

**TRANSECTO DE SUELOS  
DEPRESION DEL EBRO-MONCAYO**

**F. CARCELLER \***

**J. LIZEAGA \***

**J. LLOVET \***

**J. MALUQUER \***

**T. SAURAS \***

**V. R. VALLEJO \***



## **TRANSECTO DE SUELOS DEPRESION DEL EBRO-MONCAYO**

**F. CARCELLER \***

**J. LIZEAGA \***

**J. LLOVET \***

**J. MALUQUER \***

**T. SAURAS \***

**V. R. VALLEJO \***

### **SUMMARY**

A climatic sequence of soils from the Ebro Valley to the Moncayo Mountains has been studied for the characterisation of pedogenetic processes. Major soil formation factors vary widely: precipitation ranges from less than 400 mm. to more than 1000 mm.; parent material are gypsum, limestones and acidic sandstones.

In the drier area (Ebro Basin), the dominant process is gypsum and soluble salt dissolution and leaching in the upper slopes and salt accumulation down slope in the depressions resulting in saline soils development. The accumulation of salts has been enhanced by irrigation.

On hard limestones and semiarid climate, calcareous colluvial soils coexist with older decarbonated reddish-brown shallow soils.

In the bottom of the Moncayo Mountains, little differentiated deep calcareous soil

\* Depto. de Biología Vegetal. Facultad de Biología. U. de Barcelona. Diagonal 645, 08028 Barcelona.

has been developed from marls. On the acidic materials, the pedogenetic processes follow an altitude sequence, ranging from illuviated soils in the lower slopes to podzolic soils in the upper forested slopes.

## INTRODUCCION

El conjunto formado por el macizo del Moncayo y las tierras que lo circundan ofrece unas condiciones excepcionales de contraste geológico, edáfico y bioclimático, concentrado en un área de reducida extensión. Los gradientes existentes son, probablemente, únicos en la península Ibérica.

La tipificación de los suelos se ha abordado a través de un transecto, seleccionado a partir de la información de base sobre substrato litológico, características climáticas y tipo de vegetación. Se presentan los resultados agrupados en las dos grandes unidades biogeoclimáticas de la zona de estudio: Depresión del Ebro y Moncayo (incluyendo el Somontano).

## ZONA DE ESTUDIO

Se han muestreado áreas de la Depresión del Ebro próximas al Moncayo, de manera que presenten la máxima diversidad litológica; estas condiciones se encuentran entre Ablitas (Navarra) y El Buste (Zaragoza). Se continúa el transecto hacia el Somontano, vertiente norte del Moncayo y, finalmente, vertiente castellana del macizo.

## METODOS

Los métodos analíticos utilizados son:

Granulometría por el método de la pipeta (DUPUIS, 1969), las fracciones extraídas son: AG = Arena gruesa, AF = Arena fina, LG = Limo grueso; LF = Limo fino, A = Arcilla a partir de los porcentajes de las diferentes fracciones se halla la textura; los tipos de textura que encontramos en las tablas son los siguientes: A = Arenosa, F-A = Franco arenosa, F = Franca, F-A-AR = Franco-arenoso-arcillosa, F-L = Franco-limosa, L = limosa, AR = Arcillosa; para los colores se utiliza la tabla Munsell; C y N totales se determinaron por el analizador elemental NA-1500 del Servicio de Análisis de la Facultad de Biología (U. de Barcelona);  $\text{CaCO}_3$  total por el calcímetro (ALLISON y MOODIE, 1965) y el de las fracciones granulométricas por acidimetría (DUPUIS, 1969); el C orgánico se obtiene como diferencia entre el C total y el C de los carbonatos; la materia orgánica a partir del factor  $1,724 \times \text{C}$ ; pH suspensión 1:2,5 y medida con electrodo de vidrio (C.M.A. del I.N.E.A., 1973); la CE se mide del extracto de pasta saturada, del que también se analizan los aniones por cromatografía iónica (Casals, 1985); yesos por insolubilización con acetona (USDA, 1973); en suelos calcáreos, los cationes de cambio (Ca, Mg, K) se extraen con acetato sódico a pH 8,2 y la C.I.C. con extracción posterior con acetato amónico a pH 7,0; el Na de cambio con acetato amónico a pH 7,0

(USDA, 1973); en suelos ácidos, Ca, Mg, K, Na y Al de cambio se extraen con cloruro amónico (ESPIAU y PEDRO, 1980); los cationes metálicos se han determinado por fotometría de llama y absorción atómica en el Servicio de Espectroscopía de la Universidad de Barcelona; acidez extractable (AE) por cloruro de Bario/trietanolamina a pH 8,2 (PEECH et al., 1947); Fe y Al se han extraído por el método del ditionito-citrato (HOLMGREN, 1967) y del pirofosfato (USDA, 1973); análisis de los elementos mayores por fluorescencia de rayos-X en el servicio de espectroscopía (UB); extracción y fraccionamiento de los compuestos húmicos según DABIN (1976). La denominación de los horizontes se han realizado de acuerdo con los criterios del CPCS (1967).

## RESULTADOS

### Area de la Depresión del Ebro

El valle del Ebro está excavado, en este sector, en sedimentos miocenos que siguen la disposición típica de cuenca: en el borde se depositan sedimentos detríticos en facies aluvial, conglomerados y areniscas, producto de la erosión de la sierra del Moncayo situada al sur, pasando a sedimentos fluviolacustres, arcillas y areniscas fundamentalmente, y a sedimentos de precipitación química en régimen evaporítico, yesos y calizas lacustres; las calizas forman muelas que resaltan sobre el valle (muela del Buste); asimismo, los niveles de yesos de la formación yesos de Monteagudo, superpuesta a niveles arcillosos, forman pequeñas plataformas o mesas entre las que se encuentran valles que adquieren un cierto carácter endorreico.

Las condiciones climáticas son de una aridez acusada, con precipitaciones alrededor de los 400 mm. y una fuerte evapotranspiración. En consecuencia, la edafogénesis será lenta y predominarán, de manera general, los procesos de acumulación de sales sobre los de percolación. No obstante, los procesos anteriores presentan una clara componente topográfica.

Una primera catena de suelos se situaría en la unidad funcional plataforma yesífera-cuenca endorreica.

**Perfil M-1.** Situación hoja 320. Cart. Mil. Coordenadas U.T.M.: XM153511  
Altitud: 370 m. Pendiente: 0° Orientación: S-SW.

El perfil M-1 se ha excavado sobre margas yesíferas, en la plataforma de ablitas. La vegetación está constituida por un tomillar gipsícola claro. La situación topográfica culminar permite la exportación de las sales solubilizadas en el proceso de alteración del sustrato litológico concomitante a la génesis del suelo. En este suelo, la sal dominante es el yeso que se debe acompañar de cantidades menores de sales más solubles. La distribución del contenido en yeso del perfil demuestra la fuerte pérdida de yeso del horizonte A11, a pesar de la escasa pluviosidad existente. La CE corresponde prácticamente a la solubilidad del yeso, con lo que el suelo no presenta problemas de salinidad.

El suelo se clasifica como yesífero rendsiniforme según la C.P.C.S. (1967), Torriorthent según la soil Taxonomy (USDA, 1975).

**Perfil M-2.** Situación hoja 320. Cart. Mil. Coordenadas U.T.M.: XM129504  
Altitud: 325 m. Pendiente: 0° Orientación: S-SE.

Este perfil se ha muestreado en una situación topográficamente deprimida, sobre antiguos cultivos de espárragos, abandonados a causa de la salinización y a pesar de la realización de antiguos canales de drenaje; la vegetación actual está formada por una comunidad halófila dominada por *Suaeda*. Estos suelos están desarrollados sobre sedimentos de textura fina muy poco permeables; por otra parte, la puesta en regadío de estas tierras ha agravado la movilización y acumulación de sales en las zonas con drenaje dificultado.

Son características destacables de este suelo la elevada CE, debida a la abundancia de sulfatos más solubles que el yeso y de cloruros, la presencia de precipitados secundarios de yeso en todo el perfil y las condiciones de hidromorfia a partir de 20 cm. de profundidad, señaladas por las manchas varioladas de oxidación-reducción del Fe. Clasificación: Solontchak (C.P.C.S.), Salorthid (Soil Taxonomy).

En síntesis, en la catena estudiada se produce un transporte de sales local de la plataforma yesífera hacia la depresión endorreica desde tiempos pretéritos, que se ha acelerado en las zonas bajas por la puesta en regadío reciente.

Se estudia una segunda catena sobre la plataforma calcárea del Buste.

Se trata de una plataforma estructural o muela formada por calizas lacustres del Mioceno. La vegetación está constituida por un encinar degradado.

**Perfil M-3.** Situación hoja 320 1:50.000. Cart. Mil. Coordenadas U.T.M.: XM153378 Altitud: 735 m. Pendiente: 12° Orientación: S-SW.

Perfil situado aguas abajo con respecto al M-4 pero a corta distancia. Esta constituido por un coluvio con fragmentos de costra calcárea, oscuro, superpuesto a un encostramiento. En la parte superior de la costra y en clara relación de génesis con la misma, se encuentra un lentejón residual de suelo rojo, bastante recarbonatado, in situ. El suelo presenta las características atribuibles a la abundancia de carbonatos; la distribución de carbonatos en las fracciones granulométricas contrasta con la del perfil posterior por la abundancia de los mismos en la fracción arcilla, indicadora de procesos de recarbonatación. Se clasifica como rendzina (CPCS), Calcixeroll (ST).

