

PALEOPROCESOS EDAFICOS EN SUPERFICIES PLIOCUATERNARIAS DEL CENTRO DE ESPAÑA

J. Benayas*, L. Alcalá del Olmo B.*, F. Monturiol* y A. Guerra**

* *Centro de Ciencias Medioambientales. (CSIC). Serrano, 115 dpdo. Madrid.*

** *Dpto. de Química Agrícola, Geología y Geoquímica. U. A. M. Madrid.*

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es reconstruir algunos de los procesos edáficos acaecidos en el transcurso del Cuaternario en el centro de España, al S. de la Cordillera Central. La investigación se realiza sobre sedimentos postpliocénicos, probablemente Villafranquieneses, de naturaleza fanglomerática que fosilizan los sedimentos arcósicos terciarios de la Cuenca del Henares.

El clima xérico de la zona y la vegetación de *Quercus ilex* generan Luvisoles y Acrisoles férricos y gleycos. La secuencia de desarrollo de los horizontes es: Ap/Bt/E/Btg/2Btr. Se observan dos horizontes argílicos separados por un horizonte E de eluviación de arcilla. El proceso formador se atribuye a una antigua y potente argiluvación que generó el horizonte Btg y a una posterior argilización que formó el horizonte Bt. El proceso de gleyzación se atribuye a la influencia de las propiedades físicas del material geológico subyacente.

Palabras clave: Paleorgiluvación, gleyzación, luvisoles, acrisoles.

SUMMARY

PEDOGENIC PALEOPROCESSES IN PLIOQUATERNARY SURFACES IN CENTRAL SPAIN

To understand the pedogenic processes taking place during the Quaternary in Central Spain, S. of the Central Mountain System, is the objective of this work. The research is carried out on postpliocene sediments, probably from the Villafranquiense period, with a fanglomeratic nature which fossilize the Tertiary arkosic sediments of the Henares basin.

The xeric climate of the zone and the vegetation of *Quercus ilex* develop Luvisols and ferric and gleyic Acrisols. The developmental horizon sequece is: Ap/Bt/E/Btg/2Btr. Two argillic horizons separated by an E horizon of clay eluviation are observed. The processes are attributed to an old and strong argilluviation which formed the Btg horizon and to a subsequent argillization which originates the Bt horizon. The gleyzation process is attributed to the physical properties of the geological subsoil material.

Key words: Paleoargilluviation, gleyzation, luvisols, acrisols.

INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es poder investigar y reconstruir la naturaleza y secuencia de los procesos edáficos, particularmente los de eluviación-iluviación de arcilla, generadores de horizontes argílicos acacidos a lo largo del período Cuaternario, en una extensa zona del Centro de España, al Sur de la Cordillera o Sistema Central. Para ello se ha aprovechado la existencia de sedimentos postpliocénicos, probablemente Villafranquienses, de naturaleza fanglomerática y constituidos por cantos poco rodados, heterométricos y poligénicos de cuarcitas y areniscas en diversos grados de alteración, que configuran extensas llanuras que, aunque socavadas en múltiples lugares por el encajamiento de la red hidrográfica cuaternaria, permiten el estudio propuesto en este trabajo. Estos sedimentos, conocidos de antiguo (Hernández Pacheco, 1965) con el nombre de Rañas, proceden de la erosión de suelos y rocas del Sistema Central, en ambas vertientes, y que por tanto sufrieron con anterioridad un proceso de alteración, transporte y sedimentación.

El clima actual de la zona tiene un marcado carácter xérico con períodos estivales cálidos y secos muy prolongados, de unos 90 días, y períodos húmedos en los que la pluviosidad alcanza los 750 mm. La vegetación natural es la encina, *Quercus ilex*, pero en la actualidad la influencia humana es acentuada, quedando tan solo pequeños rodales de encinas, dedicando el resto al cultivo de cereales. También se han hecho algunas repoblaciones de pinar.

La temperatura media anual es del orden de 11.7°C y está muy contrastada entre el verano y el invierno.

Estudios edafológicos de la zona han sido realizados por diversos autores; entre otros se pueden citar a Espejo (1985), Gallardo *et al.* (1987), Medina (1977), Monturiol *et al.* (1988), Riedel y Schmidt-Lorenz (1978) y Vaudour (1979). Por otra parte, en otros países y en España se han postulado procesos de eluviación-iluviación de arcillas y procesos de neoformación de la misma por diversos autores, que tratan de explicar la génesis de horizontes argílicos, carácter muy importante en este trabajo. En otro aspecto, Bishop *et al.* (1980), Brewer (1968) y Oertel (1974), atribuyen como causa fundamental de formación de estos horizontes a la alteración "in situ" de ciertos minerales primarios y/o a la destrucción de arcilla en A o E. Chittleborough y Oades (1980) sugieren que la iluviación de arcilla es el proceso de mayor responsabilidad. Recientemente Dorronsoro y Aguilar (1988) aclaran diversos aspectos del problema, como pueden ser el reconocimiento y la cuantificación de la arcilla iluvial. También varios autores han sugerido que la formación de perfiles con horizontes texturalmente contrastados se han originado por el efecto de capas sedimentarias superpuestas (Green, 1966) o por el movimiento lateral-oblicuo en materiales arenosos (Bishop *et al.*, 1980). Otros procesos, como el de la carbonatación y la gleyzación superpuesta al de la movilización de la arcilla en un mismo perfil complican en gran manera su interpretación.

