

LAS ALTAS SUPERFICIES DEL INTERFLUVIO DE LOS RIOS MANZANARES-JARAMA AL NE DE MADRID (ESPAÑA). CARACTERIZACION GEOMORFOLOGICA Y EDAFICA

M. P. Carral *, A. Martín-Serrano **, J. L. Goy *** y C. Zazo ****

RESUMEN

El piedemonte septentrional de la Cuenca de Madrid se ha construido durante el Aragoniense superior y constituye un sustrato de naturaleza arcósica que se encuentra actualmente en proceso de disección. En la zona madrileña permanecen restos de altiplanicies que se interpretan como referencias morfológicas próximas a la culminación de su relleno sedimentario.

Los suelos que aparecen sobre esas superficies no son comparables con los que se desarrollan sobre el techo de otros piedemontes peninsulares. A pesar de la evolución que se les presupone, dada la antigüedad de las superficies, muestran una gran dependencia de la naturaleza litológica del sustrato geológico, ya sea terciario o cuaternario. Así, presentan textura generalmente arenosa y su rasgo más común, la aparición de contrastes texturales entre los horizontes, es consecuencia directa de la disposición estratigráfica original del sedimento. La repetición en profundidad de los horizontes iluviales se debe a la existencia de secuencias deposicionales del material geológico. La ganancia de arcilla que forma cutanes espesos y continuos en esos horizontes y su homogeneidad mineralógica, implica una edafización previa a la desarrollada sobre las altas superficies del piedemonte.

El orden de todos estos suelos es Haploxeralf (Soil Taxonomy) o Luvisol (FAO). El hecho que no sean considerados «palexeralf» sólo responde a la rigidez de la norma impuesta por la clasificación que especifica un espesor mínimo del horizonte argílico. Lo cierto es que son suelos complejos y/o policíclicos elaborados sobre otros paleosuelos intrasedimentarios de edad neógena.

Palabras clave: Suelos, superficie, piedemonte, Cenozoico, Cuenca de Madrid.

ABSTRACT

The northern piedmont of the Madrid's basin was formed during the Upper Aragonian and it constitutes a substrate of arkosic nature which currently is going through a dissection process. In the area of Madrid it persist remainings of altiplain which is interpreted as morphologic references near the culmination of its sedimentary fill-up.

The soils which appear over these surfaces are not comparable which those developed over other peninsular piedmonts. Although these soils are supposed to have a high level of evolution, as a consequence of the antiquity of the surfaces, present a high dependence from the lithologic nature of the geological substrate independently if it is Tertiary or Quaternary. In this manner present a texture generally sandy and their more common characteristic, the occurrence of textural contrasts between horizons, is a direct consequence of the original stratigraphical arrangement of the sediment. The repetition in depth of the illuvial horizons is due to the existence of deposition sequences of the geological material. The gain in clay which forms the thick and dense clay skin in these horizons, as well as their mineralogical homogeneity, imply a certain previous soil genesis, to that other developed over the high piedmont surfaces.

The order of all these soils is Haploxeralf (Soil Taxonomy) or Luvisol (FAO). The fact that these soils are not considered «palexeralf» only responds to the rigidity of the normative imposed by the classification, which specify a minimum thickness for the argillic horizon. The truth is that these soils are complex and/or polycyclic worked out over paleosoils intrasedimentary of Neogene age.

Key words: Soils, piedmont, Cenozoic, Madrid's basin.

* Dpto. Química Agrícola, Geología y Geoquímica. Facultad de Ciencias. Univ. Autónoma de Madrid. 28049 Cantoblanco.

** Instituto Tecnológico Geominero de España. Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid.

*** Dpto. Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca. Plaza de la Merced, s/n. 37008 Salamanca.

**** Dpto. de Geología, Museo Nac. Ciencias Naturales. (CSIC). José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid.

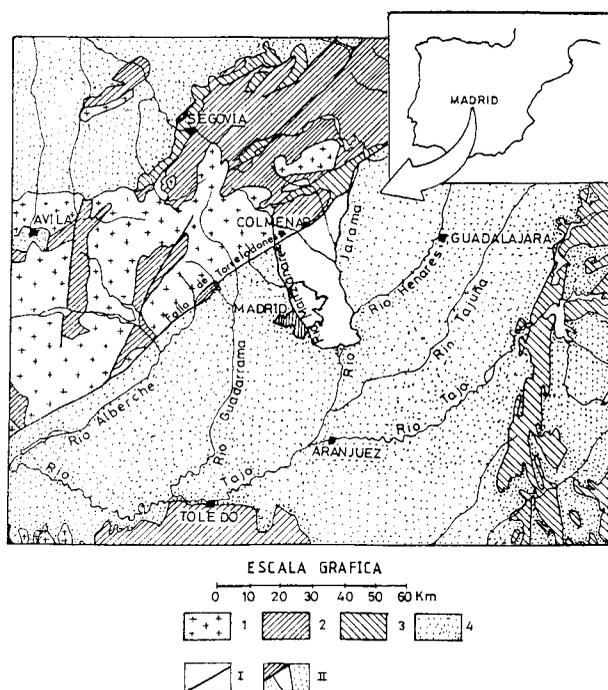


Fig. 1.—Esquema de situación. Leyenda: 1) Rocas plutónicas. 2) Metasedimentos Hercínicos. 3) Mesozoico Ibérico. 4) Cenozoico. I) Fallas. II) Área de estudio.

Rasgos generales del piedemonte madrileño

La Cuenca de Madrid, la más extensa de las unidades morfoestructurales de la Meseta meridional, es una depresión de contorno fuertemente asimétrico lo que se refleja en las litofacies que constituyen su relleno y por extensión, en su diferenciación morfoestructural que está controlada por éstas. El piedemonte madrileño, el interfluvio Manzanares-Jarama, forma parte de una de esas grandes unidades litológicas y morfoestructurales, en el sector septentrional de la cuenca directamente relacionado con la sierra (fig. 1).

Litoestratigrafía

La denudación del Sistema Central origina un conjunto arcósico, denominado *Facies Madrid* (Riba, 1957), que ocupa todo el borde meridional de esta cordillera, dando lugar a una orla detrítica con un conjunto de materiales muy gruesos que afloran junto a la falla meridional de Torrelodones (fig. 2).