**Perfil M-4.** Situación hoja 320 1:50.000. Cart. Mil. Coordenadas U.T.M.: XM156378 Altitud: 745 m. Pendiente: 0° Orientación: S-SW.

Este perfil está en situación topográfica culminal; es un suelo muy superficial, discontinuo, prácticamente fisural, pedregoso, de color pardo algo rojizo que contrasta con el gris blanquecino de la roca subyacente. La textura es arcillosa. Presenta una fuerte descarbonatación: 4% Ca CO<sub>3</sub> en la tierra fina respecto a más del 95% en la roca madre;

los carbonatos pertenecen, fundamentalmente, a las fracciones arena, indicando la dominancia del proceso de disolución y exportación de carbonatos. A pesar de la descarbonatación, las propiedades químicas del suelo están determinadas por la saturación en ion Ca y la inexistencia de sales más solubles que el bicarbonato cálcico. Se trata de suelos fersialíticos rendsiniformes (CPCS), Torriorthent (ST).

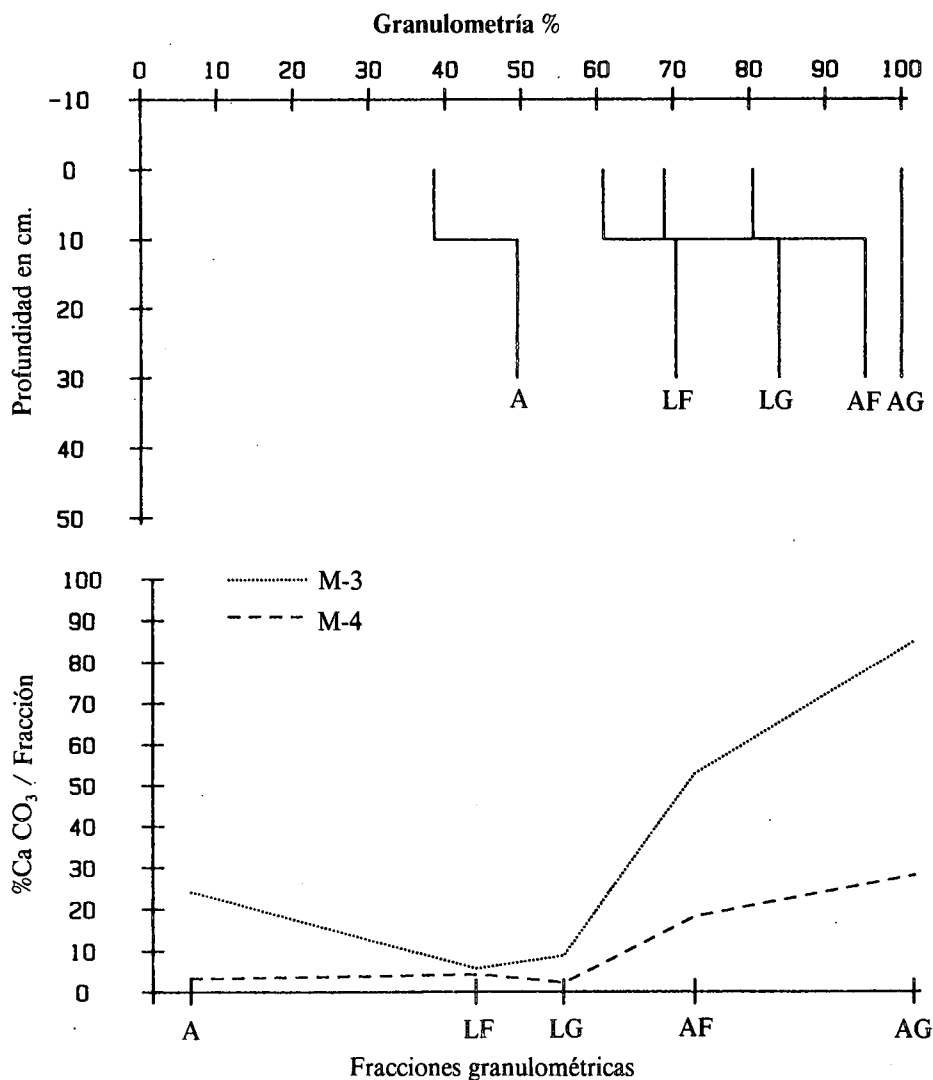


Figura 1. Distribución granulométrica en los perfiles M-3 y M-4 y de carbonatos en las fracciones granulométricas.

**TABLA 1**

**DATOS ANALITICOS DE LOS PERFILES M-1, M-2, M-3 y M-4**

**PERFIL M-1**

| HOR | PROF<br>cm. | pH H <sub>2</sub> O | pH KCl | %MO  | %N   | C/N   | %CaCO <sub>3</sub> | %Yeso |
|-----|-------------|---------------------|--------|------|------|-------|--------------------|-------|
| A11 | 0-10        | 7,54                | 6,97   | 6,78 | 0,49 | 8,02  | 18,5               | 2,06  |
| A12 | 10-31       | 8,03                | 7,10   | 6,06 | 0,35 | 10,14 | 28,1               | 36,40 |

| HOR | meq/1. |                 |                 | %Hum<br>sat. | CE mS/cm | COLOR    |          |
|-----|--------|-----------------|-----------------|--------------|----------|----------|----------|
|     | Cl     | NO <sub>3</sub> | SO <sub>4</sub> |              |          | SECO     | HUMEDO   |
| A11 | < 0,3  | —               | 36,52           | 47,59        | 2,69     | 10YR 8/2 | 10YR 7/2 |
| A12 | 1,67   | —               | 37,96           | 46,15        | 2,87     | 5YR 8/0  | 5YR 7/0  |

**PERFIL M-2**

| HOR | PROF<br>cm. | pH H <sub>2</sub> O | pH KCl | %MO   | %N   | C/N   | %CaCO <sub>3</sub> | %Yeso |
|-----|-------------|---------------------|--------|-------|------|-------|--------------------|-------|
| A0  | 2-0         | 7,72                | 7,40   | 38,36 | 1,79 | 12,48 |                    |       |
| A11 | 0-2         | 8,13                | 7,80   | 15,76 | 0,95 | 9,61  | 26,80              | 19,90 |
| A12 | 2-13        | 8,41                | 8,00   | 4,49  | 0,34 | 7,62  | 25,01              | 19,17 |
| (B) | 13-20       | 8,28                | 7,84   | 4,78  | 0,36 | 7,72  | 23,03              | 19,13 |
| Cg  | 20-45       | 8,45                | 8,01   | 2,15  | 0,16 | 7,58  | 16,00              | 19,70 |

| HOR | meq/1. |                 |                 | %Hum<br>sat. | CE mS/cm | COLOR    |          |
|-----|--------|-----------------|-----------------|--------------|----------|----------|----------|
|     | Cl     | NO <sub>3</sub> | SO <sub>4</sub> |              |          | SECO     | HUMEDO   |
| A11 | 121,00 | —               | 398,3           | 40,91        | 26,3     | 10YR 6/2 | 10YR 4/3 |
| A12 | 81,46  | —               | 308,1           | 59,09        | 20,5     | 10YR 6/2 | 10YR 4/2 |
| (B) | 11,43  | —               | 198,7           | 56,59        | 13,09    | 10YR 5/1 | 10YR 3/2 |
| Cg  | 5,74   | —               | 62,9            | 62,23        | 4,37     | 10YR 6/1 | 10YR 5/1 |

### PERFIL M-3

| HOR | PROF<br>cm. | pH H <sub>2</sub> O | pH KCl | %MO  | %N   | C/N  | %CaCO <sub>3</sub> |
|-----|-------------|---------------------|--------|------|------|------|--------------------|
| A1  | 0-10        | 8,18                | 7,38   | 7,11 | 0,51 | 8,04 | 34,0               |

| HOR | %GR  | %AG   | %AF   | %LG  | %LF   | %A    | TEXTURA |
|-----|------|-------|-------|------|-------|-------|---------|
| A1  | 55,1 | 19,52 | 11,62 | 7,94 | 22,44 | 38,48 | AR      |

| HOR | %CaCO <sub>3</sub> |      |       |      |      |       |
|-----|--------------------|------|-------|------|------|-------|
|     | GR                 | AG   | AF    | LG   | LF   | A     |
| A1  |                    | 92,0 | 53,06 | 6,38 | 7,21 | 24,11 |

| HOR | meq/l. |                 |                 | %Hum<br>sat. | CE mS/cm | COLOR    |                |
|-----|--------|-----------------|-----------------|--------------|----------|----------|----------------|
|     | Cl     | NO <sub>3</sub> | SO <sub>4</sub> |              |          | SECO     | HUMEDO         |
| A1  | 0,24   | —               | 3,7             | 39,41        | 0,75     | 7,5YR5/2 | 7,5YR<br>3,5/2 |