La carbonatación, que se manifiesta en otros suelos de la Raña, no existe en los perfiles de Membrillera (ME).

Dentro de las diferentes superficies reconocidas en la formación Raña, la correspondiente a Membrillera constituye un nivel intermedio, localizada por encima de la superfi-

cie de Fuentelahiguera y Mesones y por debajo de la de Mesa del Pino y Robledo de Corpes.

La formación Raña constituye, por tanto, un material geológico que ha sufrido la acción edáfica a lo largo del Cuaternario, sin apenas erosión superficial hasta tiempos muy recientes.

MATERIAL Y METODOS

Descripción general de los perfiles estudiados

Material originario: Sedimentos areno-arcillo-pedregosos. Topografía:

Llana (0-2%). Altitud: 945 m. Vegetación: Pastizal-Cereal. Drenaje: Imperfectamente drenado.

Perfil ME-I (Fig. 1a)

Clasificación: Cambisol dístico sobre Luvisol gleyco (F.A.O.).

Xerochrept dístico sobre Palexeralf áquico (U.S.D.A.).

Hor.	Prof. cm.	
A	0 - 10	Pardo 7.5 YR 4/4 h., 7.5 YR 5/4 s., franco, bloques subangulares, friable en húmedo, pedregosidad del 25%, cuarcitas y areniscas, límite plano.
Bw	10 - 35	Pardo rojizo 5 YR 4/4 h., 7.5 YR 5/6 s., franco, bloques subangulares, firme en húmedo, duro en seco, pedregosidad del 50%, cuarcitas y areniscas redondeadas, pocas concreciones de hierro redondeadas, límite ondulado.
BwE	35 - 80	Pardo oscuro 7.5 YR 4/4 h., 7.5 YR 6/4 s., franco arenoso, bloques subangulares, friable en húmedo, duro en seco, pedregosidad del 90%, límite ondulado.
E	80 - 120	Pardo fuerte 7.5 YR 5/6 h., 10 YR 7/4 s., franco arenoso, granular, muy pedregoso (más del 90%), cuarcitas y areniscas redondeadas, límite neto y ondulado.
Btr	+ 120	Abigarrado, pardo fuerte 7.5 YR 5/6 h., amarillo rojizo 7.5 YR 6/8 s., muy moteado, gris 10 YR 7/2 a rojo 2.5 YR 4/8, franco arcilloso, estructura poco apreciable, pedregosidad mayor del 90%, adherente y plástico en húmedo, duro en seco, cutanes delgados y discontinuos.

Perfil ME-II (Fig. 1b)

Clasificación: Cambisol dístrico sobre acrisol gleyco (F.A.O.).

Xerochrept dístrico sobre Palexeralf áquico (U.S.D.A.).

Hor.	Prof. cm.	
A	0 - 15	Pardo oscuro 7.5 YR 3/4 h, 10 YR 5/4 s, franco, bloques subangulares, fina, friable en húmedo, duro en seco, poroso, pedregosidad del 25%, abundantes raíces, límite neto y ondulado.
Bw	15 - 35	Pardo a pardo oscuro 7.5 YR 4/4 h, 10 YR 5/5 s, franco, bloques angulares medios, adherente y plástico, friable en húmedo, pedregosidad del 15% principalmente de cuarcitas, algunas pisolitas finas y redondeadas, límite gradual y ondulado.
E	35 - 80	Pardo amarillento 10 YR 5/4 h, 10 YR 7/3 s, franco arenoso, mal estructurado, pedregosidad del 90%, friable en húmedo, algo duro en seco, frecuentes pisolitas de hierro duras e irregulares, límite neto y ondulado.
Btg	80 - 110	Abigarrado, 7.5 YR 5.5/6 h, 7.5 YR 7/8 y 7.5 YR 8/2 s, muy moteado, franco arcillo arenoso, pedregosidad del 90%, poco estructurado, friable en húmedo, duro en seco, límite neto y ondulado.
2Btr	+ 110	Abigarrado, 10 R 4/8, 7.5 YR 7/2 y 7.5 YR 8/2 s, arcilloso, bloques angulares gruesos, adherente y plástico, duro en seco, cutanes espesos y discontinuos. Tiene aspecto de fragipan.

Perfil ME-III (Fig. 1c)

Clasificación: Luvisol férrico-crómico (F.A.O.).

Palexeralf últico (U.S.D.A.).

Hor.	Prof. cm.	
Au1	0 - 20	Pardo rojizo 5 YR 4/4 h, 7.5 YR 5/6 s, franco limoso, bloques subangulares finos, friable, algo duro en seco, poroso, abundantes raíces finas, pedregosidad del 10%, límite gradual y ondulado.
Au2	20 - 30	Pardo rojizo 5 YR 4/4 h, 7.5 YR 6/4 s, franco, bloques subangulares medianos, poroso, pedregosidad del 25% de cuarcitas y areniscas, algo adherente y plástico, escasas raíces, límite neto.
Bts	30 - 65	Rojo 5 YR 4/8 h, 5 YR 5/8 s, franco arcilloso, muy pedregoso (90%), friable, duro en seco, cutanes discontinuos, frecuentes pisolitas de 1 a 3 mm, esféricas, límite neto y ondulado.
E	65 - 130	Amarillo rojizo 7.5 YR 6/6 h, 7.5 YR 7/5 s, franco arenoso, pedregosidad del 90%, sin estructura, poroso, límite neto y ondulado.

