CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LOS LIMOS YESIFEROS DEL CENTRO DE LA DEPRESION DEL EBRO

POR

A. TORRAS FOULON* y O. RIBA ARDERIU*

RESUME

Dans cette communication nous étudions du point de vue textural, les silts gypsifères actuels, quaternaires et tertiaires qui se trouvent spécialement dans le centre de la dépression de l'Ebre en rapport avec les formations gypseuses centrales de la cuvette. Du point de vue génétique, les silts à grain de gypse ont été dérivés par dissolution différentielle à partir des gypses préexistents. Selon les processus qui auraient subi ces poudres, nous distingons des silts purs, éoliens; des silts non purs, fluviatiles et éolio-fluviatiles. En ce qui concerne les résultats texturels, les poudres pures possèdent une granulométrie typique des loess.

INTRODUCCION

Los materiales objeto de esta comunicación fueron identificados como limos (*silts*) yesíferos hace pocos años por J. R. LLAMAS (1958). Con anterioridad eran conocidos bajo el nombre de "arcillas" yesíferas y habían adquirido justa fama por sus pésimos efectos sobre las obras públicas, especialmente los canales, emplazados en áreas yesíferas de la depresión del Ebro y otras similares. Estos materiales fue-

* Departamento de Sedimentología y Suelos. C. S. I. C. Zaragoza.

ron objeto del detenido estudio geotécnico del Dr. Llamas (1962) y de especial atención durante las sesiones de estudio y excursiones del "I Coloquio Internacional sobre las Obras Públicas en terrenos yesíferos" (Sevilla-Madrid-Zaragoza, 1962). Asímismo, al parecer, muchos de estos limos fueron reconocidos como "polvos" por parte de los edafólogos. Especialmente KUBIENA (1952) en su "Clave sistemática de Suelos" da a conocer suelos *yerma* de tipo desértico (*yerma de polvo, yerma de polvo salino*; *yerma de costra yesífera*).

Sin embargo, el estudio sedimentológico de estos limos quedaba por realizar; se desconocía la composición, génesis y edad de los mismos. Además, tan buen punto como se inició la investigación, se vió que existía una gran variedad tipológica de tales materiales, lo cual ampliaba mucho la investigación propuesta en un principio. En realidad, la presente nota, no es más que un avance de una detallada investigación destinada a constituir la memoria de doctorado del primero de los firmantes (A. TORRAS).

Los limos yesíferos, según nuestra experiencia, se encuentran íntimamente asociados con las formaciones yesíferas de las cubetas terciarias españolas; especialmente los hemos registrado en las del Tajo, Calatayud y Ebro.

Genéticamente, no hay duda que todos los limos se han derivado por erosión de los yesos previamente depositados en el centro de las cubetas terciarias españolas. Ahora bien, esta erosión pudo tener lugar, singenéticamente, durante el Terciario o bien como producto de la destrucción de las formaciones yesíferas en el transcurso del Cuaternario y en los momentos actuales.

Durante el Terciario, mientras se realizaba el depósito de los yesos de lagunas sobresaladas endorreicas, tipo sebja; la erosión ya se realizaba sobre los yesos recién sedimentados, proporcionando arenas y limos yesíferos que, por ablación eólica o quizá las mismas aguas las arrastraban acumulándolas hacia algunos bordes de la cubeta, dando origen a formaciones yesíferas detríticas de "facies marginal", muy distintas de los yesos masivos centrales de la cubeta sedimentaria. Estas facies yesíferas marginales están constituídas por cortezas ye-

síferas, a veces bastante onduladas o transtornadas, en las que se intercalan los limos o arenas antedichos y encierran, además, masas de tamaños muy desiguales de yeso alabastrino (desde el tamaño de un guisante, o más de un metro de diámetro).

Actualmente, la erosión también da lugar a la formación de limos que pueden ser arrastrados por las aguas de arroyada y acumulados en las pequeñas depresiones, o en las vertientes o vaguadas de los bad-lands; o ser objeto de la ablación eólica y verse transportados a considerable distancia de su lugar de orígen. Incluso, después de este primer depósito, los limos pueden ser nuevamente removidos y resedimentados, a veces mezclados con materiales de otra naturaleza y origen, y dar lugar a unos depósitos que calificaremos de "impuros". En contraposición con éstos, consideremos otros limos "puros" que se caracterizan por su grano, casi exclusivamente yesífero y buena clasificación, de tipo eólico o los que no han sufrido apenas transporte alguno por las aguas pluviales.