### PERFIL M-4

| HOR | PROF<br>cm. | pH H <sub>2</sub> O | pH KCl | %MO   | %N   | C/N   | %CaCO <sub>3</sub> |
|-----|-------------|---------------------|--------|-------|------|-------|--------------------|
| A1  | 0-25        | 8,23                | 7,13   | 10,17 | 0,17 | 11,06 | 4,4                |

| HOR | %GR  | %AG  | %AF   | %LG   | %LF   | %A    | TEXTURA |
|-----|------|------|-------|-------|-------|-------|---------|
| A1  | 28,5 | 4,77 | 11,30 | 13,55 | 20,92 | 49,45 | AR      |

| HOR | %CaCO <sub>3</sub> |       |      |      |      |
|-----|--------------------|-------|------|------|------|
|     | AG                 | AF    | LG   | LF   | A    |
| A1  | 28,26              | 18,16 | 2,27 | 4,24 | 3,33 |

| HOR | meq/l. |                 |                 | %Hum<br>sat. | CE mS/cm | COLOR    |          |
|-----|--------|-----------------|-----------------|--------------|----------|----------|----------|
|     | Cl     | NO <sub>3</sub> | SO <sub>4</sub> |              |          | SECO     | HUMEDO   |
| A1  | 0,85   | 1,67            | 4,42            | 46,77        | 0,87     | 7,5YR4/2 | 7,5YR3/2 |

Del análisis conjunto de los dos perfiles de la catena se puede postular la siguiente secuencia de procesos edafogénicos:

1. Génesis de suelos fersialíticos (descarbonatación y rubefacción) antigua: no parece que las condiciones de humedad actuales puedan permitir una descarbonatación activa.
2. Recarbonatación simultánea y/o posterior en situaciones de drenaje dificultado en la ladera; justificarían lo anterior la presencia de suelo rojo residual recarbonatado y la fuerte movilización de carbonatos que supone el encostramiento actual y el que ha sido desmantelado e incluido en el coluvión.
3. Posterior generalización de procesos erosivos y de acumulación en las vertientes de materiales coluviales que incluyen fragmentos de costra.
4. Desarrollo de suelo en tiempos recientes, caracterizado por la débil evolución y diferenciación correspondientes a las condiciones climáticas actuales.

### Area del Moncayo

Se considera el Moncayo y su piedemonte. La sierra del Moncayo forma un anticlinorio llamado de Moncayo-La Tierga. Su núcleo es paleozoico (pizarras y cuarcitas); sobreimponiéndose al zócalo se encuentra la cobertera mesozoica formada por la facies Buntsandstein (Permo-Triásica), ésta es una potente serie detrítica, unos 400 m. (conglomerados en la base, areniscas y lutitas) que han sufrido un importante proceso diagenético. El resto del Mesozoico (calizas, areniscas, dolomías...) se encuentra despegado y constituye el sustrato del piedemonte de la vertiente norte del Moncayo (PELLICER, 1984). Al ser el piedemonte de naturaleza ácida y el sustrato en gran parte calcáreo, hay una gran variación de suelos, originando en muchos casos suelos policíclicos.

**Perfil M-5.** Situación hoja 352 1:50.000. Cart. Mil. Coordenadas U.T.M.: XM068295 Altitud: 800 m. Pendiente: 10° Orientación: W-SW.

Está situado en el límite del piedemonte, próximo al monasterio de Veruela, sobre materiales carbonatados.

Suelos desarrollados a partir de materiales coluviales de matriz fina margosa, procedente de estratos de edad Kimmeridgiense (Jurásico), y piedras constituidas por areniscas ácidas pertenecientes a la facies detrítica Purbeck (Malm Superior).

Perfil de tipo L, F, H, A1, II (B), II (C) ó L, F, H, A1, (B), II (B), II (C), según la potencia del material coluvial superpuesto a los niveles estratigráficos más o menos alterados. Las características esenciales de estos suelos son: débil grado de diferenciación vertical, tanto morfológica como fisicoquímica; superposición de materiales de diferente origen (designados por números romanos precediendo la denominación del horizonte) pero, en este caso, de propiedades similares debido al predominio en ambos sedimentos de la matriz margosa; desarrollo del suelo relativamente importante debido a la existencia del sedimento coluvial, heterométrico y suelto, que facilita la circulación de agua y la penetración de las raíces.

En los suelos bajo cubierta continua de encinas se forman los horizontes orgánicos L, F, y H; presentan poco desarrollo, integrando el balance entre los aportes de restos orgánicos, principalmente hojarasca de encina, y una descomposición de los mismos moderadamente rápida: ralentizada en invierno y verano pero muy fuerte en los periodos de temperatura y humedad favorables. La incorporación de la materia orgánica en el suelo mineral es debida a la actividad de los lumbrícos, evidenciada por la presencia de turrícolas. Humus tipo mull calizo.

Las propiedades texturales son heredadas de los sedimentos de que procede mayoritariamente la tierra fina del suelo: los niveles de margas que son los niveles más deleznales dentro de la serie litoestratigráfica de la vertiente.

Al igual que en los perfiles M-3 y M-4, la presencia de  $\text{CaCO}_3$  determina gran parte de las propiedades químicas y evolución mineralógica del suelo: pH moderadamente básico y baja disponibilidad de algunos nutrientes esenciales como P y Fe que define el ámbito adaptativo de las plantas calcícolas, poca alteración de los minerales primarios e inmovilización de los coloides del suelo.

Los colores son heredados del material parental, a excepción del ligero oscurecimiento de los horizontes superficiales, A1, debido a la materia orgánica.

La edafogénesis se expresa por la acumulación de materia orgánica en superficie, el desarrollo de estructura edáfica, de tipo grumoso en los horizontes A1 y poliédrica en los (B), y la existencia de una cierta descarbonatación, incompleta, que disminuye en profundidad.

Estos suelos, muy comunes en la cuenca mediterránea sobre materiales calcáreos

blandos, se clasifican como suelos pardo calizos según la sistemática francesa (C.P.C.S.) y como Xerochrepts según la sistemática U.S.A. (Soil Taxonomy).

Suelos sobre piedemonte Pliocuaternario. El piedemonte propiamente dicho se ha modelado sobre un substrato mesozoico plegado (anticlinal de Veruela y sinclinal de Litago). El substrato del perfil estudiado por nosotros tiene un pH ácido y está formado por cantos heterométricos, subredondeados y bloques grandes algo más angulosos, todos procedentes del roquedo del Moncayo (buntsandstein y paleozoico) con escasa matriz arenoso-arcillosa de color rojizo; esta formación se denomina Glaciar detrítico de derrame (MENSUA y PELLICER, 1980). Quizás destaca, en relación con la edafogénesis, la estabilidad de este substrato que ha permitido el desarrollo ininterrumpido del suelo desde comienzos del cuaternario.

**Perfil M-6.** Situación hoja 320 1:50.000. Cart. Mil. Coordenadas U.T.M.: WM988320 Altitud: 940 m. Pendiente: 13° Orientación: E.

La profundidad de sedimento afectada por la génesis de suelo es extraordinaria: más de 3 m. en los cortes observados. Se ha tomado como horizonte C el material del piedemonte no edafizado, aflorante en una pequeña cantera situada en las proximidades de San Martín de Moncayo. El perfil típico es A1, A2, Bt, C. El espesor de todos los horizontes está magnificado respecto a los valores usuales en nuestro entorno geográfico. Destaca la existencia de horizontes A2 eluviales y Bt de acumulación de arcillas.

La vegetación actual es un rebollar muy degradado, por lo que el desarrollo de los horizontes orgánicos es poco representativo.

Hay una profunda reorganización textural con presencia de cutanes que evidencian, morfológicamente, la retranslocación de arcillas.

Los pH son ácidos pero menos que los de la zona alta del Moncayo desarrollados a partir de un substrato de semejante naturaleza litológica. El grado de podsolización es bastante menor que en el perfil bajo pinar.

El horizonte eluvial, A2, presenta coloración cenicienta, interdigitándose con el horizonte iluvial subyacente, de coloración rojiza. En los horizontes profundos se detectan moteados, indicadores de condiciones de oxidación-reducción.

Teniendo en cuenta las condiciones climáticas actuales, parece razonable la hipótesis de una edafogénesis pretérita en estos suelos, con movilización de arcillas y podsolización débil, conservada o quizás algo modificada en sentido contrario, en tiempos recientes (neutralización por mayor turnover de la materia orgánica y menor lavado actuales).

Por la sistemática francesa (C.P.C.S.) serían suelos lavados y por la Soil Taxonomy Haploxerults.