Btg	130 - 150	Abigarrado, moteado, 7.5 YR 5.5/6, 10 YR 7/4 y 10 YR 8/4 s, arcilloso, pedregoso, bloques angulares, cutanes espesos y contínuos, adherente y plástico, límite neto y ondulado.
2Btr	+ 150	Moteado 7.5 YR 8/4, 7.5 YR 6/6, 7.5 YR 8/2 y 7.5 YR 7/6 s, arcilloso, masivo que se resuelve en bloques algo laminares, adherente, plástico, duro en seco, cutanes espesos y contínuos. No hay pedregosidad por la discontinuidad litológica. ¿Horizonte de fragipán?

Perfil ME-IV (Fig. 1d)

Clasificación: Luvisol férrico-crómico (F.A.O.).
 Palexeralf últico (U.S.D.A.).

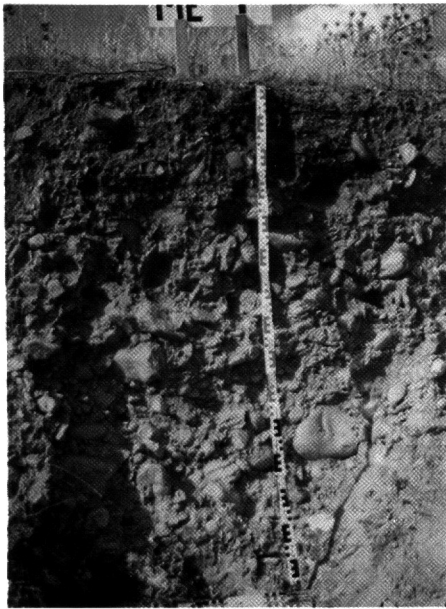
Hor.	Prof. cm.	
Ap	0 - 30	Pardo oscuro 7.5 YR 3/4 h, 10 YR 5/6 s, franco limoso, algo pedregoso (10%), bloques subangulares, frecuentes raíces finas, límite neto y algo ondulado.
Bts	30 - 55	Rojo amarillento 5 YR 4.5/6 h, 7.5 YR 5/6 s, franco arcilloso, pedregoso (80%), mal estructurado, cutanes delgados y contínuos, concreciones de hierro esféricas y duras, escasas raíces, límite neto y ondulado.
E	55 - 120	Amarillo parduzco 10 YR 6/6 h, 10 YR 8/4 s, franco arenoso, pedregosidad del 90%, poco estructurado, límite neto y ondulado.
Btg	120 - 160	Pardo fuerte 7.5 YR 5/6 h, 7.5 YR 6/6 s, moteado, arcilloso, pedregosidad del 90%, poco estructurado, cutanes espesos y contínuos, límite neto y ondulado.
Btr	+ 160	Moteado, 10 R 3/6, 7.5 YR 7/2, 7.5 YR 6/6, 10 R 4/6, 7.5 YR 8/2 y 7.5 YR 7/6 s, arcilloso, pedregosidad del 70%, bloques subangulares, adherente y plástico, cutanes delgados y discontinúos, algunas concreciones ferruginosas.

Técnicas aplicadas

Se aplican los métodos analíticos del "Soil Conservation Service" (USDA, 1972).

Para la preparación de cortes delgados de suelos se utiliza el método

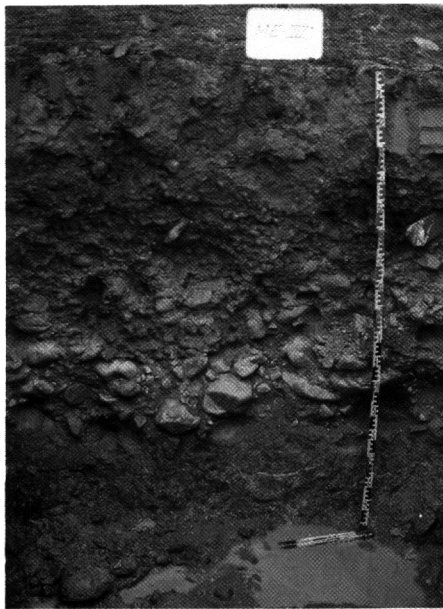
usual seguido en el Centro de Ciencias Medioambientales, CSIC. La impregnación se realiza con Cronolita 1108 y en la descripción se sigue a Bullock *et al.* (1985).



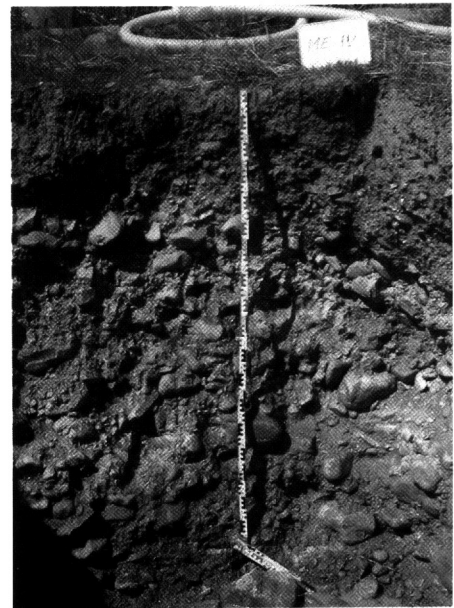
a)



b)



c)



d)

Fig. 1

FIG. 1.—Fotografía de los perfiles estudiados. a) Membrillera I. b) Membrillera II. c) Membrillera III. d) Membrillera IV.