Así pues, en cuanto a edad, los limos yesíferos los clasificaremos en:

a) Limos terciarios, contemporáneos a la sedimentación evaporítica de centro de cubeta.
b) Limos cuaternarios, fosilizados o relictos, asociados con los depósitos de terrazas o glacis de erosión; o rellenando los "vales" no funcionales excavados en las formaciones yesíferas de la depresión del Ebro.
c) Limos actuales recién formados.

Desde el punto de vista petrográfico, distinguiremos:

1) Limos yesíferos puros, actuales, cuaternarios y terciarios.
2) Limos yesíferos impuros fluviales y eólico-fluviales.

ORIGEN DE LOS LIMOS.

El orígen de los limos se debe a la acción meteorizadora y edáfica sobre los yesos. De acuerdo con nuestras observaciones, se trata especialmente de una microdisolución diferencial, con separación de

elementos del tamaño partícula o grano fino, que luego son removidos por el viento o las aguas (o ambos a la vez) según los casos. Las condiciones climatológicas, que son de gran aridez, han actuado sobre el material yesífero, más o menos coherente, separando por disolución diferencial y de acuerdo con la cristalinidad del yeso (que actua de roca madre) elementos de tamaño y morfología distintos según los casos. Es muy frecuente encontrar la formación de estos limos bajo la cobertera de líquenes que constituyen la primera instalación vegetal sobre el yeso desnudo. No creemos en cambio, que la corrosión eólica haya desempeñado papel de alguna importancia en la erosión de los yesos. Ahora bién, tan buen punto como estos limos quedan disponibles, como polvo móvil, pueden ser objeto de procesos sedimentarios muy diversos dando como resultado la variada tipología petrográfica que hemos apuntado anteriormente. Si el elemento de transporte es el viento, y no hay mezcla subsiguiente, tenemos los limos puros, que podríamos clasificar, como veremos a continuación, dada su textura, como loess yesífero. Si el transporte por las aguas de arroyada ha sido breve, se obtienen limos yesíferos estratificados puros; si, en cambio, el transporte ha sido más prolongado, estos materiales son susceptibles de mezclarse con otros sedimentos tales como limos o arenas fluviales; e incluso llegar a formar la matriz de gravas de terrazas y glacis de erosión. Otras veces se hallan mezclados con arcillas o margas cuaternarias o terciarias. En otros lugares, especialmente en los "vales" de terreno yesífero, los limos se mezclan con fragmentos de yeso apenas rodados; o forman la masa limosa, enriquecida de cantos de calizas de los páramos, en la que no faltan nódulos de sílex de la misma procedencia. Secundariamente, no son raros los limos yesíferos que presentan yeso en cristales grandes secundarios, como producto de la circulación de aguas de infiltración.

CARACTERES PETROGRAFICOS DE LOS LIMOS YESIFEROS

Gran interés tienen los estudios granulométricos para poder determinar los caracteres texturales de las particulas que componen los limos. Se ha intentado aplicar los métodos granulométricos más usua-

les, con resultados muy mediocres y, en muchos casos inaprovechables.

Diremos, ante todo, que el método por sedimentación lo descartamos de buen principio por presentar el grave inconveniente de la disolución del grano más abundante, que es el de yeso, con los dispersantes habituales, dando resultados erróneos. En segundo lugar, hemos comprobado que el método ordinario por tamizaje arrojaba, tras varios ensayos, resultados que discrepaban fuertemente con el método adoptado por nosotros. En efecto: se llevaron varios ensayos con el

