

**ANÁLISIS DE UNA SECUENCIA DE SUELOS ROJOS EN LA CUENCA
ALTA DEL RÍO ARAGÓN (HUESCA, ESPAÑA) CON ESPECIAL
REFERENCIA A LA COMPONENTE MINERALÓGICA**

M. VIDAL¹
I. SÁNCHEZ-CARPINTERO²
A. PINILLA³
C. ROQUERO⁴
A. LÓPEZ¹

RESUMEN.—Se han estudiado tres suelos rojos y uno pardo desarrollados sobre los tres niveles diferenciales que constituyen el sistema de terrazas fluvio-glaciares localizadas en el enterríos comprendido entre los cursos del Aragón y Aragón Subordán (Huesca, España). Lo característico de los suelos de este sistema de terrazas es la presencia generalizada de un suelo rojo coronando la terraza superior de 60 m, así como la existencia de suelos pardos sobre las terrazas intermedia (20 m) e inferior (2-3 m). Sin embargo, la singularidad de esta área de estudio, cuya explicación es objeto del presente artículo, la constituye la existencia, también, de suelos rojos sobre los dos subniveles en que queda desdoblada la terraza de 20 m. Con

¹ Escuela Politécnica Superior (Campus Universitario). E-27002 LUGO.

² Universidad de Navarra. E-31080 PAMPLONA.

³ Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC). E-28006 MADRID.

⁴ ETSI Agrónomos (Ciudad Universitaria). E-28040 MADRID.

esta intención, junto con la caracterización general de estos suelos, se ha llevado a cabo la caracterización granulométrica mediante tres métodos diferentes de dispersión. Se analiza la relación arcilla/limo (Ac/L) y la arcilla naturalmente dispersa (AcND), esta última mediante la relación $Ac-H_2O/Ac-hex$. Las fracciones ligera y pesada de la arena han sido examinadas mediante microscopio petrográfico y SEM. La presencia de piritas pseudomórficas y otras formas de hierro, junto con la interpretación de los resultados analíticos anteriores, prueban que los suelos rojos correspondientes a los dos subniveles de la terraza de 20 m tienen un carácter transportado de un área próxima.

ABSTRACT.—*Analysis of a sequence of red soils in the upper Aragón river basin (Huesca, Spain) with special reference to the mineral components.* Three profiles of red soils and one of brown colour all developed on four different levels of terrace system located in the interfluvial area between the Aragón and Aragón Subordán rivers (Huesca, Spain) were studied. The system of 60, 20 and 2-3 m terraces have the characteristic note that the 60 m terrace present a red soil and a brown colour the lower one but the two 20 m levels have a red soil. This study pretends to find an answer to this 20 m level, singular fact based in a possible separation into two parts of interglacial to which is attributed the rubefaction of the soils of the high level terraces. General analytical determinations and a granulometric characterization by means of three dispersion methods have been carried out for this purpose and also clay/silt (cl/s) and the natural dispersed clay (DNcl) relations are presented. A detailed examination of the sand light and heavy fractions have been done by petrographic microscope and SEM. The presence of some pyrite pseudomorphisms and other iron forms and the interpretation of previous results show the transported character from a proximal area for the red soils developed on the two 20 m sublevel terraces.

KEY WORDS.—Red soil, dispersion methods, dispersed natural clay, pseudomorphisme and iron oxides, Aragón river (Huesca, Spain).

INTRODUCCIÓN

El área interfluvial comprendida entre el río Aragón y su afluente por la margen derecha, el Aragón Subordán (Puente la Reina de Jaca, Huesca, España), compone un adecuado marco en donde abordar el estudio de los suelos rojos mediterráneos (fig. 1). En él queda bien representado el sistema de terrazas de 60, 20 y 2-3 m sobre el cauce actual, con continuidad a lo largo de todo el curso de aquel río. La nota característica de