Situados ya sobre la propia vertiente norte del Moncayo, se han muestreado los suelos siguiendo la secuencia altitudinal de la vegetación. Los rebollares se instalan tanto en el piedemonte como en la parte inferior de la vertiente. Puesto que la secuencia se

**TABLA 2**  
**DATOS ANALITICOS DE LOS PERFILES M-5 y M-6**

**PERFIL M-5**

| HOR  | PROF<br>cm. | pH H <sub>2</sub> O | pH KCl | %MO   | %N   | C/N   | %CaCO <sub>3</sub> |
|------|-------------|---------------------|--------|-------|------|-------|--------------------|
| H    | 1-0         |                     |        | 33,93 | 1,20 | 16,41 |                    |
| A11  | 0-3         | 7,00                | 6,74   | 12,22 | 0,52 | 13,66 | 2,43               |
| A12  | 3-13        | 7,47                | 6,91   | 4,90  | 0,24 | 11,97 | 25,03              |
| (B)  | 13-30       | 7,83                | 7,16   | 3,22  | 0,19 | 9,97  | 20,38              |
| (B)C | 30-47       | 8,01                | 7,48   | 2,56  | 0,16 | 9,38  | 16,90              |
| IIC  | 47-90       | 7,85                | 7,45   | 1,97  | 0,12 | 9,70  | 35,87              |

| HOR  | %GR   | %AG   | %AF   | %LG   | %LF   | %A    | TEXTURA |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| A11  | 2,43  | 8,48  | 36,79 | 6,31  | 15,07 | 31,38 | F-A-AR  |
| A12  | 25,03 | 9,80  | 32,41 | 5,79  | 27,21 | 24,78 | F-AR    |
| (B)  | 20,38 | 13,15 | 21,74 | 12,61 | 33,81 | 18,68 | F-L-AR  |
| (B)C | 16,90 | 15,85 | 24,14 | 23,03 | 18,24 | 18,72 | F       |
| IIC  | 4,76  | 14,48 | 22,36 | 8,50  | 28,36 | 25,97 | F-L     |

| HOR  | meq/l. |                 |                 | %Hum<br>sat. | CE mS/cm | COLOR    |          |
|------|--------|-----------------|-----------------|--------------|----------|----------|----------|
|      | Cl     | NO <sub>3</sub> | SO <sub>4</sub> |              |          | SECO     | HUMEDO   |
| A11  | 2,05   | —               | 1,78            | 37,52        | 0,77     |          |          |
| A12  | 1,95   | —               | 6,35            | 35,69        | 1,04     | 10YR 5/1 | 10YR 3/2 |
| (B)  | 1,01   | —               | 1,39            | 32,88        | 0,54     | 10YR 5/1 | 10YR 4/2 |
| (B)C | 1,47   | —               | 1,49            | 31,50        | 0,54     | 10YR 5/1 | 10YR 4/1 |
| IIC  | —      | —               | 7,54            | 31,33        | 0,12     | 10YR 5/1 | 10YR 4/1 |

**PERFIL M-6**

| HOR | PROF<br>cm | pH H <sub>2</sub> O | pH KCl | %MO   | %N   | C/N   | COLOR               |           |
|-----|------------|---------------------|--------|-------|------|-------|---------------------|-----------|
|     |            |                     |        |       |      |       | SECO                | HUMEDO    |
| H   | 5-0        |                     |        | 34,40 | 0,77 | 26,01 |                     |           |
| A1  | 0-1        | 4,77                | 4,13   | 15,68 | 0,42 | 21,52 | 5YR 6/2             | 5YR 4/2   |
| A21 | 1-16       | 5,48                | 4,67   | 4,74  | 0,17 | 15,61 | 10YR 7/2            | 10YR 5/3  |
| A22 | 16-65      | 4,96                | 3,84   | 0,85  | 0,07 | 6,44  | 10YR 7/3            | 10YR 6/3  |
| B1  | 65-118     | 4,43                | 3,56   | 0,65  | 0,06 | 5,88  | 7,5YR5/7<br>5YR 5/7 | Variolado |
| B2  | 118-240    | 4,31                | 3,52   | 0,38  | 0,06 | 3,59  | 7,5YR7/4<br>5YR 5/7 | Variolado |
| B/C | 240-270    | 4,31                | 3,36   | 0,38  | 0,06 | 3,47  | 5YR 8/4<br>5YR 6/6  | Variolado |
| C   | ?          | 4,34                | 3,71   | 0,24  | 0,06 | 2,28  | 7,5YR6/6            | 7,5YR5/6  |

| HOR | %GR   | %AG   | %AF   | %LG   | %LF   | %A    | TEXTURA |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| A1  | 16,66 | 19,51 | 19,01 | 13,06 | 27,46 | 20,96 | F       |
| A21 | 49,48 | 22,44 | 22,31 | 7,79  | 30,90 | 16,55 | F       |
| A22 | 39,50 | 17,41 | 27,36 | 9,50  | 30,18 | 15,54 | F       |
| B1  | 41,74 | 14,31 | 20,00 | 6,98  | 16,10 | 42,60 | F-AR    |
| B2  | 37,68 | 15,34 | 21,25 | 4,67  | 28,33 | 30,39 | F-AR    |
| B/C | 10,01 | 18,26 | 31,08 | 8,94  | 17,10 | 24,62 | F-A-AR  |
| C   | 43,29 | 7,14  | 4,10  | 8,10  | 19,34 | 61,31 | AR      |

| HOR | meq/100g |      |      |      |      |       |       | %SB   |
|-----|----------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
|     | Ca       | Mg   | Na   | K    | Al   | AE    | CIC   |       |
| A1  | 2,22     | 0,29 | 0,22 | 0,28 | 2,13 | 19,36 | 22,64 | 13,29 |
| A21 | 1,93     | 0,20 | 0,21 | 0,15 | 0,47 | 6,32  | 8,81  | 28,26 |
| A22 | 0,16     | 0,02 | 0,19 | 0,09 | 2,31 | 7,32  | 7,78  | 5,91  |
| B1  | 0,21     | 0,01 | 0,21 | 0,12 | 0,55 | 14,97 | 15,52 | 3,54  |
| B2  | 0,22     | 0,01 | 0,22 | 0,06 | 0,74 | 11,65 | 12,16 | 4,19  |
| B/C | 0,56     | 0,02 | 0,23 | 0,06 | 1,36 | 10,32 | 11,20 | 7,86  |
| C   | 0,56     | 0,08 | 0,22 | 0,07 | 2,59 | 6,66  | 7,59  | 12,25 |

| HOR | Fe p ‰ | Fe dc ‰ | Al p ‰ | Al dc ‰ |
|-----|--------|---------|--------|---------|
| A1  | 0,82   | 2,58    | 1,44   | 1,23    |
| A21 | 0,80   | 3,49    | 1,45   | 0,51    |
| A22 | 1,35   | 4,74    | 0,30   | 1,04    |
| B1  | 4,24   | 13,70   | 6,25   | 3,45    |
| B2  | 4,68   | 11,64   | 5,93   | 2,12    |
| B/C |        | 12,33   | 2,90   | 1,86    |
| C   | 1,69   | 15,58   | 2,78   | 1,87    |

| HOR | % ELEMENTOS MAYORES |                                |                                |      |                  |      |      |                  |                   |                               |
|-----|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------------------|------|------|------------------|-------------------|-------------------------------|
|     | SiO <sub>2</sub>    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO  | TiO <sub>2</sub> | MgO  | CaO  | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
| A1  | 62,09               | 1,97                           | 8,27                           | 0,03 | 0,61             | 0,32 | 0,37 | 2,16             |                   | 0,07                          |
| A21 | 74,37               | 2,16                           | 9,04                           | 0,03 | 0,77             | 0,35 | 0,09 | 2,42             |                   | 0,04                          |
| A22 | 76,32               | 2,65                           | 11,04                          | FR   | 0,87             | 0,36 | 0,10 | 2,92             |                   | 0,02                          |
| B1  | 67,17               | 5,95                           | 16,46                          | 0,01 | 0,74             | 0,46 | 0,07 | 2,78             | 0,04              | 0,03                          |
| B2  | 70,70               | 4,58                           | 13,41                          | FR   | 0,78             | 0,42 | FR   | 2,61             |                   | 0,03                          |
| B/C | 70,60               | 4,49                           | 13,23                          | FR   | 0,89             | 0,38 | FR   | 2,48             |                   | 0,03                          |
| C   | 70,42               | 5,85                           | 14,14                          | 0,02 | 0,80             | 0,49 | 0,05 | 3,35             | 0,14              | 0,06                          |

| HOR | RAZONES MOLECULARES                             |                                                  |                                                  |                                                                |
|-----|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|     | SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| A1  | 11,08                                           | 12,76                                            | 84,13                                            | 0,15                                                           |
| A21 | 12,14                                           | 13,99                                            | 91,81                                            | 0,15                                                           |
| A22 | 10,19                                           | 11,76                                            | 76,63                                            | 0,15                                                           |
| B1  | 5,63                                            | 6,94                                             | 30,01                                            | 0,23                                                           |
| B2  | 7,36                                            | 8,96                                             | 41,06                                            | 0,22                                                           |
| B/C | 7,46                                            | 9,67                                             | 41,87                                            | 0,22                                                           |
| C   | 6,70                                            | 8,47                                             | 32,07                                            | 0,26                                                           |

desarrolla sobre materiales coluviales de naturaleza litológica semejante, hay una serie de propiedades asociadas a las características del sustrato que son parecidas en todos los perfiles: elevada pedregosidad, texturas francas a franco-arenosas, pH ácidos y baja saturación de bases.

**Perfil M-7.** Situación hoja 352 1:50.000. Cart. Mil. Coordenadas U.T.M.: XM018275 Altitud: 1.030 m. Pendiente: 22° Orientación: E-NE.

Se ha muestreado en el robledal de *Quercus petraea* que se acantona en el relieve en cuesta del Monte de la Mata. Los suelos se desarrollan a partir de coluvios relativamente espesos (más de 1 m. en general), formados a partir de areniscas y lutitas diagénizadas de naturaleza ácida pertenecientes al Bunts.

No hay evidencias analíticas de movilización de arcillas hasta el horizonte más profundo y de estructura compacta (Cg). Dicho horizonte, además, presenta indicios de hidromorfia temporal causada, probablemente, por la riqueza en arcillas. Se supone que la acumulación de arcillas en Cg es un proceso relictual y que el paquete coluvial superpuesto, más reciente por tanto, presenta menor grado de diferenciación.

Se clasifica como pardo ácido (CPCS), Dystrochrept (ST).

**Perfil M-8.** Situación hoja 352 1:50.000. Cart. Mil. Coordenadas U.T.M.: WM 975288 Altitud: 1.580 m. Pendiente: 24° Orientación: N.