Existe una serie inferior constituida por una reiterada alternancia de arcosas fangosas y fangos arenosos de colores ocres o rojizos, aspecto masivo, bases canalizadas, estratificación cruzada ocasional y estructuras de escape de fluidos. Se ordenan en

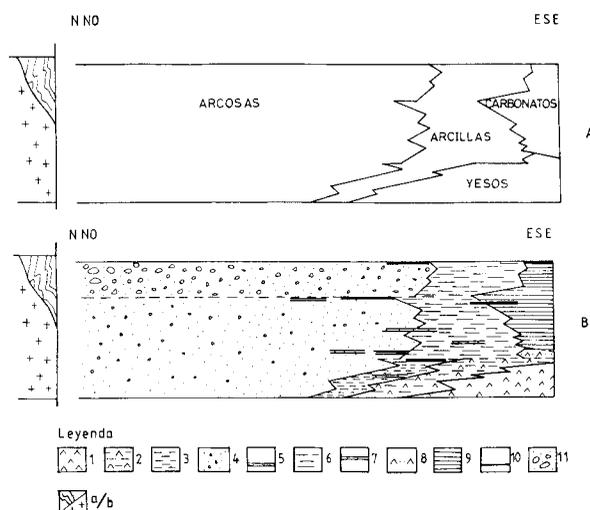


Fig. 2.—Significado e interrelación de unidades estratigráficas de la zona estudiada. Leyenda: 1) Yesos masivos, 2) Yesos tableados, 3) Arcillas y arenas micáceas, 4) Arenas arcósicas con limos y arcillas, 5) Sepiolita, 6) Arcillas con carbonatos, margas, sílex y arenas micáceas, 7) Carbonatos, 8) Arcillas y yeso-arenitas, 9) Carbonatos dolomíticos tableados y arcillas, 10) Carbonatos dolomíticos tableados y arcillas, 11) Sílex, 12) Arcosas gruesas. a/b) Zócalo. (Basado en datos de Calvo *et al.*, 1983 y 1989.)

secuencias granodecrecientes de orden métrico (3-4 m) que culminan en fangos arenosos (45 % de arena) y muestran una ligera estructuración horizontal, laminación convoluta ocasional, bioturbación por raíces, y ligeras rubefacciones relacionadas con procesos edáficos hidromorfos. Hacia las zonas más septentrionales del interfluvio la granulometría se hace más gruesa; son frecuentes los microconglomerados con lechos discontinuos de cantos de granito y de otros materiales plutónicos apareciendo también asociados una gran proporción de fangos rubefactados. Forman una serie general granodecreciente que es el resultado de la acumulación de un sistema de abanicos aluviales coalescentes de flujo NO-SE a ONO-ESE según un espesor superior a los 250 m que tiende a disminuir rápidamente hacia el sur.

Discordantemente sobre las arcosas infrayacentes y con una distribución espacial generalmente coincidente, el último episodio arcósico supone una serie granocreciente de aumento granulométrico considerable. Son arcosas blancas, pardas y anaranjadas de escasa estructuración sedimentaria, granulometría gruesa y poca proporción de finos. Constituyen una serie granocreciente distribuida en pequeñas secuencias de 8 a 10 m con abundantes lechos de cantos y formas canalizadas que en la mitad sur se han interpretado características de zonas intermedias de abanicos aluviales con fuerte acreción vertical. Su geometría trapezoidal presenta espesor cre-

ciente hacia el norte (entre 50 y 130 m) y un techo limitado por una superficie de erosión/depósito de génesis controvertida: la *superficie de Madrid* (Riba, 1957).

Desde el punto de vista mineralógico ambas unidades constituyen un conjunto homogéneo con un 20-60 % de feldespatos y una asociación de minerales pesados dominada por el apatito (circón, turmalina y granate) y cantos de granito, sienita, cuarzo y pórfidos constituyendo láminas paralelas. Los niveles de arcilla, muy escasos, contienen proporciones equivalentes de esmectita, illita dioctaédrica y caolinita, también, localmente, sepiolita asociada a capas de sílex.

La unidad arcósica inferior abarca desde el Aragoniense inferior hasta el superior a techo de la misma (yacimiento de Paracuellos). También existen otros yacimientos distribuidos en los alrededores de Madrid que corresponden al Aragoniense medio. Por el contrario, en las arcosas superiores no se ha localizado ninguno. Además, la correlación de este conjunto terminal con las facies de las zonas centrales es sumamente difícil, pues no existe conexión entre ellas. Sin embargo, de acuerdo con las dataciones obtenidas y puesto que los terrígenos de la base del Páramo se consideran vallesienses (López Martínez *et al.*, 1987), estas arcosas gruesas de Madrid corresponderían a los términos superiores de la *Unidad Intermedia Miocena*.

Geomorfología

El interfluvio terciario Manzanares-Jarama presenta los rasgos morfológicos típicos de un piedemonte en destrucción, una demolición que se enmarca en la dinámica general de vaciado de la Cuenca de Madrid dirigida por el encajamiento general del río Tajo. Es una disección elaborada a partir de la Superficie de Madrid (una más que probable aproximación al techo original del piedemonte en este área), y dirigida hacia las arterias principales Manzanares y Jarama, que a su vez fluyen hacia el Tajo. La degradación de esa vieja superficie ha originado una compleja variedad de formas relacionadas con el encajamiento y de alguna forma, la jerarquización y ordenación del mismo en etapas sucesivas. Todas las formaciones o depósitos superficiales ligadas a estos procesos de denudación presentan muy escaso espesor y litofacies obviamente de carácter arcósico lo que conlleva graves problemas de diferenciación del sustrato.

La altiplanicie divisoria del interfluvio Jarama-Manzanares está representada por la *superficie de Madrid* (Riba, 1957) o también denominada Rampa areno-feldespática (Vaudour, 1979). Corresponden a

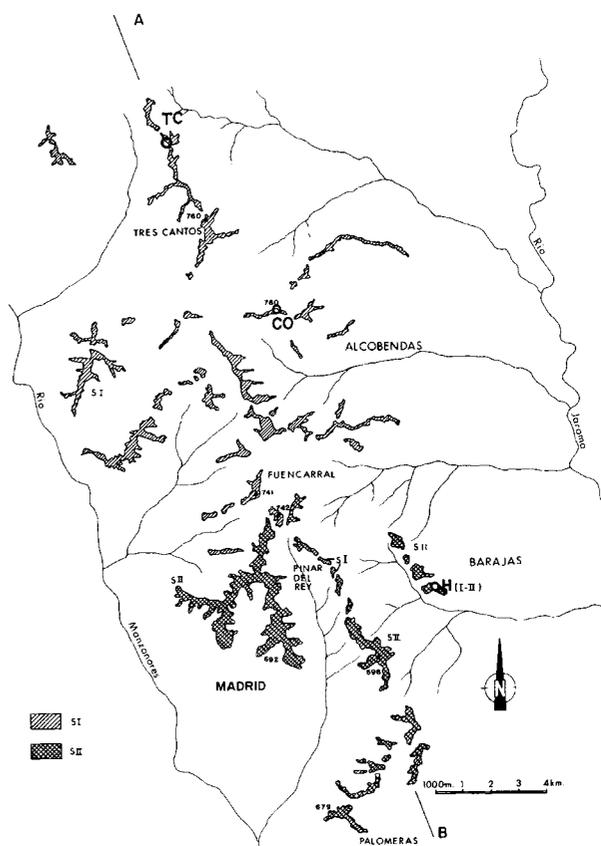


Fig. 3.—La superficie de Madrid en el interfluvio Manzanares-Jarama y posición de los suelos estudiados.

restos muy retocados de viejos arrasamientos labrados sobre las arcosas gruesas superiores (atribuidas al Aragoniense superior) que hoy constituyen culminación orográfica y partición de aguas entre los dos ríos madrileños. Es un elemento geomorfológico singular que arranca desde Colmenar Viejo, inmediatamente sobrepasando el gran accidente meridional del Macizo de Guadarrama (falla de Torrelodones), a unos 800 m de cota y concluye al sur de Madrid a unos 680 m.