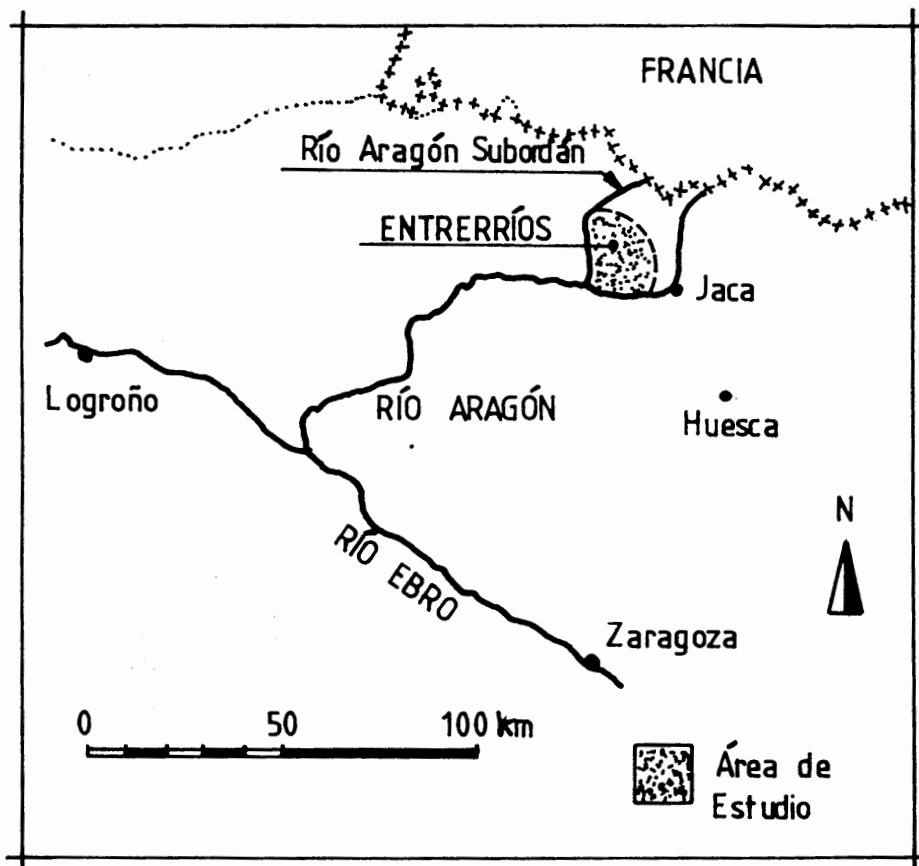


Fig. 1. Mapa de localización del área de estudio.

estos niveles de erosión es la presencia de un suelo rojo coronando la terraza de 60 m (VIDAL, 1991) y la existencia de suelos pardos sobre los niveles de 20 y 2-3 m. Sin embargo, la singularidad destacable, objeto de este artículo y que se presenta en esta concreta y única situación, reside en que toda la superficie del nivel de 20 m también está coronada por un suelo rojo, desdoblado en dos subniveles y separados por un escalón de 1,5 m. Este hecho ha sido puesto de manifiesto anteriormente (VIDAL y SÁNCHEZ-CARPINTERO, 1990; VIDAL, 1995), pero su estudio y su posible relación con un desdoblamiento episódico (MARTÍ, 1978) del interglacial Mindel-Riss, al que se atribuye normalmente la rubefacción de los suelos del nivel de terraza T_3 de 60 m (ALIMEN, 1964), no han sido todavía abordados.

El sustrato sobre el que se ha excavado el sistema de terrazas es la margas eocena característica de esta parte de la cuenca del Ebro; el depósito o

manto aluvial de las terrazas está compuesto por cantos de una variada gama litológica, entre los que dominan las rocas sedimentarias del tipo de las areniscas del Oligoceno, *flysch* y calizas del Devónico y resultan más esporádicas las efusivas básicas del tipo de la andesita, traquita y diorita, junto con grauvacas y pizarras del Pérmico, pizarras del Devónico o areniscas del Permotriás, procedentes todos estos materiales de la cabecera de la cuenca del río Aragón y del Pirineo axial (BARRÈRE, 1963; SOLÉ SABARÍS, 1941).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se eligieron cuatro perfiles, uno por cada nivel o subnivel del sistema de terraza. Tres eran de color rojo (5YR y 7,5YR) —uno del nivel de 60 m (perfil T₃) y los dos restantes, los correspondientes a los dos subniveles de la terraza de 20 m (perfiles T_{2,2} y T_{2,1})— y el cuarto de color pardo, situado sobre la terraza inferior (perfil T₁).

La caracterización granulométrica se realizó mediante tres modalidades de dispersión: una de ellas se llevó a cabo dispersando sólo con agua destilada (Ac-H₂O); otra, mediante hexametáfosfato sódico (Ac-hex), y una última empleando también hexametáfosfato con previa eliminación de los óxidos de hierro con ditionito y citrato (Ac-dit) (MEHRA y JACKSON, 1960; ESPEJO, 1978). La arcilla naturalmente dispersa (AcND) quedó definida por la proporción entre Ac-H₂O/Ac-hex.