Perfil muestreado en las proximidades de Peña Nariz en un hayedo próximo a su límite altitudinal en el Moncayo, se trata de una vertiente regularizada donde son frecuentes los procesos de solifluxión.

En base a la pedregosidad y el tamaño de los fragmentos de roca, se distinguen dos niveles de substrato superpuestos, fenómeno frecuente en los materiales coluvionados sucesivamente. Ambos materiales presentan fenómenos de retranslocación de arcillas y de sesquioxidos en diferentes episodios edafogénicos.

Aunque hay una importante movilización de Fe en el perfil, no llega a ser suficiente para formar un podsol. Por comparación con el perfil M-9, de similares características fisiográficas (substrato litológico, altitud, orientación) pero diferente tipo de vegetación (Pinar), que presenta un mayor desarrollo de la podsolización, se puede atribuir a la vegetación un papel preponderante en la misma; además, se deduce la actualidad de los procesos de podsolización en estos suelos.

La existencia de horizonte B de acumulación de arcillas y A2 eluvial hacen que se clasifiquen como suelos lavados débilmente podsolizados (CPCS), Haplohumults (ST).

**Perfil M-9.** Situación hoja 352 1:50.000. Cart. Mil. Coordenadas U.T.M.: WM 984272 Altitud: 1.600 m. Pendiente: 22° Orientación: N.

Perfil representativo de los pinares continuos de altitud superior a 1.600 m.

Suelos formados a partir de materiales solifluidales muy pedregosos constituidos por cuarzoarenitas y limolitas del Buntsanstein (Triásico inferior).

Perfil tipo: L, F, H, A1, A2, Bfe, C. Destaca el considerable desarrollo de los horizontes orgánicos, la existencia de un horizonte grisáceo eluvial, A2, y un B de

iluvitación vivamente coloreado, pardo-rojizo. En definitiva, son suelos con fuerte diferenciación vertical, sintomática de activos procesos edafogenéticos de alteración y transporte.

Las drásticas condiciones climáticas impuestas por la altitud, la acidez del suelo, las características de la hojarasca de *Pinus sylvestris*, rica en fenoles difícilmente biodegradables, y la inexistencia de lumbrícidos, contribuyen a producir un lento turnover de la materia orgánica y, en consecuencia, la acumulación en superficie de un espesor considerable de restos poco transformados. Humus moder.

La tierra fina del suelo es franco-arenosa, presentando una redistribución de arcillas que han translocado del A2 al Bfe.

Son suelos ácidos, debido a la propia acidez del material litológico y a la elevada pluviosidad que debe producir un fuerte lavado de bases. Estos medios presentan una intensa alteración acidolítica atribuida a materia orgánica soluble, de naturaleza fenólica y elevada relación C/N, difícil de descomponer en condiciones ácidas. Se produce la degradación de los minerales primarios a nivel de los horizontes superficiales, principalmente en A2, que se enriquecen en minerales residuales poco alterables donde predomina el cuarzo (de ahí la coloración blanquecina); Fe y Al liberados son complejados por los compuestos fenólicos solubles en medio ácido y retranslocados a horizontes inferiores, Bfe, que adquieren coloraciones rojizas (gráficas que muestran la redistribución de C, Fe y Al en el perfil).

Las razones moleculares de los elementos mayores indican una movilización de los sesquióxidos que se acumulan en el horizonte Bfe. La razón  $Al_{203}/\text{Arcilla}$  indica que existe una cierta alteración de los minerales primarios y de las arcillas; según HOYOS et al. (1983) el grado de degradación de las arcillas depende de la posición geomorfológica que ocupa el perfil.

El índice KA1 de Souchier, considerado como índice de podsolización (DUCHA-FOUR y SOUCHIER, 1978), tiene un valor de 4,73; este valor está dentro de la categoría de suelos podsólicos y podsoles, si bien estos autores consideran que el contenido máximo de arcillas de este perfil así como el de  $Fe_2O_3$  del sustrato son elevados.

Según DAMBRINE (1987), los suelos podsolizados de alta montaña de clima templado suelen ser jóvenes, con un horizonte A2 poco empobrecido en bases y relativamente rico en elementos finos y con una morfología típica de podsol; en las zonas de pronunciada pendiente se distribuyen en la vertiente norte y su funcionamiento biogeoquímico es muy contrastado con una actividad complejante máxima en invierno, coincidiendo en el máximo drenaje y la mínima actividad biológica. Estas características se pueden atribuir en cierta medida al perfil descrito.

Un gran número de suelos con morfología de spodosoles fallan en los criterios químicos de laboratorio que establece la Soil Taxonomy (STANLEY et al., 1981; PADLEY et al., 1985; HOLGREM et al., 1984; LIETZKE et al. 1987). Así, atendiendo

a los criterios de la Soil Taxonomy, este suelo sería un Haplumbrept, si bien recogiendo las propuestas de LIETZKE et al. (1987) y PADLEY et al. (1985) podemos utilizar el subgrupo spodic y clasificarlo como un spodic Haplumbrept, suelo que reúne características morfológicas y químicas típicas de suelos con un horizonte spódico pero falla en algunos criterios químicos que definen un spodosol como son:  $Fep + Alp / Fedc + Aldc > 0,5$  y  $Fep + Alp / Arcillas > 0,2$ . Otros autores, como es el caso de VAL e IÑIGUEZ (1981), utilizan los caracteres micromorfológicos y mineralógicos fundamentalmente para definir un spodosol. Ateniéndose a la clasificación francesa C.P.C.S. (1967) este perfil pertenece al grupo de los suelos podsólicos y podsoles.

El alto contenido en arcilla nos hace pensar que el proceso de «lessivage» fue primario y que posteriormente se produjo la podsolización acelerada, en este caso, por la presencia de coníferas.

**TABLA 3**  
**DATOS ANALITICOS DE LOS PERFILES M-7, M-8 y M-9**

**PERFIL M-7**

| HOR | PROF<br>cm | pH H <sub>2</sub> O | pH KC <sub>1</sub> | %MO  | %N   | C/N   | COLOR    |          |
|-----|------------|---------------------|--------------------|------|------|-------|----------|----------|
|     |            |                     |                    |      |      |       | SECO     | HUMEDO   |
| A1  | 0-10       | 5,78                | 4,70               | 9,08 | 0,30 | 17,52 | 10YR 6/2 | 10YR 4/3 |
| A2  | 10-22      | 5,01                | 3,74               | 5,38 | 0,16 | 19,14 | 10YR 6/1 | 10YR 4/3 |
| B21 | 22-52      | 5,18                | 3,95               | 0,79 | 0,08 | 5,99  | 10YR 8/2 | 10YR 6/4 |
| B22 | 52-85      | 5,33                | 4,06               | 0,56 | 0,05 | 6,07  | 10YR 7/3 | 10YR 6/3 |
| Cg  | 85-110     | 5,22                | 3,91               | 0,45 | 0,06 | 4,16  | 10YR 6/4 | 10YR 5/6 |

| HOR | %GR   | %AG   | %AF   | %LG   | %LF   | %A    | TEXTURA |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| A1  | 68,26 | 19,76 | 32,98 | 8,00  | 23,03 | 16,22 | F       |
| A2  |       | 18,73 | 15,67 | 26,47 | 18,64 | 20,29 | F       |
| B21 |       | 23,44 | 28,68 | 14,57 | 22,36 | 10,95 | F-A     |
| B22 |       | 23,80 | 31,87 | 10,70 | 22,22 | 11,41 | F-A     |
| Cg  | 3,42  | 16,91 | 38,08 | 7,19  | 14,39 | 20,36 | F-AR    |

| HOR | meq/100g |      |      |      |      |       |       | %SB   |
|-----|----------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
|     | Ca       | Mg   | Na   | K    | Al   | AE    | CIC   |       |
| Al  | 3,59     | 0,35 | 0,19 | 0,35 | 0,25 | 12,00 | 16,48 | 27,18 |
| A2  | 1,40     | 0,13 | 0,21 | 0,21 | 1,51 | 11,31 | 13,26 | 14,70 |
| B21 | 0,56     | 0,13 | 0,22 | 0,11 | 1,13 | 8,65  | 9,67  | 10,54 |
| B22 | 0,54     | 0,11 | 0,20 | 0,07 | 1,38 | 6,32  | 7,24  | 12,70 |
| Cg  | 0,52     | 0,26 | 0,20 | 0,11 | 1,93 | 6,65  | 7,74  | 14,08 |

| HOR | Fe p ‰ | Fe dc ‰ | Al p ‰ | Al dc ‰ |
|-----|--------|---------|--------|---------|
| Al  | 0,85   | 4,14    | 1,10   | 0,94    |
| A2  | 0,90   | 4,23    | 1,51   | 0,85    |
| B21 | 1,12   | 4,72    | 1,58   | 0,84    |
| B22 | 0,79   | 5,17    | 2,47   | 0,97    |
| Cg  | 2,11   | 3,20    | 1,25   | 1,18    |