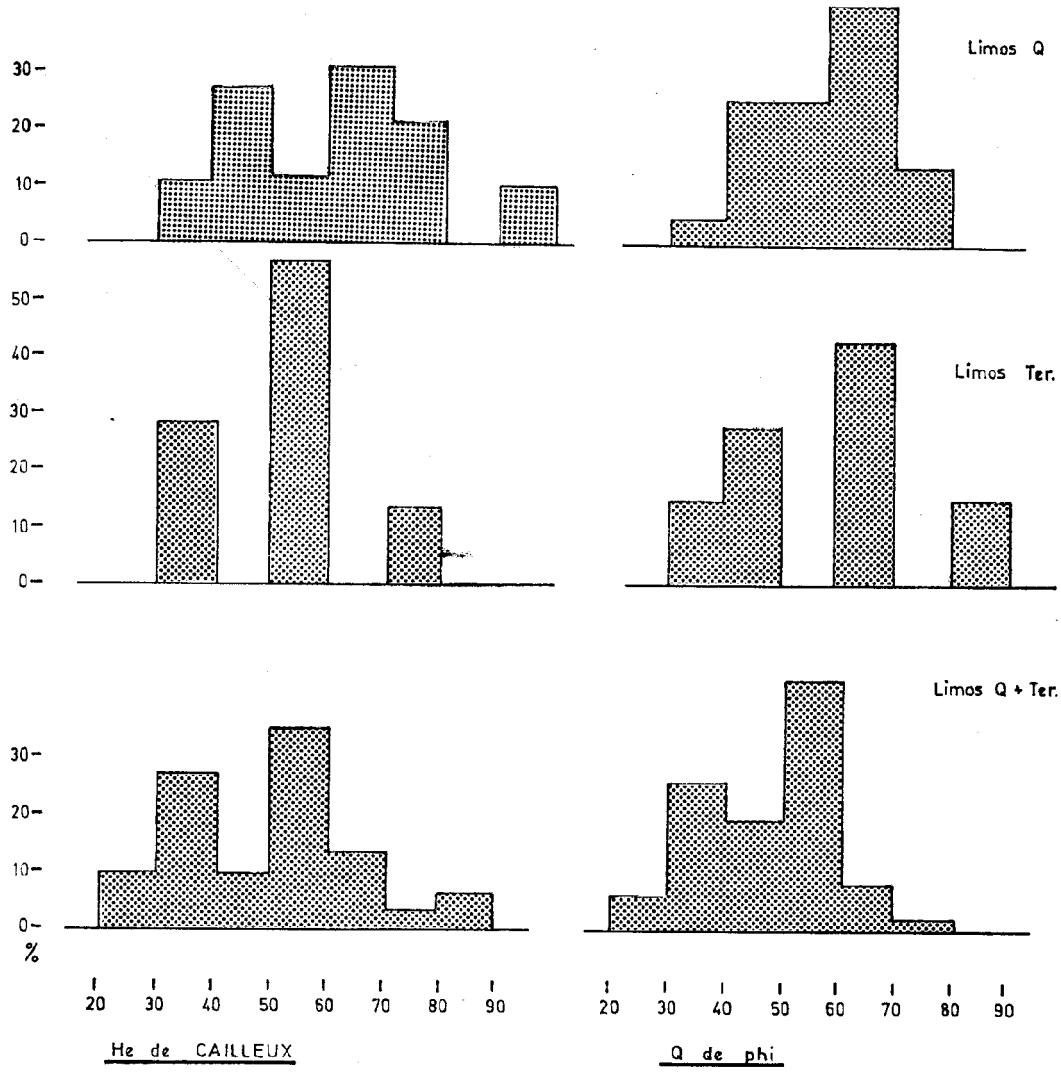

Fig. 1

aparato de vibración, una tamizadora "Retac 3D", por vibración tridimensional, durante unos 20 minutos a 200 vibraciones/min., y se vió que se presentaban problemas de difícil solución. En primer lugar, tenemos que la malla del tamiz más fino es aún demasiado gruesa para el tamaño menor de las partículas yesíferas. En segundo lugar, la disgregación en seco del material limoso no se conseguía de una manera estable. Por aplastamiento se deshacía, en efecto, el material perdiendo su textura primitiva en grumos, y a pesar de ello se reagru-