Se determinaron los contenidos de materia orgánica y carbono (WALKLEY, 1934), el nitrógeno total (método de Kjeldhal), los carbonatos totales (calcímetro de Bernard), la capacidad de intercambio catiónico (acetato amónico) y los cationes de cambio (fotometría y complejometría). La caracterización mineralógica de las fracciones pesada y ligera de la arena (límite de densidad = 2,9) se realizó tanto en las subfracciones de arena media (0,5-0,2 mm) como en la fina y muy fina (0,2-0,05 mm), empleando bromoformo para la separación. Aquel análisis se realizó con un microscopio petrográfico al que se adaptó un contraste de fase. Para el estudio particular de la fracción pesada se utilizó un SEM equipado con microanalizador.

La altura relativa de los perfiles se determinó mediante diferencias de paralaje sobre fotografía aérea (E 1/30.000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los regímenes de temperatura y de humedad de los suelos estudiados son de tipo méxico y xérico respectivamente (USDA, 1994). Las tablas I y II recogen los resultados generales del análisis de los perfiles, así como la gama de colores rojos de estos suelos, que queda comprendida entre 5YR y 7,5YR.

En cuanto a los rasgos externos y diferenciadores de los perfiles de estos suelos, todo parece indicar que el grado de meteorización alcanzado en ellos, aunque intenso en el nivel T₃, no llegó a ser nunca extremo en ninguno de los tres niveles de terraza, como lo revela el estado de alteración en que se hallan los cantos de grava integrados en la matriz del suelo, en los que no se advierten estados finales de arenización y desintegración completa de los elementos gruesos, como es posible encontrar en otros niveles más antiguos (HUBSCHMAN, 1975). No obstante, la simple observación permite apreciar una alteración creciente de los cantos con la antigüedad del nivel de excavación.

Además, en contraste con lo anterior, se han encontrado al estudiar la mineralogía de las arenas formas no rodadas de piritita o bien pseudomorfismos de ésta constituidos por óxidos de hierro (figs. 2, 3, 4 y 5). Estos pseudomorfismos son piritoedros, hexaedros simples o maclados y formas framboidales. Además, aparecen fósiles no rodados de gasterópodos de tamaño comprendido entre 0,2-0,05 mm. Esto parece indicar que, si bien las cuarcitas y areniscas han resistido bastante, las pizarras, en las que interpretamos existían originalmente estos componentes piríticos, han experimentado una meteorización total, liberando *in situ* estas configuraciones.

En el mismo sentido apuntan los valores de capacidad de intercambio catiónico (CIC) obtenidos, de los que puede deducirse una tipología de la fracción arcilla en la que predomina, como componente mayoritaria, el tipo ilítico o micáceo y caolinítico, con una tendencia a la aparición de componentes esmectíticos únicamente en el perfil T₃.