RESULTADOS

El extracto de los datos analíticos figura en la Tabla 1.

Micromorfología

Características del corte delgado de suelo de horizontes tomados como modelo. Los símbolos utilizados son: frecuente (f), común (c) y poco (p). Para los rasgos texturales: mucho (m), ocasional (o) y raro (r).

Hor. Au2 (perfil ME-III)

Microestructura de bloques subangulares con tendencia a granular, con frecuentes huecos de empaquetamiento.

La fracción gruesa está formada por fragmentos de cuarcita en diferentes grados de alteración y compuestos ferruginosos redondeados. Presencia de pizarra. Cuarzo pobremente seleccionado.

La micromasa es parda. Predomina la distribución relacionada porfírica cerrada. La contextura-b es indiferenciada.

Rasgos edáficos. Nódulos ferruginosos de contorno difuso (m, pocos).

Hor. Bts (Perfil ME-III)

Microestructura de bloques angulares; predominan huecos planares asociados a canales.

En la fracción gruesa predominan fragmentos de cuarcita en diversos estados de alteración, redondeados y mayores de 250 μm . Dominio del cuarzo de tamaño arena fina y limo.

La micromasa carece de color uniforme, zonas pardas de contextura-b indiferenciada y la mayor

parte roja de contextura-b poroestriada y granoestriada.

Rasgos edáficos. Nódulos ferruginosos de contorno difuso (c). Presencia de excrementos en bioporos. Rasgos texturales (o); revestimientos de arcilla roja impura de grosor inferior a 50 μm , que recubren granos minerales y huecos de forma discontinua; revestimientos más gruesos se integran en la masa basal. Revestimientos de arcilla microlaminada en huecos con extinción neta. Fragmentos de rasgos arcillosos en la masa basal. Hiporevestimientos ferruginosos en fisuras.

Hor. E (Perfil ME-II)

Microestructura de granos conectados, con huecos de empaquetamiento asociados a huecos planares.

La fracción gruesa está formada por cuarzo, fragmentos de cuarcita y pisolitas, redondeadas y mayores de 200 μm . Las pisolitas son agregados arcillo-ferruginosos con fragmentos de cuarcita en diferentes grados de alteración y cuarzo heterométrico, de rojizas a opacas con L.T. y contextura-b de estriada a indiferenciada respectivamente. Frecuente fragmentación de pisolitas con hiporevestimientos de compuestos de hierro en fisuras.

La micromasa no es de color uniforme, oscilando de pardo a rojizo. La distribución relacionada es porfírica y la contextura-b poroestriada. Rasgos edáficos. Manchas y nódulos ferruginosos de contorno difuso (p).

TABLA 1

Datos analíticos de los perfiles.

Perfil	Horizontes	Prof. cms.	Arena %	Limo %	Arcilla %	M. O. %	N %	pH		Intercambio catiónico $\text{cmol}_c \text{Kg}^{-1}$					
								H ₂ O	ClK	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	S	T	V
ME-I	A	0- 10	43.3	43.7	13.3	2.0	0.10	5.9	4.7	3.0	0.56	0.52	4.08	10.5	39
	Bw	10- 35	43.7	37.5	18.8	0.9	0.06	5.4	4.2	3.2	0.41	0.16	3.85	11.5	33
	BwE	35- 80	62.2	25.5	12.3	0.3	0.02	5.8	4.5	2.0	0.36	0.09	2.46	7.0	33
	E	80-120	71.1	20.9	8.0	0.1	0.02	6.1	4.8	1.7	0.31	0.06	2.12	6.0	35
	Btr	+ 120	43.6	18.8	37.6	0.2	0.01	4.8	3.8	5.0	1.13	0.16	6.39	10.5	61
ME-II	A	0- 15	35.0	47.5	17.5	4.1	0.17	6.6	5.2	6.0	0.80	0.52	7.41	16.5	45
	Bw	15- 35	34.6	42.8	22.6	1.4	0.09	5.7	4.2	4.1	1.04	0.30	5.50	14.0	39
	E	35- 80	54.9	27.3	17.8	0.5	0.04	6.2	4.8	3.5	0.72	0.16	4.42	11.5	38
	Btg	80-110	54.1	15.2	30.7	0.1	0.06	5.0	4.1	3.5	1.10	0.27	4.95	10.5	47
	2Btr	+ 110	14.8	24.0	61.2	0.2	0.03	4.7	3.2	13.2	3.65	0.26	17.30	27.0	64
ME-III	Au1	0- 20	31.8	53.2	15.0	1.6	0.09	5.8	4.5	3.0	0.46	0.40	3.87	12.5	31
	Au2	20- 30	35.1	49.6	15.3	1.6	0.08	5.8	4.4	3.0	0.51	0.22	3.76	13.0	29
	Bts	30- 65	39.4	25.7	34.9	0.5	0.29	5.4	4.3	6.5	1.80	0.26	8.62	16.5	52
	E	65-130	64.4	27.6	8.0	0.2	0.12	5.8	4.6	1.0	0.36	0.04	1.44	10.5	14
	Btg	130-150	33.4	18.4	48.2	0.2	0.12	4.9	3.7	5.0	0.90	0.12	2.12	21.5	28
	2Btr	+ 150	30.7	27.5	41.8	0.2	0.12	4.6	3.5	5.0	1.28	0.15	5.59	18.5	36
ME-IV	Ap	0- 30	26.4	58.4	15.2	1.2	0.06	5.3	4.2	2.0	0.36	0.22	2.60	11.2	23
	Bts	30- 55	37.2	23.9	38.9	0.5	0.04	5.5	4.5	8.5	2.06	0.28	10.89	19.0	57
	E	55-120	70.4	24.1	5.5	0.1	0.02	5.9	4.9	1.0	0.31	0.04	1.39	5.5	25
	Btg	120-160	40.8	15.9	43.3	0.2	0.02	4.9	3.9	5.5	1.70	0.12	7.44	16.5	45
	Btr	+ 160	30.1	27.9	42.0	0.1	0.02	4.5	3.5	8.5	2.36	0.20	11.26	21.0	54