Esta divisoria presenta una inclinación general hacia los cauces fluviales, tanto a los principales como a los secundarios, lo que supone un índice avanzado de degradación y regradación (fig. 3). Tales tendencias y los escalonamientos que se observan en algunas zonas hacen de ella un conjunto complejo aglutinado en dos niveles principales: las superficies S1 y S2 de Goy *et al.* (1989). Separadas entre una y dos decenas de metros. Tanto una como otra presentan una pendiente general inferior al 1 % dirigida al Sur (fig. 4). Al menos el tramo superior de la *superficie de Madrid*, podría corresponder a un estadio transitorio hacia la red hidrográfica actual, semejante al de la Raña de otros

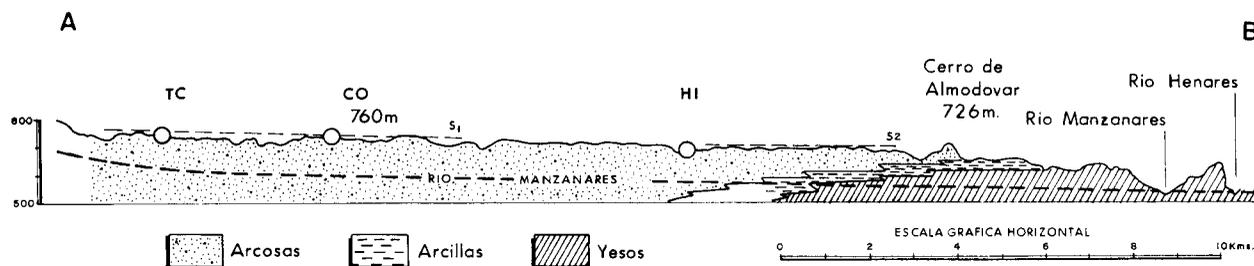


Fig. 4.—Perfil longitudinal de la superficie de Madrid y situación de los suelos estudiados.

lugares de la Meseta (Martín-Serrano, 1991). Su emplazamiento es comparable a las terrazas más antiguas del sistema Jarama-Henares e inmediatamente anterior a la primera del Jarama-Manzanares.

Se consideran posteriores a las Rañas, por lo que se atribuyen al Plio-Cuaternario (Goy *et al.*, 1989).

De forma muy general, dentro del contexto de este sector (borde septentrional de la Cuenca de Madrid), podemos atribuir la situación cronológica relativa siguiente:

Cronología de las superficies

Ríos	Manzanares	Jarama	Henares	
Terrazas	+90-94 m	+130 m +170 m	+184-190 m	Pleis.Inf
	(Sp. Hortaleza) SII + 141 m (Sp. Fuencarral) SI + 174 m.		+210-215 m	terrazas
Interfluvio	(Superficie de colmatación)		R ₁ =230 m R ₂ =250 m R ₃ =270 m Mierla (1.062 m)	Plio-Pleis Interfluvio Plio-Sup.

Las superficies divisorias que presentan sectores muy bien conservados no parece que estén asociados a importantes acumulaciones de sedimentos. Aunque se han citado hasta 3-4 m de depósito sobre el sustrato arcósico (en Cerro Otero, Fuencarral, El Goloso, etc., según Goy *et al.*, 1989) no queda claro que sea así en todas partes pues algunos afloramientos presentan una litología homogénea comparable con la de otros lugares identificados como Terciario.

La secuencia de glaciares de erosión o de cobertera antiguos que articulan las altas superficies o rampas con los sistemas de terrazas de los ríos Manzanares y Jarama también deben considerarse techo del piedemonte. Son glaciares-vertientes, replanos o superficies escalonadas conectadas entre sí por escarpes suavizados, lo que conlleva a perfiles plano-cóncavos que poseen material removilizado, aunque pueden considerarse casi enteramente erosivos (Carral *et al.*, 1987). Constituyen la transición entre fenómenos de escorrentía generales o generalizados (*superficie de*

Madrid) y el encauzamiento definitivo de la red hidrográfica a través del desarrollo de una escorrentía local; prueba de ello es la inclinación que va dirigida hacia los cauces secundarios (López Vera y Pedraza, 1976).

Los escasísimos depósitos asociados presentan espesor centimétrico y están constituidos por arenas más o menos arcillosas o arcósicas con clastos de naturaleza diversa (caliza, sepiolita, sílex, cuarzo, cuarcita, granitoides, etc.).

Los suelos

En las altas superficies de la España carbonatada aparecen suelos rojos con petrocálcicos extraordinariamente desarrollados, es la consecuencia de un lento y duradero proceso de formación y de la estabilidad de esas viejas superficies. Sobre el techo de los piedemontes de la Meseta y de sus cuencas terciarias se han encontrado los que se consideran los suelos (no enterrados) más antiguos de la península: los *ultisoles* de las rañas (Espejo, 1981) que se emplazan en torno a las serranías cuarcíticas. Sus especiales condiciones de formación próximas a los *oxisoles*, que implican un proceso de larga duración, concuerda con la antigüedad que se le presupone al elemento morfológico sobre el que se asientan. En otros piedemontes de la Cuenca de Madrid como Somosierra y Montes de Toledo aparecen estos suelos ácidos muy lavados y desaturados ricos en caolinita (Vaudour, 1979; Espejo, 1985; Gallardo *et al.*, 1987 y Pérez González y Gallardo, 1987). Sin embargo en esas regiones de sustrato silíceo casi nunca se han descrito suelos peculiares ni especialmente desarrollados sobre los techos de los piedemontes de naturaleza arcósica. El interfluvio madrileño con esas características no es una excepción.