| Nivel | Horizonte | Profundidad (cm) | Color | pH - H ₂ O | pH - ClK | ClC meq/100g | Na meq/100g | K meq/100g | Mg meq/100g | Ca meq/100g |
|------------------|-----------------|---------------------|----------|-----------------------|----------|-----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|
| T ₁ | A ₁₁ | 0-32 | 10YR7/2 | 7,85 | 7,15 | 7,19 | 0,04 | 0,14 | 0,56 | 7,48 |
| T ₁ | A ₁₂ | 32-82 | 10YR7/2 | 8,05 | 7,15 | 5,23 | 0,03 | 0,04 | 0,62 | 6,56 |
| T ₁ | C ₁ | 82-120 | 10YR6/2 | 8,15 | 6,95 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,57 | 6,71 |
| T _{2,1} | A | 0-32 | 5YR6/6 | 6,25 | 6,25 | 13,30 | 0,04 | 0,32 | 0,72 | 9,89 |
| T _{2,1} | B _t | 32-60 | 5YR5/6 | 6,45 | 6,45 | 14,17 | 0,06 | 0,25 | 0,73 | 14,08 |
| T _{2,1} | CB | 60-90 | 7,5YR6/4 | 6,90 | 6,90 | 6,32 | 0,03 | 0,06 | 0,48 | 8,50 |
| T _{2,1} | C _k | 90-250 | 10YR6/3 | 6,95 | 6,95 | 4,14 | 0,03 | 0,02 | 0,45 | 7,91 |
| T _{2,2} | A _p | 0-40 | 7,5YR5/8 | 6,10 | 6,10 | 15,59 | 0,03 | 0,57 | 0,68 | 9,61 |
| T _{2,2} | B ₁₁ | 40-70 | 7,5YR5/6 | 6,70 | 6,70 | 16,79 | 0,06 | 0,38 | 0,78 | 15,21 |
| T _{2,2} | B ₂ | 70-120 | 7,5YR5/6 | 6,85 | 6,85 | 11,88 | 0,05 | 0,21 | 0,62 | 15,71 |
| T _{2,2} | CB _k | 120-160 | 10YR7/3 | 6,90 | 6,90 | 4,47 | 0,02 | 0,04 | 0,45 | 7,99 |
| T _{2,2} | R ₁₁ | 160-300 | 2,5Y7/4 | 6,60 | 6,60 | 13,52 | 0,04 | 0,15 | 0,66 | 15,36 |
| T ₃ | A _p | 0-27 | 7,5YR5/8 | 6,30 | 4,65 | 9,27 | 0,03 | 0,07 | 0,67 | 3,25 |
| T ₃ | B ₁₁ | 27-65 | 5YR5/8 | 6,00 | 4,10 | 12,32 | 0,05 | 0,10 | 0,92 | 5,31 |
| T ₃ | B ₂ | 65-100 | 5YR5/8 | 6,00 | 4,00 | 13,41 | 0,07 | 0,11 | 1,17 | 7,85 |
| T ₃ | CB ₁ | 100-141 | 5YR5/8 | 6,35 | 4,45 | 18,97 | 0,09 | 0,21 | 0,96 | 13,31 |
| T ₃ | CB ₂ | 141-210 | 5YR5/8 | 7,50 | 6,00 | 21,36 | 0,07 | 0,25 | 0,81 | 19,90 |
| T ₃ | C | 210-300 | 7,5YR7,2 | 7,95 | 6,55 | 5,23 | 0,03 | 0,01 | 0,44 | 8,81 |

Tabla I. Caracterización general de los suelos.

| Nivel | Horizonte | CO ₃ Ca % | Mat. orgán. % | C % | N % | Arena-hex % | Limo-hex % | Arcilla-hex % |
|------------------|-----------------|----------------------|---------------|------|------|-------------|------------|---------------|
| T ₁ | A ₁₁ | 39,36 | 1,38 | 0,80 | 0,09 | 27,64 | 18,17 | 13,00 |
| T ₁ | A ₁₂ | 38,42 | 0,59 | 0,34 | 0,07 | 30,13 | 19,02 | 12,33 |
| T ₁ | C ₁ | 50,24 | 0,15 | 0,09 | 0,06 | 24,87 | 11,32 | 10,10 |
| T _{2.1} | A | 0,52 | 1,31 | 0,76 | 0,11 | 31,47 | 33,77 | 28,00 |
| T _{2.1} | CB | 42,49 | 0,30 | 0,17 | 0,06 | 31,58 | 10,60 | 15,20 |
| T _{2.1} | C _k | 46,27 | 0,44 | 0,25 | 0,04 | 33,84 | 10,23 | 11,40 |
| T _{2.2} | A _p | 0,00 | 1,68 | 0,97 | 0,16 | 26,61 | 37,63 | 32,42 |
| T _{2.2} | B _{tl} | 10,37 | 0,86 | 0,50 | 0,10 | 27,59 | 19,87 | 37,10 |
| T _{2.2} | B ₁₂ | 28,39 | 0,68 | 0,39 | 0,09 | 27,21 | 11,92 | 31,50 |
| T _{2.2} | CB _k | 47,31 | 0,13 | 0,07 | 0,05 | 29,48 | 10,93 | 16,87 |
| T _{2.2} | R ₁₁ | 31,23 | 0,21 | 0,12 | 0,09 | 0,63 | 28,60 | 38,00 |
| T ₃ | A _p | 0,00 | 1,22 | 0,71 | 0,09 | 30,12 | 44,67 | 19,85 |
| T ₃ | B _{tl} | 0,06 | 0,33 | 0,19 | 0,10 | 34,68 | 30,36 | 31,00 |
| T ₃ | B ₁₂ | 0,02 | 0,26 | 0,15 | 0,05 | 35,79 | 28,13 | 33,57 |
| T ₃ | CB ₁ | 0,05 | 0,35 | 0,20 | 0,06 | 27,08 | 24,80 | 44,58 |
| T ₃ | CB ₂ | 3,83 | 0,41 | 0,24 | 0,09 | 23,56 | 21,13 | 46,25 |
| T ₃ | C | 52,89 | 0,10 | 0,06 | 0,04 | 15,93 | 15,08 | 15,42 |