Hor. Btg (Perfil ME-III)

Microestructura de bloques angulares.

La fracción gruesa está formada por fragmentos predominantes de cuarcita, en general poco alterada; contienen fisuras y revestimientos rojos de arcilla con huecos y extinción neta. Cuarcita arenizada. Cristales de cuarzo pobremente seleccionados. Se identifican aglomerados arcillo-ferruginosos.

La micromasa es abigarrada. Distribución relacionada porfírica y contextura-b poroestriada.

Rasgos edáficos. Manchas ferruginosas (m. pocas). Zonas de empobrecimiento en hierro (p). Rasgos texturales (m): Revestimientos y rellenos de arcilla, algunos sobre granos minerales tienen un espesor de 500 μm . Rellenos en la micromasa. Revestimientos de arcilla amarillos y rojos, algunos microlaminados que a veces contienen cuarzo de tamaño arena y frecuentemente fisurados. Rellenos de canales con estra-

tos compuestos. Hiporevestimientos rojos de arcilla.

Hor. 2Btr (Perfil ME-II)

Microestructura de bloques angulares poco individualizados con predominio de huecos planares.

La fracción gruesa está formada por un predominio de cuarzo mono y policristalino de selección pobre; se observan fragmentos de pizarra y presencia de areniscas. Aglomerados arcillo-ferruginosos.

La micromasa es de color abigarrado, pardo grisáceo a rojo oscuro. La distribución relacionada es porfírica abierta y la contextura-b moteada en mosaico.

Rasgos edáficos. Nódulos ferruginosos de contorno difuso (f). Revestimientos de empobrecimiento en hierro alrededor de canales (f). Rasgos texturales (r): Intercalaciones. Fragmentos de rasgos de arcilla en la masa basal, amarillos, con extinción neta.

DISCUSION

Se trata de suelos muy antropizados, proceso que afecta a los horizontes superiores. La antropización ha modificado la naturaleza de los horizontes A, ocasionando una profunda mineralización como consecuencia de la desaparición del bosque original, seguida por el pastoreo y prácticas agrícolas. Las cantidades de materia orgánica son muy bajas, de carácter residual. La erosión hídrica superficial puede considerarse pequeña pero, a pesar de ello, la subdivisión de los horizontes A no es obser-

vable sobre el terreno en la mayoría de los casos. La profundidad o espesor del sedimento de Raña es variable, siendo en el lugar de observación de unos 2 o 3 m. El hecho de no haberse depositado el sedimento en un medio acuoso muy fluido ha impedido la diferenciación textural con la profundidad, tanto de las gravas como del material fino, por lo que ha de aceptarse que las diferencias texturales de las partículas inferiores a las 2 μm obedecen a causas edáficas, bien por neofor-

mación "in situ" o bien por arrastre e iluviación vertical. Los movimientos de partículas de naturaleza oblicua o lateral han de ser eliminados, ya que la topografía es llana.

El papel o la influencia del humus actual en la génesis de estos suelos es muy escasa o nula. Por el contrario, la antigua vegetación, netamente mejorante, ejerció un papel importante en la conservación de la superficie topográfica y formación de un humus mull ácido que, en cierto modo, protegía al suelo de una mayor degradación. Otro aspecto importante es la lenta permeabilidad del sedimento que obstaculizó la excesiva progresión de los procesos edáficos en el transcurso del Cuaternario.

La naturaleza del material de partida era consecuencia y resultado de una primera evolución edáfica de los materiales geológicos del Sistema Central, constituido principalmente por granitos, neis, pizarras y cuarcitas. Los derrubios de estos materiales vinieron ya "edafizados", como nos lo indica la fracción mineral gruesa del corte delgado, y predisuestos para sufrir un segundo proceso de alteración "in situ". Dada la naturaleza de los materiales geológicos existentes, el cuarzo predomina en la fracción arena ligera seguido a gran distancia por los feldespatos potásicos y calcosódicos acompañados en cantidades muy variables por las micas (Aleixandre, 1987). La existencia de cierta proporción de feldespatos calcosódicos y de biotita indica que la alteración química no ha sido intensa. Lógicamente, no encontramos en la fracción arena densa de estos sedimentos más que

minerales resistentes asociados a minerales de origen metamórfico.

La observación más importante que se deduce del estudio de la morfología de estos suelos es la presencia de un horizonte E de empobrecimiento de arcilla, por debajo de un horizonte estructural o cámbico, en el caso de los perfiles ME-I y ME-II, o bajo un horizonte argílico no muy desarrollado, como en el caso de los perfiles ME-III y ME-IV. Estos horizontes E, aunque muy decolorados, no cumplen con los requisitos de los horizontes álbicos pero, por su textura, estructura y composición mineralógica cumplen las exigencias para ser considerados como tales horizontes. Este hecho se confirma por la ausencia de rasgos edáficos texturales en el corte delgado.