Estudio de los perfiles

(FAO, 1977-1988). Se han seleccionado cuatro perfiles representativos de los elementos morfológicos más significativos del techo del piedemonte (figs. 3 y 4): dos en las altas superficies (SI) divisorias

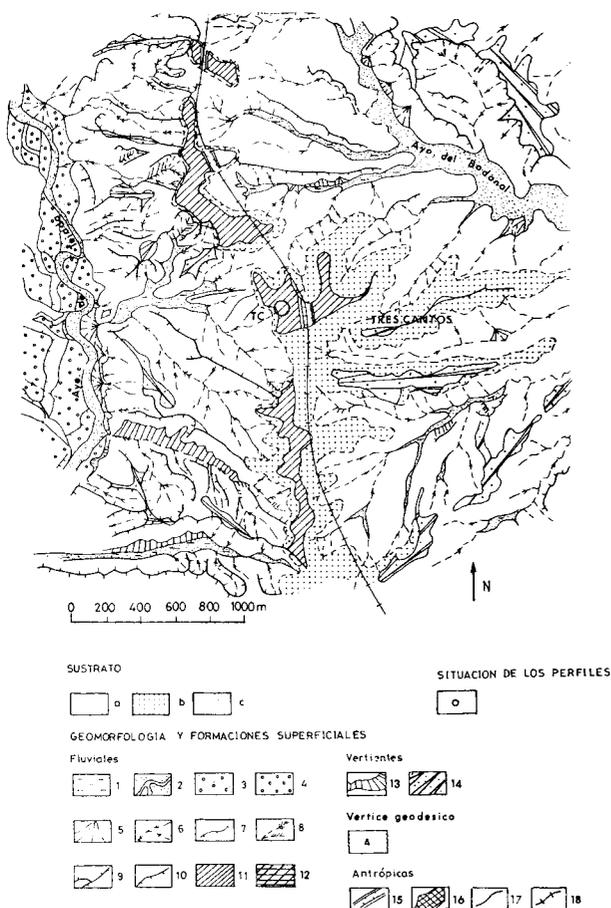


Fig. 5.—Esquema geomorfológico de la zona de Tres Cantos y leyenda general para las figuras 5, 7 y 9. Sustrato: a) arcosas, b) conglomerados y arcosas gruesas, c) margas y yesos. Geomorfología y formaciones superficiales: 1) fondos de valle, 2) aluviones y canal fluvial, 3) fondo de valle colgado, 4) terraza, 5) conos, 6) incisión en cauces y arroyos, 7) reborde de terraza, 8) cárcavas, 9) crestas y líneas divisorias, 10) escarpe, 11) alta superficie divisoria. Vertientes: 12) coluviones, 13) derrames, 14) glacis de cobertura, 15) glacis erosivos. Estructurales y litológicos: 16) superficie, 17) superficie degradada, 18) reborde estructural, 19) fondo semiendorreico. Antrópicos: 20) talud, 21) excavación.

(Tres Cantos y Cerro Otero), otro sobre la segunda superficie (SII) (Hinojosa I) y el cuarto en la secuencia de glacis más antiguo inmediatamente articulado sobre dicha superficie (Hinojosa II). (Carral, 1993). Los tres primeros perfiles caracterizan las altas superficies del interfluvio Jarama-Manzanares y el cuarto es representativo de las vertientes de enlace entre estas superficies y las terrazas fluviales.

Perfil de Tres Cantos

Este perfil se sitúa sobre la divisoria de aguas Manzanares-Jarama en uno de los retazos más septentrionales de la Superfi-

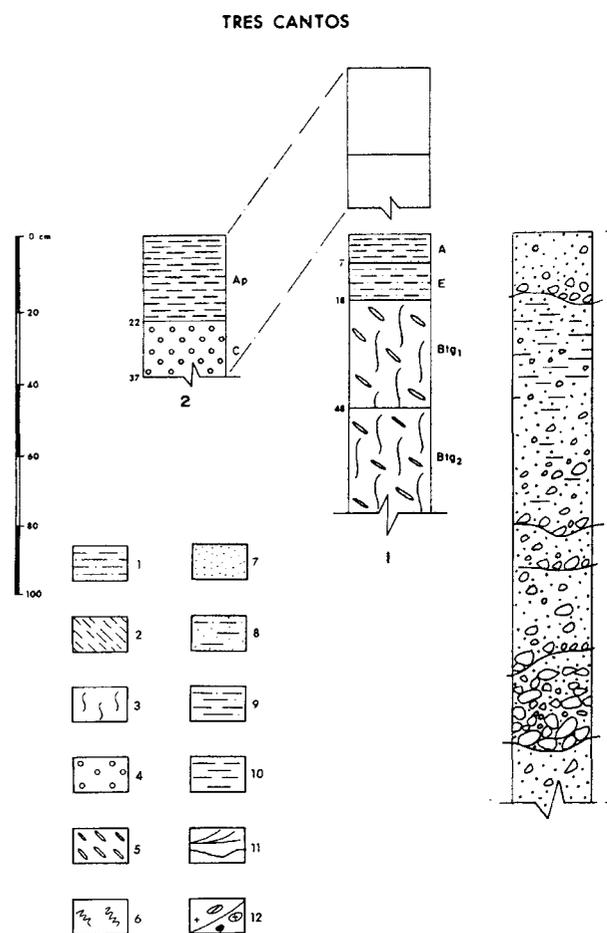


Fig. 6.—Perfil edáfico y columna estratigráfica de Tres Cantos. Leyenda general para las figuras 6, 8 y 10: 1) Conglomerados, 2) Arenas/areniscas, 3) Arenas fangosas, 4) Fangos arenosos, 5) Fangos, 6) Discontinuidad, estratificación cruzada, 7) Clastos: sílex, feldespato, carbonato, fangos de inundación, 8) Horizonte A, 9) Horizonte E, 10) Horizonte Bw, 11) Horizonte Bt, 12) Horizonte C, 13) Gleyzación, 14) Carbonatación.

cie de Madrid (figs. 3 y 4) próximo al borde plutónico-metamórfico de este interfluvio, que presenta inclinación al sur y pequeños escalonamientos hacia ambas vertientes. Su culminación septentrional, junto al zócalo, está a 806 m y la meridional de este tramo de interfluvio al Sur del vértice de Tres Cantos (760 m).

Los replanos coinciden con sedimentos conglomeráticos y arenosos, arcósicos y de carácter fluvial, y corresponden a aterrazamientos individualizados y relacionados con los primeros estadios de la disección fluvial.

El valor de la disección es fuerte, sobre todo en la fachada occidental donde alcanza unos 80 m por la proximidad del arroyo Tejada (fig. 5). Este curso presenta un perfil asimétrico con emplazamiento de terrazas en su ribera derecha, lo que prueba su progresión hacia el Este. Esta circunstancia da lugar al desarrollo acusado de procesos erosivos con proliferación de cárcavas y barrancos que están socavando la superficie por el oeste. La vertiente este presenta un modelado más suave, sin abarrancamientos y pendientes moderadas.