#### PERFIL M-8

| HOR | PROF<br>cm | pH H <sub>2</sub> O | pH KCl | %MO   | %N   | C/N   | COLOR     |           |
|-----|------------|---------------------|--------|-------|------|-------|-----------|-----------|
|     |            |                     |        |       |      |       | SECO      | HUMEDO    |
| H   |            |                     |        | 31,06 |      | 18,68 |           |           |
| A1  | 0-10       | 5,05                | 4,36   | 10,67 | 0,42 | 14,69 | 10YR 5/1  | 10YR 3/1  |
| A2  | 10-27      | 4,88                | 3,68   | 1,71  | 0,09 | 10,68 | 10YR 8/3  | 10YR 6/4  |
| A2B | 27-48      | 5,01                | 3,78   | 2,16  | 0,10 | 12,47 | 7,5YR 8/4 | 7,5YR 5/6 |
| Bfe | 48-81      | 4,84                | 3,59   | 1,69  | 0,10 | 9,70  | 10YR 7/6  | 10YR 5/6  |
| C   | 81-?       | 5,21                | 4,35   | 1,82  | 0,08 | 12,43 | 10YR 6/3  | 10YR 5/6  |

| HOR | %GR   | %AG   | %AF   | %LG   | %LF   | %A    | TEXTURA |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| A1  | 89,03 | 39,20 | 9,52  | 6,02  | 26,12 | 19,12 | F       |
| A2  | 76,18 | 39,75 | 21,45 | 6,01  | 14,24 | 18,54 | F-A     |
| A2B | 68,07 | 40,55 | 9,70  | 7,40  | 13,19 | 29,15 | F-A-AR  |
| Bfe | 18,13 | 28,80 | 14,52 | 9,66  | 24,64 | 22,37 | F       |
| C   | 58,24 | 22,39 | 22,87 | 18,45 | 17,67 | 18,61 | F       |

| HOR | meq/100g |      |      |      |      |       |       | %SB   |
|-----|----------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
|     | Ca       | Mg   | Na   | K    | Al   | AE    | CIC   |       |
| A1  | 3,32     | 0,23 | 0,22 | 0,19 | 2,17 | 19,97 | 23,93 | 16,55 |
| A2  | 0,30     | 0,03 | 0,20 | 0,04 | 2,01 | 10,32 | 10,88 | 5,15  |
| A2B | 0,57     | 0,03 | 0,29 | 0,10 | 2,46 | 8,98  | 9,97  | 9,93  |
| Bfe | 0,59     | 0,01 | 0,18 | 0,05 | 4,02 | 10,98 | 11,82 | 7,11  |
| C   | 0,11     | 0,01 | 0,20 | 0,03 | 2,17 | 11,98 | 12,33 | 2,84  |

| HOR | Fe p ‰ | Fe dc ‰ | Al p ‰ | Al dc ‰ |
|-----|--------|---------|--------|---------|
| A1  | 1,33   | 5,76    | 1,10   | 1,11    |
| A2  | 2,41   | 7,92    | 1,37   | 1,12    |
| A2B | 6,78   | 9,37    | 2,01   | 2,23    |
| Bfe | 2,26   | 10,53   | 1,69   | 1,34    |
| C   | 1,15   | 10,75   | 4,02   | 4,69    |

| HOR | % Carbono |       |         |         |       |       | %C total |
|-----|-----------|-------|---------|---------|-------|-------|----------|
|     | MOL       | AFL   | HUMINAS | AF + AH | AH    | AF    |          |
| H   | 9,10      | 2,51  | 76,79   | 11,60   | 9,38  | 2,22  | 17,15    |
| A1  | 0,59      | 4,75  | 66,86   | 27,79   | 5,94  | 21,84 | 6,73     |
| A2  | 0,12      | 20,48 | 46,99   | 32,53   | 13,25 | 19,28 | 0,83     |
| A2B | 9,78      | 25,00 | 31,52   | 33,70   | 10,87 | 22,83 | 0,92     |
| Bfe | 0,42      | 34,57 | 28,40   | 37,04   | 23,46 | 13,58 | 0,81     |

| HOR | % Elementos mayores |                                |                                |       |                  |      |      |                  |                   |                               |
|-----|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------------------|------|------|------------------|-------------------|-------------------------------|
|     | SiO <sub>2</sub>    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO   | TiO <sub>2</sub> | MgO  | CaO  | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
| A1  | 60,82               | 3,58                           | 10,92                          | 0,48  | 0,90             | 0,52 | 0,34 | 2,91             | ND                | 0,14                          |
| A2  | 74,23               | 3,81                           | 10,82                          | < 0,1 | 0,75             | 0,60 | FR   | 2,83             | ND                | 0,09                          |
| A2B | 69,64               | 4,67                           | 12,12                          | < 0,1 | 0,85             | 0,75 | FR   | 3,00             | ND                | 0,14                          |
| Bfe | 74,29               | 4,28                           | 11,69                          | < 0,1 | 0,71             | 0,69 | FR   | 3,08             | 0,18              | 0,10                          |
| C   | 71,21               | 4,00                           | 13,29                          | FR    | 0,75             | 0,50 | FR   | 3,43             | 0,16              | 0,06                          |

| HOR | Razones moleculares                             |                                                  |                                                  |                                                                |
|-----|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|     | SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| A1  | 7,79                                            | 9,42                                             | 45,25                                            | 0,20                                                           |
| A2  | 9,52                                            | 11,49                                            | 55,23                                            | 0,23                                                           |
| A2B | 7,80                                            | 9,70                                             | 39,75                                            | 0,24                                                           |
| Bfe | 8,75                                            | 10,80                                            | 46,20                                            | 0,23                                                           |
| C   | 7,64                                            | 9,10                                             | 47,47                                            | 0,19                                                           |

## PERFIL M-9

| HOR | PROF<br>cm | pH H <sub>2</sub> O | pH KCl | %MO   | %N   | C/N   | COLOR    |          |
|-----|------------|---------------------|--------|-------|------|-------|----------|----------|
|     |            |                     |        |       |      |       | SECO     | HUMEDO   |
| A1  | 0-17       | 3,94                | 2,92   | 15,11 | 0,43 | 20,30 | 10YR 4/1 | 10YR 2/1 |
| A2  | 17-32      | 4,09                | 3,13   | 2,30  | 0,12 | 10,82 | 10YR 6/2 | 10YR 4/3 |
| Bfe | 32-55      | 4,98                | 4,11   | 8,65  | 0,28 | 19,49 | 5YR 6/2  | 5YR 3/3  |
| C   | 55-80      | 5,10                | 4,29   | 2,06  | 0,09 | 12,73 | 10YR 7/4 | 10YR 5/4 |

| HOR | %GR   | %AG   | %AF   | %LG   | %LF   | %A    | TEXTURA |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| A1  | 57,92 | 38,79 | 38,40 | 3,62  | 2,25  | 16,94 | F-A     |
| A2  | 76,02 | 33,64 | 26,33 | 11,80 | 19,93 | 8,29  | F-A     |
| Bfe | 58,75 | 35,24 | 15,07 | 3,38  | 18,78 | 27,50 | F-A-AR  |
| C   | 56,29 | 31,49 | 24,26 | 16,66 | 18,20 | 9,38  | F       |

| HOR | meq/100g |      |      |      |       |       |       | %SB  |
|-----|----------|------|------|------|-------|-------|-------|------|
|     | Ca       | Mg   | Na   | K    | Al    | AE    | CIC   |      |
| A1  | 0,91     | 0,10 | 0,24 | 0,13 | 16,38 | 40,26 | 41,63 | 2,71 |
| A2  | 0,47     | 0,04 | 0,23 | 0,04 | 3,90  | 13,95 | 14,73 | 5,29 |
| Bfe | 0,57     | 0,02 | 0,23 | 0,07 | 3,91  | 41,60 | 42,49 | 2,09 |
| C   | 0,14     | 0,01 | 0,21 | 0,04 | 1,73  | 13,64 | 14,04 | 2,85 |

| HOR | Fe p ‰ | Fe dc ‰ | Al p ‰ | Al dc ‰ |
|-----|--------|---------|--------|---------|
| A1  | 0,95   | 4,94    | 0,85   | 1,38    |
| A2  | 1,31   | 5,91    | 0,21   | 1,08    |
| Bfe | 9,26   | 16,39   | 1,21   | 11,40   |
| C   | 1,75   | 6,69    | 0,94   | 2,94    |

| HOR | % C  |       |         |         |       |       | %C TOTAL |
|-----|------|-------|---------|---------|-------|-------|----------|
|     | MOL  | AFL   | HUMINAS | AF + AH | AH    | AF    |          |
| A1  | 0,72 | 3,30  | 51,15   | 44,70   | 41,98 | 2,58  | 6,98     |
| A2  | 1,60 | 10,40 | 37,60   | 49,60   | 10,40 | 39,20 | 1,25     |
| Bfe | 0,12 | 49,39 | 18,67   | 31,94   | 23,34 | 8,60  | 4,07     |

| HOR | % Elementos mayores |                                |                                |     |                  |      |      |                  |                   |                               |
|-----|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----|------------------|------|------|------------------|-------------------|-------------------------------|
|     | SiO <sub>2</sub>    | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO | TiO <sub>2</sub> | MgO  | CaO  | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
| A1  | 68,87               | 2,04                           | 6,40                           | Tr  | 0,70             | 0,22 | FR   | 1,55             |                   | 0,08                          |
| A2  | 78,38               | 2,55                           | 8,30                           | Tr  | 0,89             | 0,31 | FR   | 2,40             |                   | 0,05                          |
| Bfe | 63,84               | 5,22                           | 11,59                          | Tr  | 0,71             | 0,37 | 0,04 | 2,63             | 0,05              | 0,12                          |
| C   | 79,92               | 3,28                           | 10,43                          | Tr  | 0,64             | 0,49 | 0,05 | 3,04             | 0,10              | 0,06                          |

| HOR | Razones moleculares                             |                                                  |                                                  |                                                                |
|-----|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|     | SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| A1  | 15,20                                           | 18,31                                            | 89,67                                            | 0,204                                                          |
| A2  | 13,41                                           | 16,04                                            | 81,62                                            | 0,196                                                          |
| Bfe | 7,30                                            | 9,37                                             | 33,25                                            | 0,281                                                          |
| C   | 10,85                                           | 13,02                                            | 64,98                                            | 0,200                                                          |

**Perfil M-10.** Situación hoja 352 1:50.000. Cart. Mil. Coordenadas U.T.M.: WM985271 Altitud: 1.600 m. Pendiente: 25° Orientación: N.