Los materiales sedimentarios que constituyen la llamada Raña vinieron ya descarboxilados pero con una cierta reserva de minerales calcosódicos que inicialmente podían impedir una intensa acidificación del medio, hecho que se pone de manifiesto por la presencia en muchos horizontes de minerales fácilmente alterables, como la biotita. La acidez del medio fué muy moderada ya que el pH se mantiene casi siempre entre unos valores de 5 y 6, lo que constituye el intervalo más apropiado para que se verifique la iluviación de arcilla. Este proceso se manifiesta, en el corte delgado, bajo la forma de revestimientos de granos minerales y huecos, rellenos y revestimientos integrados en la masa basal.

Los minerales de la fracción arcilla (García González, 1987) proceden por herencia o bien por neoformación y transformación de otros preexistentes. Indudablemente, la

hidrólisis de los feldespatos, verificada en un medio moderadamente ácido y en condiciones filtrantes, como ocurre en las capas superiores del suelo, dió lugar a la formación de caolinitas que se van haciendo menos frecuentes al profundizar. Las cloritas heredadas permanecen en el suelo pero las micas se transforman, en los horizontes menos hidromórficos, en ilitas, las cuales en horizontes más profundos y en condiciones de mayor hidromorfía temporal, evolucionan hacia la formación de esmectitas. Caso especial es el de la paragonita, mineral muy inestable, cuyo origen hay que atribuirlo a una herencia y su posterior conservación en un medio no muy agresivo. Hay que destacar su presencia porque, aunque se encuentre constituyendo trazas, es un caso muy poco frecuente en los suelos de España (García González y Aragonese, 1990).

La capacidad de cambio de estos suelos es moderadamente baja, lo que indica la baja actividad de los minerales de la arcilla debido al predominio de la caolinita y, en el caso de los horizontes en los que existe la esmectita en cantidades muy apreciables, a que se trata de esmectitas de baja cristalinidad y escaso poder de adsorción catiónica. En el complejo de cambio predomina el calcio sobre el resto de los cationes, presentando la particularidad de la práctica ausencia de sodio cambiante, pudiéndose atribuir esta pobreza a la escasa proporción inicial del mismo ya que los materiales tienen pequeña cantidad de albita.

Son muy significativos los altos valores de la relación hierro libre a hierro total en la mayoría de los

perfiles, ya que en el caso de los suelos rojos mediterráneos es del orden del 60 al 70% mientras que en nuestro caso se llega a alcanzar en algunos perfiles el 90% (Jiménez Ballesta *et al.*, 1988). Se atribuyen estos valores a la hidromorfía temporal en los horizontes superiores y a la prácticamente permanente en los inferiores.

Las condiciones edafogenéticas de estos suelos se pueden reconstruir a partir de un material originario heterométrico, de composición mineralógica muy compleja, ya alterado en una primera fase de edafización y que se deposita arrasando los materiales terciarios, poco permeables, de una antigua superficie prepliocénica. En una primera edafogénesis se forman potentes horizontes argílicos en profundidad, favorecidos por la topografía y el clima de carácter mediterráneo.

Como consecuencia de esta intensa argiluvación se desarrollan horizontes E, muy empobrecidos en arcilla, por encima de los horizontes argílicos. El carácter impermeable del substrato terciario y la mala estructura de los horizontes argílicos crean intensas condiciones anaerobias con formación de horizontes gley que destruyen parcialmente los cutanes de iluviación, inducen a la formación de esmectitas y comunican al substrato una morfología muy parecida a la de los fragipan. El color abigarrado de la micromasa, los nódulos ferruginosos de contorno difuso, las zonas de empobrecimiento en hierro y los aglomerados arcillo-ferruginosos (formados por goethita y caolinita) caracterizan el proceso de hidromorfía en corte delgado. El carácter hidromórfico

del medio impidió que se desarrollara una rubefacción, como sería previsible.

La antigüedad de este primer proceso es muy grande. Se verificaría con una intensidad variable según los ciclos climáticos, dando origen a suelos muy profundos en los que si bien los horizontes argílicos fueron muy potentes, el espesor de los horizontes A y E no lo eran menos. Los períodos de biostasia eran muy favorables a la evolución y los de resistasia apenas si tenían efectos erosivos, actuando como "conservadores" del medio edáfico. La alteración química no fué muy intensa; el grado de saturación de bases, siempre por debajo del 50%, no alcanzó valores muy bajos aunque la formación de Acrisoles gleycos fué general en toda la región.