Tabla II. Caracterización general de los suelos (continuación).

| Nivel | Horizonte | Ac-H ₂ O % | Ac-hex % | Ac-dit % | Ac-hex/L | AcND % |
|------------------|-----------------|-----------------------|----------|----------|----------|--------|
| T ₁ | A ₁₁ | 7,40 | 13,00 | 15,40 | 0,71 | 56,90 |
| T ₁ | A ₁₂ | 5,60 | 12,30 | 15,00 | 0,65 | 45,50 |
| T ₁ | C ₁ | 5,30 | 10,10 | 11,20 | 0,89 | 52,40 |
| T _{2.1} | A | 16,80 | 28,00 | 27,90 | 0,83 | 60,00 |
| T _{2.1} | B _t | 17,00 | 31,60 | 32,10 | 1,37 | 53,70 |
| T _{2.1} | CB | 9,00 | 15,20 | 20,50 | 1,43 | 59,20 |
| T _{2.1} | C _k | 6,70 | 11,40 | 14,30 | 1,11 | 58,70 |
| T _{2.2} | A _p | 26,70 | 32,40 | 32,80 | 0,86 | 82,40 |
| T _{2.2} | B _{t1} | 27,50 | 37,10 | 38,70 | 1,86 | 74,10 |
| T _{2.2} | B _{t2} | 22,50 | 31,50 | 30,60 | 2,64 | 71,40 |
| T _{2.2} | CB _k | 8,10 | 16,80 | 16,00 | 1,54 | 48,20 |
| T _{2.2} | R ₁₁ | 28,10 | 38,00 | 38,90 | 1,32 | 73,90 |
| T ₃ | A _p | 11,80 | 19,80 | 19,50 | 0,44 | 59,50 |
| T ₃ | B _{t1} | 14,10 | 31,00 | 29,70 | 1,02 | 45,40 |
| T ₃ | B _{t2} | 16,80 | 33,50 | 34,80 | 1,19 | 50,10 |
| T ₃ | CB ₁ | 24,30 | 44,50 | 48,50 | 1,79 | 54,60 |
| T ₃ | CB ₂ | 29,70 | 46,20 | 50,50 | 2,19 | 64,20 |
| T ₃ | C | 10,00 | 15,40 | 15,70 | 1,02 | 64,90 |

Tabla III. Porcentajes de fracción arcilla según método de dispersión. Relación arcilla/limo (Ac/L) y arcilla naturalmente dispersa (AcND).

En la tabla III se presentan los contenidos de arcilla obtenidos por los tres métodos de dispersión, así como los resultados de algunas relaciones texturales de interés como son la arcilla/limo (Ac/L), que nos informa acerca de la antigüedad de la arcilla (ROQUERO, 1994), y el cociente Ac-H₂O/Ac-hex (AcND), que representa la arcilla naturalmente dispersa o la capacidad de iluviación de esta fracción textural. De estos resultados se desprende que el proceso de iluviación de arcilla parece haber sido intenso en el suelo rojo de la terraza más antigua (perfil T₃), pasando de un 29,7% de arcilla desferrificada en el horizonte B_{t1} a un 50,5% en el CB₂, tendencia que se observa asimismo en los valores correspondientes a los dos métodos restantes de dispersión. De igual modo, el grado de iluviación es creciente con la profundidad alcanzada en este perfil, que resulta máxima (AcND = 64,2%) en el CB₂, donde se registra el mayor grado de evolución (Ac/L = 2,19). Por el contrario, en el perfil T₁ no existe iluviación y la evolución de la mineralogía de la arcilla resulta más moderada. Los perfiles T_{2.2} y T_{2.1} se encuentran en una situación intermedia entre los dos anteriores.

El proceso de humidificación se manifiesta irrelevante en el conjunto de los suelos estudiados, como lo muestran los niveles de materia orgánica existentes, que oscilan entre el 0,1 y el 1,68%, aunque los valores de la relación C/N prueban que se trata de una componente orgánica evolucionada.