En los tres metros de afloramientos se superponen dos secuencias granodecrecientes constituidas por arenas arcósicas gruesas con mala clasificación y gravas, cantos y bloques (C:

Tabla 1.—Descripción y características edáficas de los suelos estudiados

Perfil	Hori-zont.	Profun-didad	Color	Textura	Estructura	Consistencia (mojado-seco)	Límite	Observaciones
T.C.	A	0,7	10 YR 5/3 S 10 YR 4/3 H	areno franca	laminar gruesa	No adherente, extremadamente duro	gradual	fragmentos de roca y cuarzos
	E	7-18	10 YR 6,5/3 S 10 YR 5/3 H	areno franca	masiva	No adherente, extremadamente duro	neto y plano	feldespatos alterados hasta de 15 cm
	Bt _{G1}	18-48	10 YR 5/3 matriz 10 YR 4/6 moteado	franco arenosa	bloques medios subangulares	ligeramente adherente, muy duro	irregular	cutanes zonales
	Bt _{G2}	> 48	7,5 YR 7/6 5 YR 5/8 moteado	franco arenosa	bloques subangulares medianos	ligeramente adherente, muy duro	brusco y plano	base canalizada, fragmentos de granito
C.O.	A _{u1}	0-8	7,5 YR 6/4 S 7,5 YR 5/4 H	areno franca	masiva	No adherente, muy duro	gradual	
	A _{u2}	8-16	7,5 YR 4/6 matriz 5 YR 4/6 moteado	areno franca	masiva	No adherente, muy duro	brusco plano	pedregosidad de cuarzo y feldespatos hasta un 40 %
	Bt ₁	16-29	10 YR 5/4 S 10 YR 5/3 H	areno franca	bloques angulares media	ligeramente adherente, muy duro	gradual	iluviación de arcilla
	Bt ₂	29-59	5 YR 5/6 pasando a 2,5 YR 6/4	areno franca	bloques angulares media	ligeramente adherente, muy duro	gradual	cutanes
	2 Bt ₃	59-92	7,5 YR 6/6 7,5 YR 5/6	franco arenosa	angular, media	ligeramente adherente, duro	neto y plano	cutanes discontinuos
	2 Btk ₁	92-134	7,5 YR 4,5/4 matriz 10 YR 7,5/3 moteado	franco arenosa	subangular grande	ligeramente adherente, ligeramente duro	gradual	
H.I	2 Btk ₂	134-180	10 YR 7/3 10 YR 6/3	areno franca	subangular grande	ligeramente adherente, ligeramente duro	difuso y ondulado	cutanes delgados y discontinuos
	2 Btk ₃	180-215	7,5 YR 5/6 7,4 YR 5/6	areno franca	masiva	ligeramente adherente, muy duro		pedregosidad 50 %
	Ap	0-20						sin describir
	E	20-70	7,5 YR 6/2 S 7,5 YR 5/2 H	arenosa	granular mediana	no adherente, muy duro	abrupto, ondulado	
	2 Bt	70-140	7,5 YR 5/4 S 7,5 YR 4/2 H	arenosa	prismática mediana	ligeramente adherente, muy duro	plano continuo	cutanes
H.II	3 Bt	140-160	2,5 YR 7/4 S 7,5 YR 6/5 H	franco arenosa	prismática mediana	adherente, extremadamente duro	plano continuo	bandeado de arcilla horizontal
	3 CB	160-200	10 YR 7/2 S 10 YR 6/2 H	areno franca	masiva mediana	no adherente, duro	plano continuo	aumento del bandeado de arcilla
	3 CK	> 200	10 YR 7/3 S 0 10 10 YR 6/3 H	areno franca	masiva mediana	no adherente, ligeramente duro		abundante pedregosidad
	Ap	0-25						
H.II	E	25-50	10 YR 7/2 S 10 YR 4/2 H	arenosa	masiva	no adherente, muy duro	brusco y plano	cantos de cuarzo
	2 Bt	50-80	10 YR 7/4 S 10 YR 6/6	areno limosa	prismática grande	ligeramente adherente, duro	brusco y plano	cutanes
	3 CB	> 80	10 YR 7/2 S 10 YR 6/8 H	arenosa	columnar grande	no adherente, extremadamente duro		carbonato en enrejado

T.C. = Tres Cantos; C.O. = Cerro Otero; H.I = Hinojosa I y H.II = Hinojosa II.

Tabla 1.—Descripción y características edáficas de los suelos estudiados (continuación)

pH H ₂ O	Conductividad eléctrica (dS/m)	Materia orgánica (%)	Carbonatos (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
6,4	0,02	1,5	0,4	82,05	17,22	0,73
6,9	0,02	0,7	—	74,53	23,69	1,78
6,5	0,02	—	—	67,05	24,05	8,90
4,9	0,02	—	—	72,9	20,05	7,05
6,7	0,04	1,8	—	80,51	18,52	0,97
6,7	0,03	0,6	—	79,5	18,86	1,64
6,7	0,02	0,5	0,4	76,8	17,60	5,60
6,2	0,03	—	0,4	83,78	12,81	3,41
6,4	0,09	—	—	72,31	23,54	4,15
7,7	0,24	—	4,5	47,04	48,72	4,24
7,9	0,13	—	3,2	80,77	15,58	3,65
8,1	0,08	—	7,5	83,94	13,81	2,25
—	—	0,9	—	—	—	—
6,8	0,01	—	—	84,12	9,56	6,32
7,3	0,01	—	—	71,12	16,56	12,32
8,5	0,021	—	1,6	77,12	4,56	18,32
8,7	0,03	—	10,6	79,12	16,56	4,32
8,4	0,04	—	5	83,12	12,56	4,32
—	—	0,7	—	—	—	—
6,9	0,06	—	—	70,02	27,58	2,4
6,9	0,04	—	—	58,73	32,56	8,71
8	0,14	—	0,7	51,04	44,56	4,40

30 cm) con un espectro litológico casi reducido a cuarzo y granito. Son bancos compactos de muro canalizado y cierto ordenamiento interno de carácter fluvial que contiene estratificación cruzada e imbricación de cantos. Las secuencias presentan muros de color gris blanco, granulometría bastante gruesa y escasa matriz, y techo más fino endurecido y rubefactado.

El perfil edáfico y la columna estratigráfica se representan en la figura 6 y la descripción del suelo en la tabla 1.

Perfil de Cerro Otero

El Cerro Otero (760 m) que constituye un alto topográfico en una ramificación oriental de la divisoria meridional del interfluvio, se sitúa al comienzo de la cuerda montañosa secundaria en la vertiente del Jarama que separa los arroyos de la Vega, de Quiñones y de Valdelamas (fig. 7). Si se exceptúa el mismo borde terciario junto a Colmenar donde se alcanzan cotas superiores a los 800 m, esta elevación y la de Tres Cantos (760 m) constituyen la culminación del interfluvio, siendo los restos de la superficie divisoria. Su prolongación se degrada en una serie escalonada de pequeños restos de interfluvio planos y redondeados que separan una red radial de barrancos, que presentan una morfología de glacis inclinados y escalonados hacia las líneas de drenaje actual, constituidas por los arroyos secundarios citados anteriormente. A estos arroyos concurren un conjunto de barrancos de fondo plano rellenos de material arenoso suelto, a los que llegan pequeños conos arenosos como principal aporte lateral de unas vertientes relativamente escarpadas y a veces acarcavadas.

En este caso, igual que en Tres Cantos, existe sobre el material arcósico una superficie erosiva, que conserva un depósito superficial representativo de este interfluvio. Este sedimento está constituido principalmente por arenas cuarzo-feldespáticas gruesas con gravas, cantos y bloques redondeados, constituidos por un espectro litológico de apatitas, cuarzo y granitos alterados, con estructuras sedimentarias de carácter fluvial y procesos edáficos hidromorfos.