La estabilidad topográfica y el clima cada vez más xerofítico fueron factores favorables para una segunda fase de argilización a costa del empobrecimiento en materia orgánica de los horizontes A, menor espesor de los mismos y formación de un horizonte de tipo estructural (cámbico o débilmente argílico), por encima y tal vez a costa de parte de los

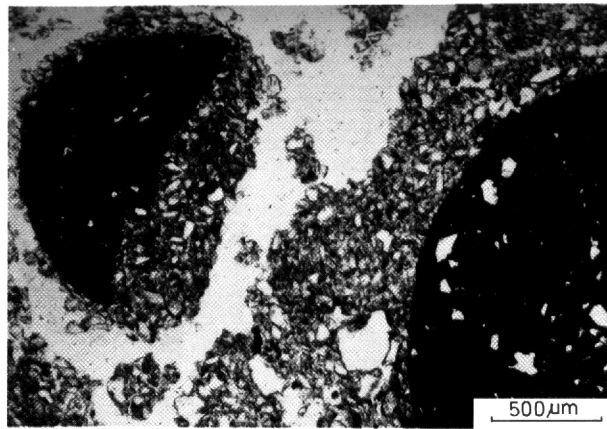
antiguos horizontes A y E del primer ciclo de evolución. Caracterizan la iluviación de estos horizontes los revestimientos delgados de arcilla impura (Fig. 2b) frente a los gruesos de arcilla límpida (Figs. 2c y 2d) en los horizontes texturales profundos observable en lámina delgada.

La lenta permeabilidad del solum se acentúa cada vez más alcanzando los períodos de reducción hasta casi la superficie del suelo, lo que ha impedido el progreso de la rubefacción, típico de las regiones mediterráneas, fácilmente detectado por el examen microscópico del suelo. Hidromorfía y cambios externos de temperatura han cuarteado incluso los cantos de cuarcita, arenizándola (Fig. 2a), y favoreciendo su impregnación con la masa basal. Los suelos pueden considerarse como policíclicos de un mismo proceso edáfico que transcurre durante el Cuaternario con diferencias de intensidad, menor en los tiempos más modernos. La antropización y el encajamiento de la red hidrográfica han modificado por una parte la naturaleza de los horizontes de humus y por otra han drenado, dejando fosilizadas amplias superficies topográficas.

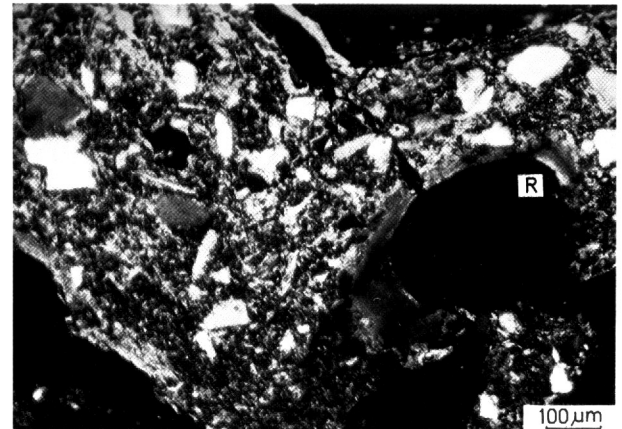
CONCLUSIONES

La naturaleza de los procesos edáficos acaecidos durante el Cuaternario en la Región Central española, se han podido investigar estudiando la morfología y constitución de una serie de suelos desarrollados sobre sedimentos pliocuaternarios que, al no haber sido arrasados por la erosión, constituyen un buen

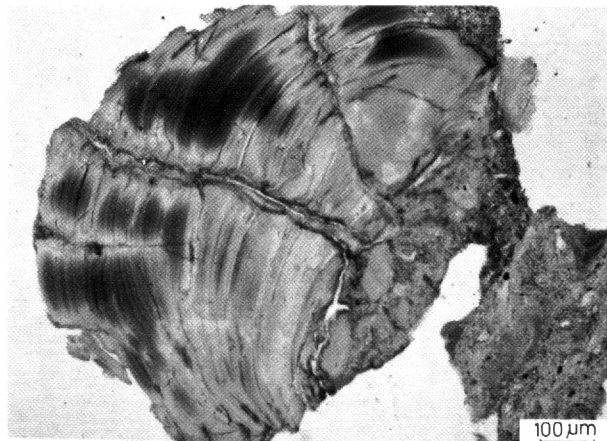
punto de referencia para nuestro estudio. De los datos obtenidos se excluye la existencia de procesos de alteración de tipo tropical. El más significativo es el de la argiluvación, que se manifiesta de una forma intensa y duradera, con más del 5% de rasgos edáficos texturales en el corte delgado. Como consecuencia



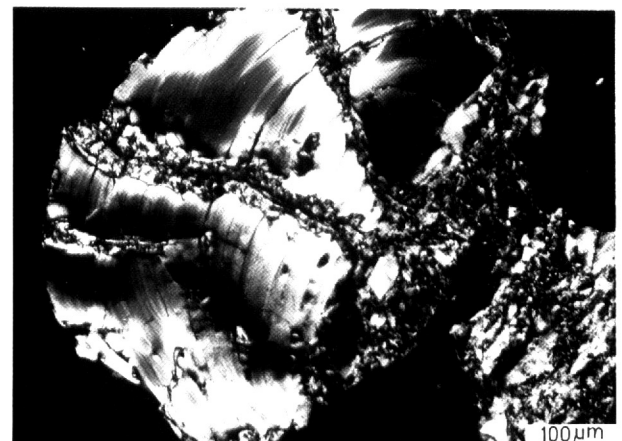
a)



b)



c)



d)

Fig. 2

FIG. 2a.—El cuarzo, pobremente seleccionado, procede en parte de la arenización de los fragmentos de cuarcita. Se observan nódulos ferruginosos de contorno neto y micromasa parda. Corte delgado de suelo del horizonte Au_2 (Perfil ME-III), LPP.