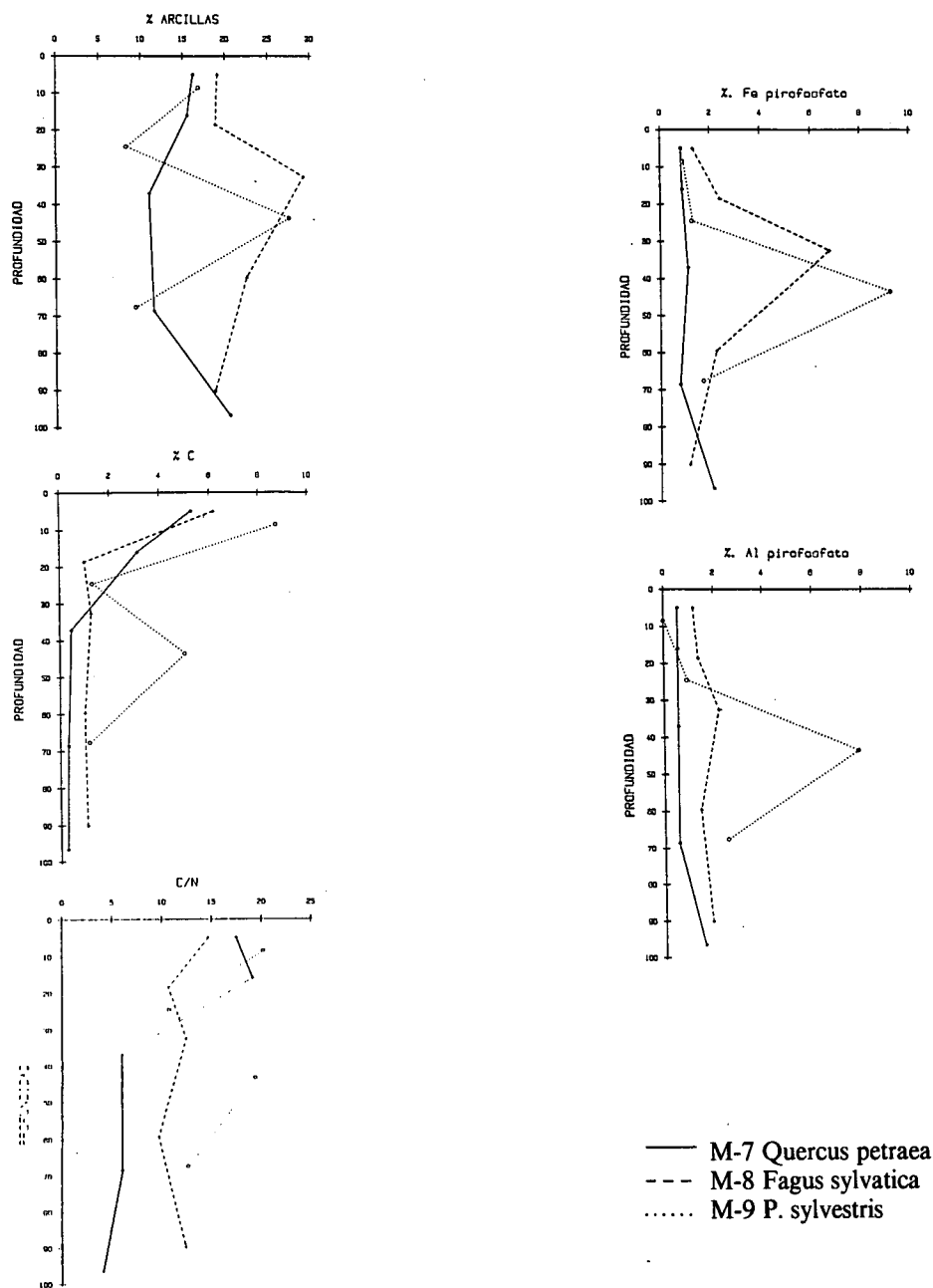


Figura 2. Variación de los principales datos químicos con la profundidad en los perfiles M-7, M-8 y M-9.

Se encuentra sobre canchales colonizados por vegetación pratense y pinar. Son propiedades destacables del canchal como material parental del suelo, su extraordinaria permeabilidad y bajo contenido en tierra fina. Es, por tanto, un sustrato con pobre contenido en nutrientes y baja capacidad de retención de agua. En las condiciones concretas de la zona, la escasas reserva hídrica se ve compensada, en alguna medida, por la elevada pluviosidad.

La vegetación pratense confiere trazos distintivos al perfil édáfico, particularmente un entramado densísimo de raíces de unos 15 cm. de espesor, donde coexisten raíces vivas y muertas en una proporción que desconocemos. Este entramado asegura la fijación del canchal en un medio altamente inestable geomorfológicamente y contiene gran parte de los nutrientes disponibles en el suelo, procedentes de la mineralización de los restos vegetales; en el nivel de enraizamiento se debe producir el turnover de la materia orgánica, cerrándose el ciclo con la absorción de nutrientes en el mismo horizonte.

La juventud del suelo, relacionada con la movilidad del sustrato, así como la falta de tierra fina, hacen que el perfil presente una débil diferenciación y evolución. Las características químicas están determinadas por la naturaleza de las rocas que constituyen el canchal y por el contenido en materia orgánica.

Estos suelos se clasifican como ranker (C.P.C.S.); Dystrochrepts (Soil Taxonomy). Son típicamente suelos ácidos de montaña.

**Perfil M-11.** Situación hoja 352 1: 50.000. Cart. Mil. Coordenadas U.T.M.: WM9677266 Altitud: 2.270 m. Pendiente: 6° Orientación: E.

Este perfil se ha excavado en la zona de la cumbre, bajo vegetación pratense.

Las drásticas condiciones de cresta a que están sometidos estos suelos hacen que los procesos de desarrollo y diferenciación se vean frenados en estadios evolutivos poco avanzados. Son, por lo general, suelos superficiales, muy pedregosos, en los que, no obstante, se presenta una podsolización incipiente (criptopodsolización), manifestada por la movilización del Fe asociado a la materia orgánica (Fe pirofosfato).

Se clasifican como rankers (CPCS), Cryumbrepts (ST).

**Perfil M-12.** Situación hoja 352 1: 50.000. Cart. Mil. Coordenadas U.T.M.: WM985271 Altitud: 1.360 m. Pendiente: 15° Orientación: S.

Situado en la vertiente castellana del Moncayo (procesos de solifluxión generalizada) y con una vegetación dominada por los pulvínulos espinosos de *Erinacea anthyllis*.

El sustrato litológico está constituido por coluvios poco espesos de limolitas rojas del Buntsandstein.

Son suelos poco evolucionados, afectados probablemente por fuertes procesos erosivos. La diferenciación química es, asimismo, muy débil, conservando el suelo, en

**TABLA 4**

**DATOS ANALITICOS DE LOS PERFILES M-10 y M-11**

**PERFIL M-10**

| HOR | PROF | pH H <sub>2</sub> O | pH KCl | %MO  | %N   | C/N   | COLOR    |          |
|-----|------|---------------------|--------|------|------|-------|----------|----------|
|     |      |                     |        |      |      |       | SECO     | HUMEDO   |
| A1H | 0-25 | 4,30                | 3,20   | 9,51 | 0,32 | 17,47 | 10YR 6/1 | 10YR 3/2 |
| C   | 25-? | 4,40                | 3,21   | 4,30 | 0,15 | 15,64 | 10YR 7/2 | 10YR 5/3 |

| HOR | %GR   | %AG   | %AF   | %LG  | %LF   | %A    | TEXTURA |
|-----|-------|-------|-------|------|-------|-------|---------|
| A1H | 82,00 | 27,04 | 27,70 | 8,44 | 28,13 | 13,67 | F       |
| C   | 95,25 | 33,84 | 20,32 | 7,18 | 24,95 | 12,85 | F-A     |

| HOR | meq/100g |      |      |      |      |       |       | %SB  |
|-----|----------|------|------|------|------|-------|-------|------|
|     | Ca       | Mg   | Na   | K    | Al   | AE    | CIC   |      |
| A1H | 1,18     | 0,08 | 0,25 | 0,99 | 3,93 | 25,29 | 27,79 | 9,00 |

| HOR | Fe p ‰ | Fe dc ‰ | Al p ‰ | Al dc ‰ |
|-----|--------|---------|--------|---------|
| A1H | 0,91   | 5,18    | 1,49   | 1,32    |