Los resultados del análisis mineralógico de las fracciones pesada y ligera correspondientes a las subfracciones de 0,5-0,2 mm (arena media, FM) y 0,2-0,05 mm (arena fina y muy fina, FF) se recogen en las tablas IV y V, en las que se precisa tanto el intervalo de variación como el valor medio (m). Los porcentajes de minerales pesados opacos se calcularon cuando se habían contabilizado cien cristales transparentes; es decir, los opacos naturales y los de alteración junto con los fragmentos de roca son los correspondientes a cien minerales transparentes contados.

Los resultados de la fracción ligera (tabla IV) están en consonancia con el grado de evolución no extremo deducido de los resultados anteriores, como lo prueba el progresivo aumento del valor medio del cuarzo con la antigüedad de la superficie de erosión y, por tanto, del suelo desarrollado

| Nivel | Fracción | Q | Fl | FrR | FrR/Q | Fl/Q |
|------------------|----------|-------|-------|-------|-------|------|
| T ₁ | FM | 29-46 | 2-8 | 43-67 | | |
| T ₁ | m | 38 | 6 | 53 | 1,39 | 0,16 |
| T ₁ | FF | 36-45 | 3-17 | 42-55 | | |
| T ₁ | m | 41 | 9 | 47 | 1,15 | 0,22 |
| T _{2.1} | FM | 43-60 | 2-6 | 33-54 | | |
| T _{2.1} | m | 55 | 4 | 39 | 0,71 | 0,07 |
| T _{2.1} | FF | 52-75 | 11-12 | 10-35 | | |
| T _{2.1} | m | 66 | 11 | 20 | 0,3 | 0,17 |
| T _{2.2} | FM | 34-70 | 0-5 | 23-64 | | |
| T _{2.2} | m | 52 | 2 | 43 | 0,83 | 0,04 |
| T _{2.2} | FF | 73-80 | 8-10 | 0 | | |
| T _{2.2} | m | 77 | 12 | 5 | 0,06 | 0,16 |
| T ₃ | FM | 32-77 | 1-7 | 18-66 | | |
| T ₃ | m | 61 | 3 | 23 | 0,38 | 0,05 |
| T ₃ | FF | 51-89 | 8-18 | 2-27 | | |
| T ₃ | m | 63 | 12 | 22 | 0,35 | 0,19 |

Tabla IV. Análisis mineralógico de la fracción ligera de la arena (Q, cuarzo; Fl, feldespatos, y FrR, fragmentos de roca).

sobre ella (valores máximos en los perfiles T₃, T_{2.1} y T_{2.2}). De igual modo se explica que la relación entre los fragmentos de roca encontrados y el cuarzo (FrR/Q), así como el propio contenido de fragmentos de roca (FrR) y la relación entre feldespatos y cuarzo (Fl/Q), resulten mayores en el perfil menos evolucionado de los cuatro (perfil T₁). El predominio generalizado de cuarzo sobre los feldespatos revela claramente la influencia de la composición litológica del depósito o manto aluvial de estas terrazas, fundamentalmente de naturaleza detrítica.

En cuanto a los resultados del análisis de la fracción pesada, presentados en la tabla V, se aprecia una cierta relación entre los valores correspondientes a la subfracción de 0,2-0,05 mm (FF) de los perfiles T₃, T_{2.1} y T_{2.2}, diferentes de los encontrados en el perfil T₁. Las diferencias halladas entre los valores de la subfracción 0,5-0,2 mm (FM) son menos significativas. Los intervalos de magnitud encontrados en estos tres perfiles, así como los valores medios de los mismos, correspondientes a la fracción opaca (óxidos de hierro, fragmentos de roca rubificada y opacos naturales), tienen un orden de magnitud muy semejante entre sí y diferente, a su vez, del de los registrados en el perfil T₁. Lo mismo puede afirmarse en relación con el

| Nivel | Fracción | Óxidos de hierro | Opacos naturales | Leucóxenos | Alteritas |
|------------------|----------|------------------|------------------|------------|-----------|
| T ₁ | FM | 51-118 | 5-14 | 0-1 | 0 |
| T ₁ | m | 53 | 8 | 0,3 | 0 |
| T ₁ | FF | 166-308 | 5-59 | 28-40 | 0 |
| T ₁ | m | 222 | 35 | 32 | 0 |
| T _{2.1} | FM | 86-130 | 11-39 | 0-1 | 0 |
| T _{2.1} | m | 105 | 20 | 0,25 | 0,7 |
| T _{2.1} | FF | 330-406 | 40-126 | 31-137 | 1-2 |
| T _{2.1} | m | 376 | 82 | 87 | 0,8 |
| T _{2.2} | FM | 70-194 | 14-33 | 0-3 | 1-3 |
| T _{2.2} | m | 112 | 25 | 1,8 | 2 |
| T _{2.2} | FF | 267-667 | 51-110 | 112-235 | 0-4 |
| T _{2.2} | m | 401 | 84 | 156 | 1 |
| T ₃ | FM | 24-83 | 6-16 | 1-9 | 0-10 |
| T ₃ | m | 44 | 11 | 3,5 | 2,8 |
| T ₃ | FF | 141-415 | 21-130 | 92-150 | 0-4 |
| T ₃ | m | 255 | 85 | 116 | 1,7 |