FIG. 2b.—Revestimiento de arcilla impura con un grosor inferior a $50 \mu\text{m}$ (R). Corte delgado del horizonte Bts (Perfil ME-III), LPX.

FIGS. 2c y 2d.—Revestimientos gruesos de arcilla, con fisuras, que pueden alcanzar un espesor de $500 \mu\text{m}$; se observa el cambio de color, del rojo al amarillo. Corte delgado del horizonte Btg (Perfil ME-III), LPP y LPX respectivamente.

de la misma le sigue un proceso anti-guio de gleyzación en profundidad, favorecido por la impermeabilidad del sedimento terciario subyacente. Esta hidromorfía ejerce un efecto destructor de los cutanes de iluviación por separación reductora del hierro en los ferriargilanes. La transformación mineral más importante es el paso de illita a esmectita de baja actividad físico-química. Las caolinitas que se estudian proceden del proceso hidrolítico de los feldespatos, abundantes en el material originario, o bien pueden ser de herencia mineral.

Como consecuencia de la antigüedad del sedimento, se inicia un proceso de argilización con formación de horizontes B que contienen más del 2% de rasgos edáficos texturales de arcilla impura. Los procesos de

alteración mineral siguen siendo suaves, como consecuencia del carácter xérico del clima general y de la dificultad de percolación de las aguas de lluvia; la presencia de feldespatos calco-sódicos, biotita y paragonita avalan esta conclusión. Este segundo proceso, que continúa en nuestros días, crea a su vez condiciones de cierta hidromorfía estacional que repercute en el aprovechamiento agrícola. Por todo ello, estos suelos se consideran testimonio de que el principal proceso en el Cuaternario es el conducente a la formación de horizontes argilizados los más modernos, y argiluvitados los más antiguos. De los datos micromorfológicos se deduce la presencia de una rubefacción enmascarada por las condiciones hidromórficas del medio.

BIBLIOGRAFIA

- ALEIXANDRE, T., 1987. Actas reuniones del proyecto "Rañas". Madrid.
- BISHOP, P. M., MITCHELL, P. B. and PATON, T. R., 1980. The formation of duplex soils on hillslopes in the Sidney basin, Australia. *Geoderma*, 23: 175-189.
- BREWER, R., 1968. Clay illuviation as a factor in particle size differentiation in soil profiles. *Trans. 9th. Int. Congr. Soil Science. Adelaide, Australia.*, 4: 489-499.
- BULLOCK, P., FEDOROFF, N., JONGERIUS, A., STOOPS, G. and TURSINA, T., 1985. Handbook for soil thin section description. Waine Research Publications. Albrighton.
- CHITTLEBOROUGH, D. J. and OADES, J. M., 1980. The development of a Red-brown Earth. *Aust. J. Soil Res.*, 18: 383-393.
- DORRONSORO, C. y AGUILAR, J., 1988. El proceso de iluviación de arcilla. *An. Edafol. Agrobiol.*, 47: 311-350.
- ESPEJO, R., 1985. The ages and soils of two levels of Raña surfaces in Central Spain. *Geoderma*, 35: 223-239.
- GALLARDO, J., PEREZ GONZALEZ, A. y BENAYAS, J., 1987. Paleosuelos de los piedemonte villafranquienses y de las terrazas pleistocenas de la región del valle del Henares-Alto Jarama. *Bol. Geol. y Min.*, 98: 27-39.
- GARCIA GONZALEZ, M. T., 1987. Actas reuniones del proyecto "Rañas". Madrid.
- GARCIA GONZALEZ, M. T. and ARAGONESES, F. J., 1990. Paragonite in Spanish 'raña' soils. *J. Soil Sci.*, 41: 313-323.

- GREEN, P., 1966. Mineralogical and weathering study of a red-brown earth formed on granodiorite. *Aust. J. Soil Res.*, 4: 181-197.
- HERNANDEZ-PACHECO, F., 1965. La formación de la Raña al S. de Somosierra occidental. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, 63: 5-16.
- JIMENEZ BALLESTA, R., IBÁÑEZ, J. J., MONTURIOL, F., ALCALA, L. y PALOMAR, M. L., 1988. Fraccionamiento y distribución de óxidos de hierro en superficies de tipo raña y altas terrazas al sur del macizo de Ayllón y Somosierra (Sistema Central). *An. Edafol. Agrobiol.*, 47: 1363-1378.
- MONTURIOL, F., BENAYAS, J., ALCALA DEL OLMO, L. y GUERRA, A., 1988. Evolución edafocronológica de los suelos de la raña de Fuentelahiguera (Guadalajara). II Congr. Nac. Ciencia del Suelo. Sevilla, 336-341.
- OERTEL, A. C., 1974. The development of typical red-brown earth. *Austr. J. Soil Res.*, 12: 97-105.
- RIEDEL, W. and SCHMIDT-LORENZ, R., 1978. Micromorphological investigations of relic soils of the Cordillera Central (Spain). In: *Micromorfología de suelos* (Ed. M. Delgado). Proc. 5th. Int. Work Mee. on Soil Micromorphology. 2: 1178-1198. Granada.
- SOIL CONSERVATION SERVICE, 1972. Soil Survey. Laboratory methods and procedures for collecting soil samples. USDA. Washington.
- VAUDOUR, J., 1979. La région de Madrid: altérations, sols et paléosols. Editions Ophrys. Aix-en-Provence.

Recibido: 13-9-90.

Aceptado: 1-4-91.