Este depósito está representado en el perfil y columna, hasta la profundidad de 60 cm (fig. 8), que con la diferencia entre la cota del vértice geodésico y la de la parte alta del perfil edáfico, darían unos 3 m de espesor para esta formación superficial.

La descripción del suelo y sus características edáficas se han sintetizado en la tabla 1.

Perfiles del Olivar de la Hinojosa

Estos perfiles están levantados sobre una superficie degradada y un glacis que se sitúan sobre los 690-680 m respectivamente inclinándose hacia el Jarama en dirección al arroyo de San Blas. Ambos perfiles por consiguiente se han desarrollado sobre un área de sustrato terciario de arenas arcósicas (fig. 9).

Los perfiles, próximos tanto espacial como estratigráficamente, poseen rasgos litoestratigráficos similares pues están formados por dos secuencias sedimentarias de materiales arcósicos con carácter granodecreciente y origen fluvial.

En el perfil 1 (fig. 10) se observan 3 m constituidos por:

— Una secuencia inferior de unos 2,3 m de potencia donde se suceden: 1 m de arcosas verdes y compactas de grano medio a grueso, matriz fangosa, cemento carbonatado, manchas rojizas de hidromorfías y rasgos difusos de estratificación señalados por la carbonatación; los 80 cm superiores son fangos arcósicos de color marrón ceniza con gravas dispersas de cuarzo y feldespato, planos de estratificación y estructura poliédrica.

— Los 70 cm superiores están constituidos por arenas arcósicas de color gris ceniza de tamaño medio-grueso y deficiente clasificación, con gravas de cuarzo y gruesos cristales de feldespato. Su muro neto y canalizado, sólo se difumina en sectores muy concretos. Se subdivide en dos cuerpos; mientras que



Fig. 7.—Esquema geomorfológico de la zona de Cerro Otero.

el inferior contiene un material más suelto, el superior (25 cm) es compacto con laminación oblicua y muro muy neto y plano.

En el perfil 2 (fig. 10) existían 2,30 m de observación:

— La secuencia inferior con carácter débilmente granodecreciente es compacta, arenosa, moderadamente arcósica con granulometría fina, buena clasificación y manchas de hidromorfía rojizas. Presenta estratificación débilmente marcada y un nivel de encostramiento en enrejado. La mitad superior más coloreada (rubefactada) posee más matriz y estructura poliédrica.

— La secuencia superior la constituyen arenas arcósicas con escasa matriz, color gris, débiles rasgos hidromórficos, moderada clasificación y cantos y gravas en su muro. Su base es neta y canalizada y en su estructura interna existen estratificaciones cruzadas.

La descripción de estos suelos y sus características edáficas están representadas en la tabla 1.

Características generales y relaciones entre los perfiles estudiados

Los cuatro perfiles estudiados presentan en la actualidad una situación topográfica parecida pues están relacionados con la línea divisoria de aguas del interfluvio madrileño y un sustrato litoestratigráfico semejante ya sea terciario o depósito superficial más reciente pues ambos presentan rasgos similares, siempre difíciles de identificar. Esta última condición y la morfológica son las más influ-

CERRO OTERO

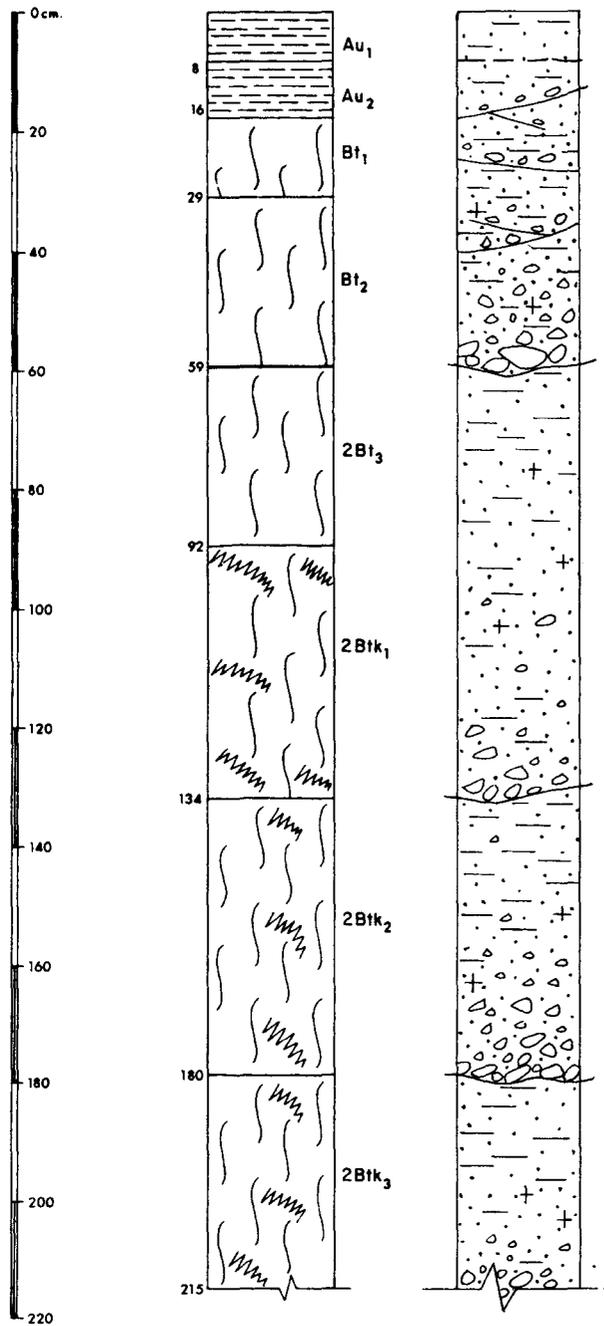


Fig. 8.—Perfil edáfico y columna estratigráfica de Cerro Otero. Leyenda.

yentes en el desarrollo del suelo. La relativa proximidad al borde plutónico-metamórfico de Colmenar Viejo explica muchos de los rasgos litoestratigráficos de los depósitos sobre los que se han desarrolla-

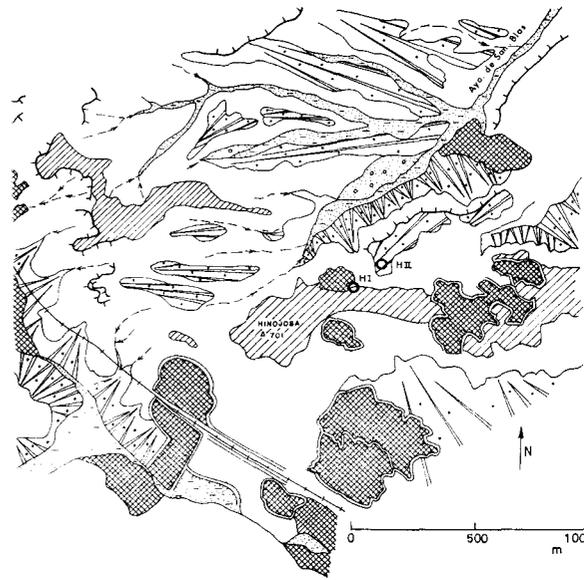


Fig. 9.—Esquema geomorfológico de la zona del Olivar de La Hinojosa.

do estos suelos. Litológicamente dichas características se concretan fundamentalmente en su inmadurez, es decir, en una fuerte heterometría, un espectro litológico relativamente variado teniendo en cuenta la limitación de su área fuente (cuarzo, granito, porfido) y granulometría arenosa gruesa lo que supone un dominio de esta fracción en todos los perfiles.