Tabla V. Análisis mineralógico de la fracción pesada de la arena.

contenido de alteritas y leucoxenos. En cuanto a la componente de cristales transparentes, destaca el contenido moderado del cortejo compuesto por turmalina, circón y rutilo, en la subfracción FM de todos los perfiles. Igualmente, destaca la presencia de granate y epidota en los dos subniveles $T_{2.1}$ y $T_{2.2}$, inexistentes, por otra parte, en los perfiles T_1 y T_3 . Estos últimos resultados deben interpretarse como consecuencia de una componente anómala en los sedimentos originales de los dos subniveles $T_{2.1}$ y $T_{2.2}$, probablemente de carácter alóctono.

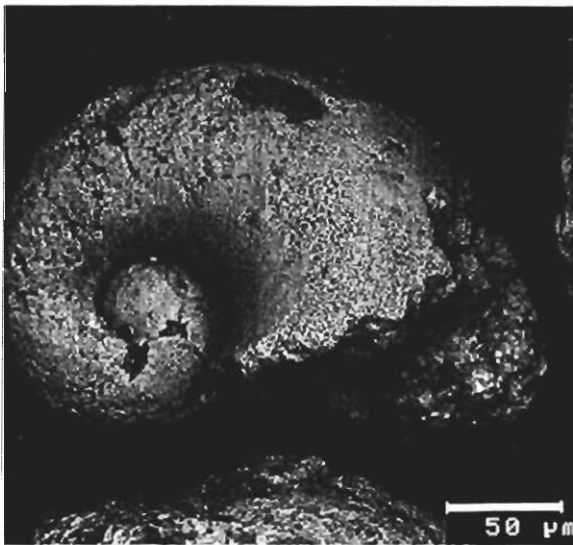


Fig. 2. Microfósiles.

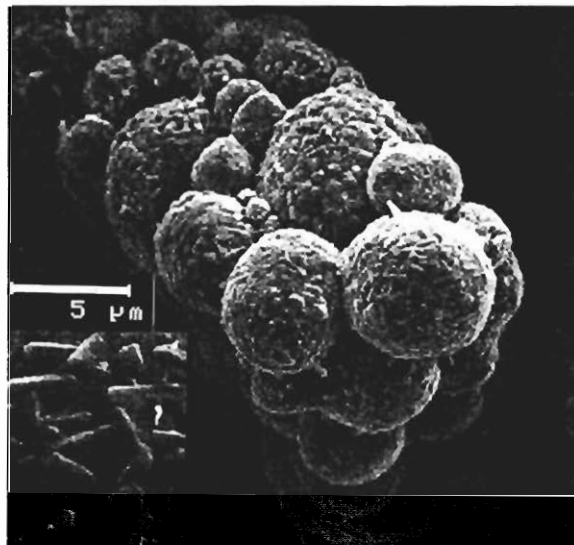


Fig. 3. Formas framboidales.

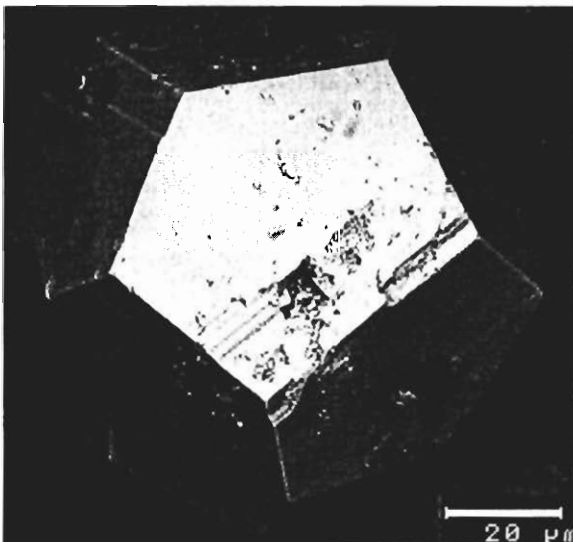


Fig. 4. Piritoedros.