**PERFIL M-11**

| HOR | PROF  | pH H <sub>2</sub> O | pH KCl | %MO   | %N   | C/N   | COLOR     |           |
|-----|-------|---------------------|--------|-------|------|-------|-----------|-----------|
|     |       |                     |        |       |      |       | SECO      | HUMEDO    |
| H   | 1-0   | 6,0                 | 5,1    | 47,49 | 1,57 | 17,55 | 2,5Y 3/2  |           |
| A1  | 0-19  | 4,8                 | 3,8    | 7,80  | 0,39 | 11,54 | 10YR 4/3  | 10YR 2/1  |
| B/C | 19-30 | 5,5                 | 4,5    | 3,03  | 0,21 | 8,38  | 7,5YR 4/2 | 7,5YR 3/2 |

| HOR | %GR   | %AG   | %AF   | %LG   | %LF   | %A    | TEXTURA |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| A1  | 52,00 | 37,10 | 6,95  | 11,23 | 19,34 | 22,65 | F-AR    |
| B/C | 96,07 | 40,31 | 25,21 | 13,25 | 13,92 | 7,30  | F-A     |

| HOR | meq/100g |      |      |      |      |       |       | %SB   |
|-----|----------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
|     | Ca       | Mg   | Na   | K    | Al   | AE    | CIC   |       |
| A1  | 4,52     | 0,40 | 0,23 | 0,49 | 0,21 | 21,63 | 27,27 | 20,68 |
| B/C | 1,63     | 0,10 | 0,27 | 0,12 | 1,84 | 26,64 | 28,73 | 7,27  |

| HOR | Fe p ‰ | Fe dc ‰ | Al p ‰ | Al dc ‰ |
|-----|--------|---------|--------|---------|
| A1  | 2,25   | 8,01    | 0,99   | 1,08    |
| B/C | 4,01   | 13,41   | 0,99   | 1,41    |

esencia, las propiedades del sustrato: textura fina, pH prácticamente neutro y una débil movilización de sesquióxidos.

Se clasifica como pardo eutrófico (CPCS) y Xerorthent (ST).

Es de destacar el fuerte contraste entre los suelos de la vertiente castellana y aragonesa que debe obedecer al propio contraste climático y a la disimetría en la distribución de las formaciones superficiales y su estabilidad.

**TABLA 5**  
**DATOS ANALITICOS EL PERFIL M-12**

**PERFIL M-12**

| HOR | PROF | pH H <sub>2</sub> O | pH KCl | %MO  | %N   | C/N   | COLOR   |         |
|-----|------|---------------------|--------|------|------|-------|---------|---------|
|     |      |                     |        |      |      |       | SECO    | HUMEDO  |
| A1  | 0-9  | 6,50                | 5,20   | 5,23 | 0,47 | 13,37 | 5YR 5/3 | 5YR 3/4 |
| IIB | 9-32 | 6,83                | 5,71   | 1,08 | 0,25 | 6,20  | 5YR 5/3 | 5YR 4/2 |

| HOR | %GR  | %AG   | %AF   | %LG   | %LF   | %A    | TEXTURA |
|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| A1  | 4,07 | 25,60 | 21,03 | 16,35 | 21,54 | 15,46 | F       |
| IIB | 0,05 | 17,26 | 25,97 | 18,34 | 19,91 | 18,50 | F       |

| HOR | meq/100g |      |      |      |      |       |       | %SB   |
|-----|----------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
|     | Ca       | Mg   | Na   | K    | Al   | AE    | CIC   |       |
| A1  | 3,80     | 0,83 | 0,22 | 0,18 | 0,33 | 14,71 | 19,74 | 25,48 |
| IIB | 5,06     | 1,44 | 0,24 | 0,24 | 0,23 | 10,31 | 17,29 | 40,37 |

| HOR | Fe p ‰ | Fe dc ‰ | Al p ‰ | Al dc ‰ |
|-----|--------|---------|--------|---------|
| A1  | 0,49   | 16,76   | 0,36   | 0,92    |
| IIB | 3,41   | 26,83   | 3,19   | 1,77    |

## CONCLUSIONES

El transecto estudiado recoge una amplia diversidad de suelos representativos de ambientes desde áridos a boreales. Esta diversidad obedece a la peculiar convergencia de los factores climáticos, litológicos e históricos.

Se podrían sintetizar los gradientes edafogenéticos existentes mediante el tipo de alteración predominante en cada caso:

1. Disolución, movilización y precipitación de sales solubles y yeso.
2. Disolución, movilización y reprecipitación de carbonato cálcico.
3. Alteración débil de los silicatos primarios.
4. Alteración de silicatos, retranslocación de arcillas en el perfil.
5. Fuerte alteración de los minerales primarios e iluviación de sesquióxidos (podsolización).

Se plantea la incógnita de en qué medida los procesos descritos son activos en la actualidad o heredados de condiciones edafogenéticas pretéritas y diferentes de las actuales. Aunque ya se han presentado algunos elementos de juicio en este sentido, sólo un estudio pluridisciplinar profundo puede aportar una interpretación globalizadora de las características del cuaternario de la zona.

**Agradecimientos:** A las personas del Servicio de Espectroscopia y Servicio de Análisis de la Universidad de Barcelona por su inestimable ayuda en el proceso de análisis de las muestras.

## BIBLIOGRAFIA

AGUILAR, J.; BENAYAS, J., y MACIAS, F., 1980.- Procesos de edafogénesis. I Podsolización. **An. Edaf. y Agro.** XXXIX, 1895-1922

ALLISON, L. E., y MODDIE, C. E., 1965.- Methods of soils analysis. **Agronomy**, 9, part 2.

BECH, J.; VALLEJO, V. R.; JOSA, R.; FRANSI, A., y FLECK, I., 1981.- Estudio del carácter podsólico en suelos ácidos de la alta montaña Andorrana. **An. Edaf. y Agro.** Tomo XL nums. 1-2: 119-132.

CARCELLER, F., 1988.- **El Moncayo**. Col. Mariano de Pano y Ruata; cap. referente al suelo. Caja de Ahorros Inmaculada. Zaragoza.

C.P.C.S., 1967.- **Clasificación des sols**. E.N.S.A. docmulting Grignon.

DAMBRINE, E., 1987.- Distribution, morphology, chemical characteristics and biochemical processes of high mountain podzols developed on granite under temperate climate, 69-83 Vol. **Podzols et podzolisation INRA-AFES**.

DE KIMPE, C. R., y MARTEL, 1976.- Effects of vegetation on the distribution of Carbon, Iron and Aluminium in the B horizons of Northern Appalachian Spodosols. **Soil Sci. Am. J.** 40: 77-80.

DUCHAUFOR, P., y SOUCHIER, B., 1980.- Roles of Iron and clay in genesis of acid soils under a humid temperate climate. **Geoderma**, 20: 15-26.

DUPUIS, P., 1969.- Dosage des carbonats dans les fractions granulométriques de quelques sols calcaires et dolomitiques. **Ann. Agron.** 20 (1): 61-88.

ESPIAU, P., y PEDRO, G., 1980.- Caractérisation du complexe d'échange des sols acides. Le taux d'acidité d'échange et sa signification pédogénétique sous climat tempéré. **Ann. Agron.** 31 (4): 363-383.

HOLGREM, G. G. S., 1967.- A rapid citrate-dithionite extractable iron procedure. **Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.** 31: 210-211.

HOLGREM, G. G. S., y YECK, R. D., 1984.- Field identification of spodic horizons with potassium hydroxide extractable aluminium and humic acid color. **Soil. Sci. Soc. Am. J.** 48: 1370-1374.

HOYOS, M. A.; CASAS, J.; MARTIN DE VIDALES, J. L., 1983.- Caracterización físico-química y mineralógica de los suelos del Moncayo. **An. Edaf. y Agro.** Tomo XLII n.ºs 7-8: 930-944.

LIETZKE, D. A., y MCGUIRE, G. A., 1987.- Characterisation and classification of some soils with spodic morphology in the Southern Appalachians. **Soil. Sci. Soc. Am. J.** 45: 912-917.

MENSUA, S. y PELLICER, F., 1980.- El piedemonte del Moncayo. Contribución al estudio de los contactos entre la Cordillera Ibérica y la Depresión del Ebro. **Cuadernos de estudios Borjanos** 6: 109-138.

NETTLENTON, W. D.; PARSONS, R. B.; NESS, A. O. & GELDERMAN, F.W., 1982.- Spodosols along the southwest Oregon coast. **Soil. Sci. Soc. Am. J.** 46: 593-598.

PADLEY, E. A.; BARTELLI, L. J., y TRETTIN, G. C., 1985.- Spodic Horizon Criteria Applied to soils of Northern Michigan. **Soil. Sci. Am. J.** 49: 401-405.

PELLICER, F., 1984.- **Geomorfología de las cadenas Ibéricas entre el Jalón y el Moncayo**. Cuadernos de estudios Borjanos. Vol I (XI-XII) 360 pág.

STANLEY, S. R., y CIOLKOSZ, E. J., 1981.- Classification and genesis of spodosols in the central Appalachians. **Soil. Sci. Soc. Am. J.** 45: 912-917.

U. S. D. A., 1975.- **Soil Taxonomy**, A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys.

VAL, R. M., e IÑIGUEZ, J., 1981.- Suelos podsólicos y podsoles de la Sierra de Urbasa I. Morfología y datos analíticos. **An. Edaf. y Agro.** Tomo XL num. 3-4: 381-384.

VALLEJO, V. R., 1986.- La distribució dels carbonats en els sòls de la Depressió Central Catalana. **Butlletí. Ins. Cat. His. Nat.** 53: 69-79.