Desde el punto de vista estratigráfico el sustrato arcósico presenta un claro ordenamiento fluvial dando lugar a una diferenciación petrológica, granulométrica y textural marcada por la repetición de secuencias deposicionales lo que tiene una gran influencia en el desarrollo de los horizontes edáficos, tal y como puede constatare en la observación y análisis detallados de los perfiles.

En Cerro Otero el enriquecimiento de arcilla del primer horizonte argílico es relativamente escasa (de 1,64 % a 5,6 %) mientras que en Tres Cantos es algo mayor (de 1,78 % a 8,9 %) y sobre todo en los dos perfiles de La Hinojosa (de 6,32 % a 12,32 % y de 2,4 % a 8,71 %) respectivamente; parece que hay una relación directa con la presencia de un horizonte eluvial (E) mientras que en un Cerro Otero está ausente por erosión ya que el perfil está formado en la ladera, unos 2 m por debajo de la cota máxima. Sin embargo en todos los casos la ganancia de arcilla se presenta formando cutanes espesos y continuos, es decir, acusa rasgos significativos típicos de iluviación lo que conlleva a la existencia de un nivel de empobrecimiento donde se lavó la arcilla. En este sentido la presencia de un horizonte de lavado en los perfiles implica una diferenciación textural significativa que se refleja en los cortes

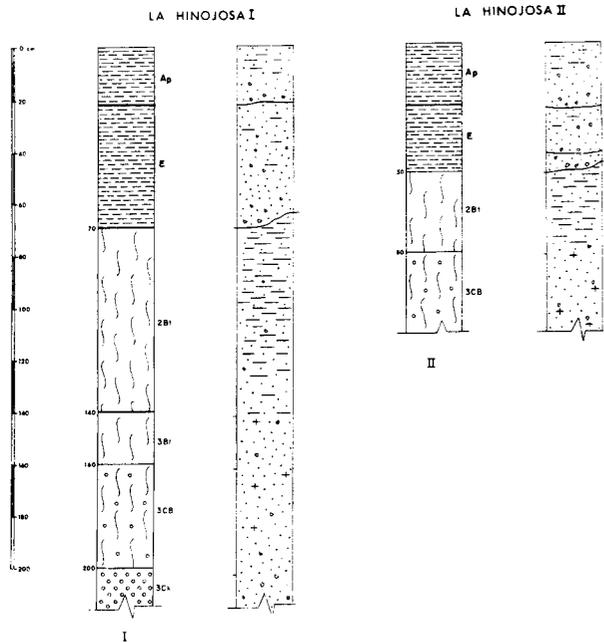


Fig. 10.—Perfiles edáficos y columna estratigráfica del área del Olivar de La Hinojosa. Leyenda.

estratigráficos, del mismo modo se observa que los perfiles de la Superficie Superior (S1), Tres Cantos y Cerro Otero, están desarrollados sobre una formación superficial y no directamente sobre el sustrato como le ocurre al de la Superficie Inferior (S2), Hinojosa I, y a el del Glacis, Hinojosa II.

El estudio por difracción de Rayos X de la fracción arcilla revela el carácter dominante de la esmectita por encima de la illita y caolinita, incluso en las partes más profundas de los perfiles, excepto en los horizontes superficiales que sólo incluyen illita. La homogeneidad mineralógica de las arcillas en todos los horizontes inferiores debe ser indicativo del carácter heredado de las mismas lo que no es sino una confirmación de la influencia del sustrato en el desarrollo del suelo.

La presencia de carbonato en los perfiles no tiene una significación tan clara pues su localización en los horizontes más profundos del suelo donde forma enrejados característicos puede tener diversas interpretaciones. En el caso del perfil de Tres Cantos no aparece el carbonato debido al poco afloramiento visible, el caso de Hinojosa II tiene dos interpretaciones, una como la anterior y otra debida a la mayor pendiente del depósito que favorece el lavado selectivo del carbonato.

Todos los perfiles tienen una lectura semejante; unos horizontes superficiales A-E, sobre una superposición de horizontes argílicos con rasgos de gleización en algunos casos y con acumulaciones de carbonatos en otros, que se repiten en profundidad.

Conclusiones

Por su posición morfológica estos suelos representan los de mayor evolución de toda el área arcósica, como consecuencia del grado de erosión que los afecta no se clasifican como paleosuelos, aunque los espesores de sus horizontes argílicos primitivos serían bastante mayores que los actuales y la presencia de importantes horizontes de lavado en todos ellos nos llevarían a considerarlos dentro de este tipo. El perfil de Hinojosa II (Glacis) presenta una evolución edáfica menor que la de los otros tres, manifestada en la diferencia de espesor de sus horizontes, debida a las condiciones morfológicas de este perfil (mayor pendiente) y a su edad, ya que es el que hemos considerado más joven de todos (Pleistoceno Inferior).

Los mecanismos geoquímicos y mineralógicos operantes en la evolución de estos perfiles edáficos depende básica y primordialmente del soporte litológico proporcionado por el sustrato terciario o la formación superficial correspondiente. En cualquier caso como ambos corresponden a litofacies arcósicas los perfiles presentan una textura arenosa. Es frecuente la definición de horizontes argílicos poco o muy desarrollados y discretas e irregulares acumulaciones de carbonatos. Un rasgo común de estos suelos es la superposición de horizontes contrastados marcados o no por discontinuidades, problemática abordada e interpretada de esta forma en otros puntos del interior de la cuenca (Jiménez Ballesta y Díez, 1991, Jiménez Ballesta *et al.*, 1991 y Jiménez Ballesta, R., Ibáñez, J. J. *et al.*, 1993). Es una consecuencia de la estructuración sedimentaria de esta unidad terciaria según capas centimétricas texturalmente diferenciadas. Precisamente desde el punto de vista estrictamente edáfico, la presencia de fuertes contrastes texturales, con límite de carácter «brusco» entre los horizontes A y B y sucesivos B, suele utilizarse como criterio para definir suelos con carácter policíclico; ya que esos cambios sólo pueden desarrollarse en períodos sucesivos de acumulación. Muchas capas arenosas de origen sedimentario pueden confundirse con horizontes superficiales del suelo cuando la realidad es que su definición textural, aun cuando puedan actualmente tener esa funcionalidad, es previa. Buenos ejemplos se tienen en el perfil de *Tres Cantos* y en *Hinojosa I y II*; todos conservan algo de su estructuración sedimentaria y un límite inferior bastante neto, que además suele truncar un argílico bastante bien desarrollado. La aparición de argílicos en profundidad separados por discontinuidades que es una constante de casi todos los perfiles estudiados, se manifiesta especialmente cuando estos implican al sustrato terciario claramente identificado.