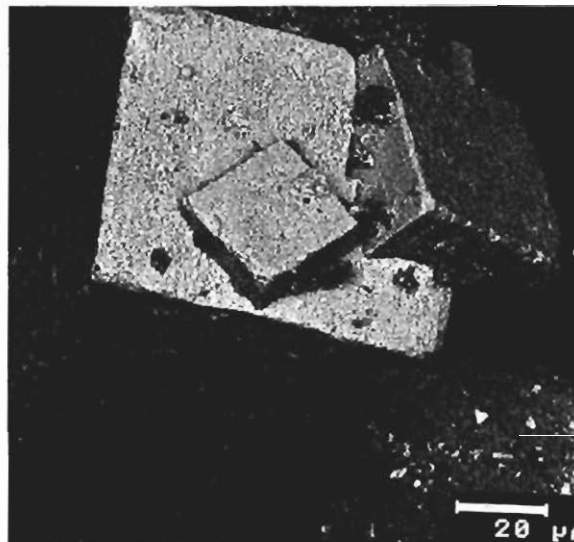


Fig. 5. Cubos.

Por último, y con relación a la fracción pesada, cabe destacar la existencia, predominantemente en los dos subniveles $T_{2.2}$ y $T_{2.1}$, de opacos naturales y de alteración (óxidos de hierro) bajo cuatro formas singulares: microfósiles (fig. 2), formas framboidales (fig. 3), piritoedros (fig. 4) y cubos (fig. 5). De esta manera se corrobora el carácter alóctono del material original de los dos suelos rojos en que se desdobra la terraza T_2 y, por tanto, la liberación posterior de sus componentes.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en relación con la tipología de la fracción arcilla, los valores de las relaciones Ac/L y la proporción de arcilla naturalmente dispersa ($AcND$), junto con las observaciones relativas al grado de evolución de los cuatro perfiles de estudio, sugieren una estrecha relación entre los tres suelos rojos. El análisis mineralógico corrobora lo anterior y acentúa el carácter transportado de los dos suelos rojos correspondientes al nivel de la terraza de 20 m.

BIBLIOGRAFÍA

- ALIMEN, H., 1964. *Le quaternaire des Pyrénées de la Bigorre*. Éd. Press. Paris.
- BARRÈRE, P., 1963. La période glaciare dans l'Ouest des Pyrénées franco-espagnoles. *Bull. Soc. Géol. de France*, 7 (5): 516-526.
- ESPEJO, R., 1978. *Estudio del perfil edáfico y caracterización de las formaciones tipo raña en el Sector Cañamero-Horcado de los Montes*. Tesis Doct. Univ. Politécnica, Madrid. 469 pp.
- HUBSCHMAN, J., 1975. *Morphogenèse et pédogenèse quaternaires dans le piémont des Pyrénées Garonnaises et Ariégeoises*. Thèse Fac. Toulouse. Éd. Champion. Paris.
- MARTÍ, C. E., 1978. Aspectos de la problemática geomorfológica del Alto Aragón Occidental. *Estudios Geográficos*, 153: 473-493.
- MEHRA, O. P. y JACKSON, M. L., 1960. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clay and Clay Miner.*, 7: 317-327.
- ROQUERO, E., 1994. *Relación suelos-geomorfología en el sector centro-meridional de la cuenca del Tajo*. Tesis Doct. Univ. Complutense, Madrid.

- SOLÉ SABARÍS, L., 1941. La Canal de Berdún. *Estudios Geográficos*, 7: 113-160.
- USDA, 1994. *Key to soil taxonomy*.
- VIDAL, M., 1990. Análisis e interpretación de algunas cuestiones que plantea el complejo de morrenas y terrazas del río Aragón (Huesca, España). *Cuaternario y Geomorfología*, 4: 107-118.
- VIDAL, M., 1991. *Los suelos rojos de la cuenca del Ebro: mineralogía y clasificación*. Instituto de Estudios Altoaragoneses (Serie de Investigación Científica). Huesca.
- VIDAL, M., 1995. Estudio de las características físicas, químicas y morfológicas de la cronosecuencia de suelos del curso alto del río Aragón en relación con los sedimentos morrénicos de Villanúa (Huesca). *Lucas Mallada*, 7: 249-266.
- WALKLEY, A., 1934. An examination of the Dejtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, 37: 29-38.