfología* 4: 37-46
- ALEIXANDRE, T. y PINILLA, A. (1993). Aspectos mineralógicos y granulométricos de suelos desarrollados sobre la Raña de Guadalajara. La Raña en España y Portugal. I Simposium sobre la Raña, *Monografías del Centro de Ciencias Medioambientales*, 2: 261-272. C.S.I.C. Madrid.
- BENAYAS, J.; PEREZ-MATEOS, J. y RIBA, O. (1960). Asociaciones de minerales detríticos en los sedimentos de la Cuenca del Tajo. *Anal. de Edaf. y Agrobiol.* XIX:634-670
- DIAZ, C. y TORRENT, J. (1987). *Catena*, 16, 291-299
- JACKSON, M.L. (1968). Weathering of primary and secondary minerals in soils. *Trans. Int. Congr. Soil Sci.*, 4, 281-292
- PALOMARES, M.; SILVA, P.G. (1991). Estudio textural y composicional de los depósitos arcósicos fluviales de la depresión Prados-Guatén y su relación con el río Manzanares. VII Reunión Nacional sobre Cuaternario, Valencia
- PARDO, E. (1995). Morfología, Mineralogía y Génesis de los suelos desarrollados sobre distintas superficies morfológicas relacionadas con la vertiente Norte de los Montes de Toledo. Tesis Doctoral. U.C.M.
- PARDO, E.; MARFIL, R. y ESPEJO, R. (1997). Mineralogía de arenas y edad de una secuencia de superficies entre el río Tajo y los Montes de Toledo. *Geogaceta*, 22, 139-142.
- PEREZ GONZÁLEZ, A.; GALLARDO, J.; SILVA, P.G. (en prensa). Cartografía geológica y geomorfológica y memorias de la Hoja 16-25 Talavera de la Reina. Mapa geológico de España. E: 1/50000 (2ª Serie). I.T.G.E., MINER.
- PEREZ MATEOS, J. y BENAYAS, J. (1963). Contribución al estudio de la mineralogía de las terrazas del Manzanares, Jarama y Henares. *Anal. de Edaf. y Agrob.*, XXII, 9-10: 453-463.
- PEREZ MATEOS, J. (1964). Análisis mineralógico de arenas. Manuales de Ciencia del Suelo, nº1, CSIC, Madrid, 265 pp.

- PEREZ MATEOS, J.; MONTURIOL, F.; BENAYAS, J. (1970). Estudio morfológico y microscópico de los planosuelos sobre la raña de Guadalajara. *An. Edaf. y Agrob.*, **29**, 865-83.
- PÉREZ MATEOS, J.; VAUDOUR, J. (1972). Estudio mineralógico y geomorfológico de las regiones arenosas al sur de Madrid. *Est. Geol.* **28**, 201-208.
- PINILLA, A. y ALEIXANDRE, T. (1988). Estudio comparativo de la alteración mineral de suelos desarrollados sobre raña y terrazas (provincia de Guadalajara). *Actas del II Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo*, Sevilla, **1**: 523-529.
- ROQUERO, E.; GOY, J.L.; ZAZO, C. (1997). Nuevos índices cronológicos de evolución de los suelos en terrazas fluviales. *Est. Geol.* **53**, 3-15.
- SILVA, P.G.; GOY, J.L.; ZAZO, C.; HOYOS, M.; ALBERDI, M.T. (1988). El Valle del Manzanares y su relación con la depresión Prados-Guatén durante el Pleistoceno Inferior (Madrid, España). *II Congreso de Geología de España*, Comunicaciones, **1**, 403-406.
- SOIL SURVEY STAFF. (1992). Keys to Soil Taxonomy, 5th edition. SMMS technical monograph No 19. Blacksburg, Virginia. Pocahontas Press, Inc. 556 pp.
-