Con respecto a la clasificación de estos suelos, por estar sometidos a la rigidez propia de toda norma no entrarían dentro de los «palexeralf» ya que en principio el espesor que presentan tanto los horizontes argílicos como el resto de ellos, es indudablemente menor que el que tendrían en condiciones originales, y por tanto insuficiente para determinar su carácter de *paleosuelo*. En cualquier caso el orden de todos los perfiles es, Haploxeralf (Soil Taxonomy) o Luvisol (FAO) y los subórdenes: *calcico-gleico* (Soil Taxonomy-FAO) para Cerro Otero; *aquiltic-gleico* (Soil Taxonomy-FAO) en Tres Cantos y *típico-gleico* (Soil Taxonomy-FAO) en Hinojosa I y II.

Los citados perfiles hay que considerarlos suelos complejos o policíclicos desarrollados sobre paleosuelos antiguos, de edad neógena que juegan el papel de verdaderas rocas madres. Su evolución reciente se superpone pues a un desarrollo edáfico previo que puede o no ser diferente y cuya definición e interpretación siempre resulta sumamente delicada.

En los perfiles levantados lo más común es que estas secuencias de paleosuelos intraterciarios estén recubiertas por formaciones superficiales de carácter arenoso. Esta circunstancia derivada del escaso desarrollo de las formaciones superficiales recientes y de la proliferación de paleosuelos interestratificados en el terciario conlleva a que algunos de los perfiles levantados correspondan a suelos en los que el cuerpo fundamental de los mismos sea la herencia edáfica registrada durante el proceso de relleno sedimentario de la cuenca terciaria.

Referencias

- Calvo, J. P., San José, M. A. y Vegas, R. (1983). Cartografía Geológica a escala 1:50.000 de la Hoja n.º 559, Madrid. IGME.
- Calvo, J. P., Ordóñez, S., García del Cura, M. A., Hoyos, M., Alonso Zarza, A. M., Sanz, E. y Rodríguez Aranda, J. P. (1989). Sedimentología de los complejos lacustres miocenos de la Cuenca de Madrid. *Acta Geol. Hispánica*, 24 (3-4), 281-298.
- Carral, M. P., Goy, J. L., Zazo, C., Gallardo, J. y Hoyos, M. (1987). Relación entre las unidades geomorfológicas y suelos en el Cuaternario de la Región de Madrid. *Cuaternario y Geomorfología*, 1-4, 77-87.
- Carral, M. P. (1993). *Relación suelos-unidades morfológicas Cuaternarias en el área del interfluvio Manzanares-Jarama (Madrid)*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- Espejo, R. (1981). *Estudio del perfil edáfico y caracterización de las superficies tipo raña en el sector Cañanero-Horcajo de los Montes*. Ministerio de Agricultura y Pesca. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias.
- Espejo, R. (1985). The ages and soils of two levels of raña surfaces in Central Spain. *Geoderma*. Holanda, 35, 223-239.
- FAO (1977). *Guías para la descripción de perfiles de suelos*. Roma.
- FAO (1988). *Soil Map of the World. Revised Legend*. Roma.
- Gallardo, J., Pérez González, A. y Benayas, J. (1987). Paleosuelos de los piedemontes villafranquienses y de las terrazas pleistocenas de la región del Valle del Henares Alto Jarama». *Bol. Geol. Min. España*, 98, 27-39.
- Goy, J. L., Pérez González, A. y Zazo, C. (1979). Estudio de las formaciones superficiales a escala 1:25.000 del término municipal de Madrid. *Ayuntamiento de Madrid*.
- Goy, J. L., Pérez-González, A. y Zazo, C. (1989). *Hoja y Memoria Geológica del Cuaternario de Madrid (559)*, ITGE, Mapa Geológico Nacional.
- Jiménez Ballesta, R., Cala, V. y García, R. (1991). Grado de uniformidad de los materiales en suelos con horizontes texturalmente contrastados. *Suelo y Planta*, 1, 287-301.
- Jiménez Ballesta, R. y Díez, J. A. (1991). Estimación de la movilidad potencial de la arcilla mediante electroultrafiltración y su importancia en génesis de suelos. *Suelo y Planta*, 139-152.
- Jiménez Ballesta, R., Ibáñez, J. J., Alcalá, L., Guerra, A. y Carral, M. P. (1993). Untrue eluvial horizons in red soils. *2nd International Meeting on Red Mediterranean Soils*, 1, 38-41.
- Jiménez Ballesta, R., Carral, M. P., Bregt, A. e Ibáñez, J. J. (1993). Variabilidad espacial de suelos en un transecto de la cuenca del río Manzanares. *XII Cong. Iber. de la Cie. del Suelo*, 911-918.
- López Martínez, N., Agustí, J., Cabrera, L., Calvo, J. P., Cívís, J., Corrochano, A., Daams, R., Díaz, M., Elizaga, E., Hoyos, M., Martínez, J., Morales, J., Portero, F., Robles, F., Santisteban, C. y Torres, T. (1987). Approach to the spanish continental neogene Synthesis and paleoclimatic interpretation. *Ann. Inst. Geol. Publ. Hungarici*, 70, 383-391.
- López Vera, F. y Pedraza Gilsanz, J. (1976). Síntesis geomorfológica de la Cuenca del río Jarama en los alrededores de Madrid. *Estudios Geol.*, 32, 499-508.
- Martín-Serrano, A. (1991). La definición y el encajamiento de la red fluvial actual sobre el Macizo Hespérico en el marco de su geodinámica alpina. *Rev. Soc. Geol. España*, 4, 337-351.
- Pérez-González, A. y Gallardo, J. (1987). La raña del Sur de la Somosierra y Sierra de Ayllón: un piedemonte escalonado del Villafranquiense medio. *Geogaceta*, 2, 22-32.
- Pérez González, A. (1989). Submeseta meridional. En: *Territorio y Sociedad* (Coord. Bielza de Ory, V) 1, 176-188.
- Riba, O. (1957). Terrasses du Manzanares et du Jarama aux environs de Madrid. *INQUA*, V. Congr. Intern. Livret. Guide, Exc., 5-55.
- Soil Survey Staff. (1990). Keys to Soil Taxonomy. *Soil Conservation Service of the US Department of Agriculture*.
- Vaudour, J. (1979). *La región de Madrid*. Ed., Ophrys, 390 págs.

Recibido el 23 de octubre de 1996.
Aceptado el 15 de diciembre de 1996.