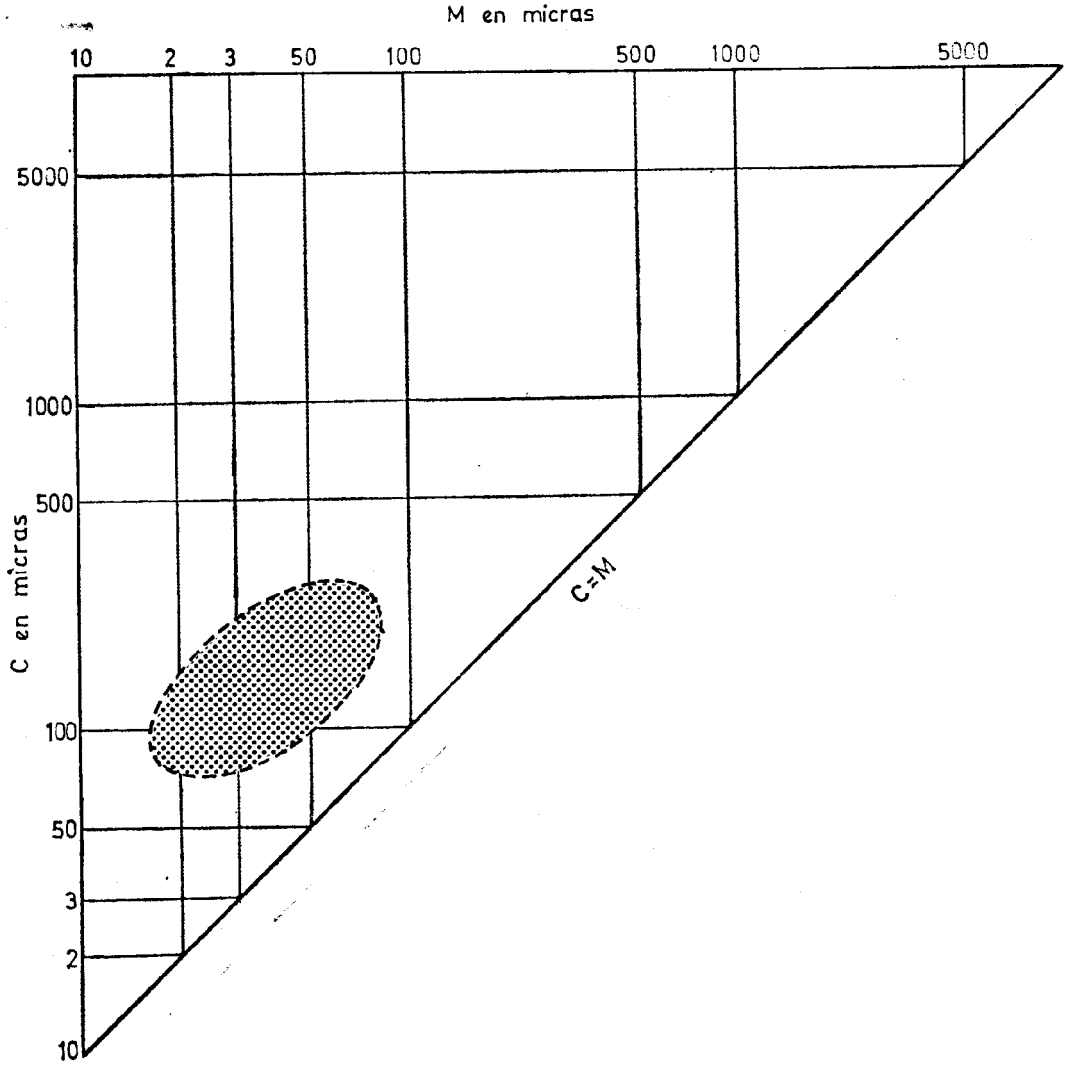

Fig. 2

paba bajo el efecto mecánico de la tamizadora y de la electricidad estática adquirida por las partículas minerales. Por estas razones se obtenía una granulometría de tamaño superior a la real.

Por todo lo dicho se tuvo que recurrir al método de contaje lineal y cuadrillaje al microscopio. Para ello se ha utilizado un microscopio de polarización Zeiss, provisto de micrómetro ocular lineal y carro transportador de la preparación. Este método consiste en hacer desfilar la lámina en el campo de izquierda a derecha, siguiendo una trayectoria recta. Se ha medido el diámetro mayor (L) de todas las partículas que de esta manera pasaban por el centro del retículo. Una vez llegado el final de la línea considerada, se desplaza la preparación en sentido transversal un milímetro aprox. y se sigue midiendo sucesivamente hasta alcanzar un total de 300 granos.

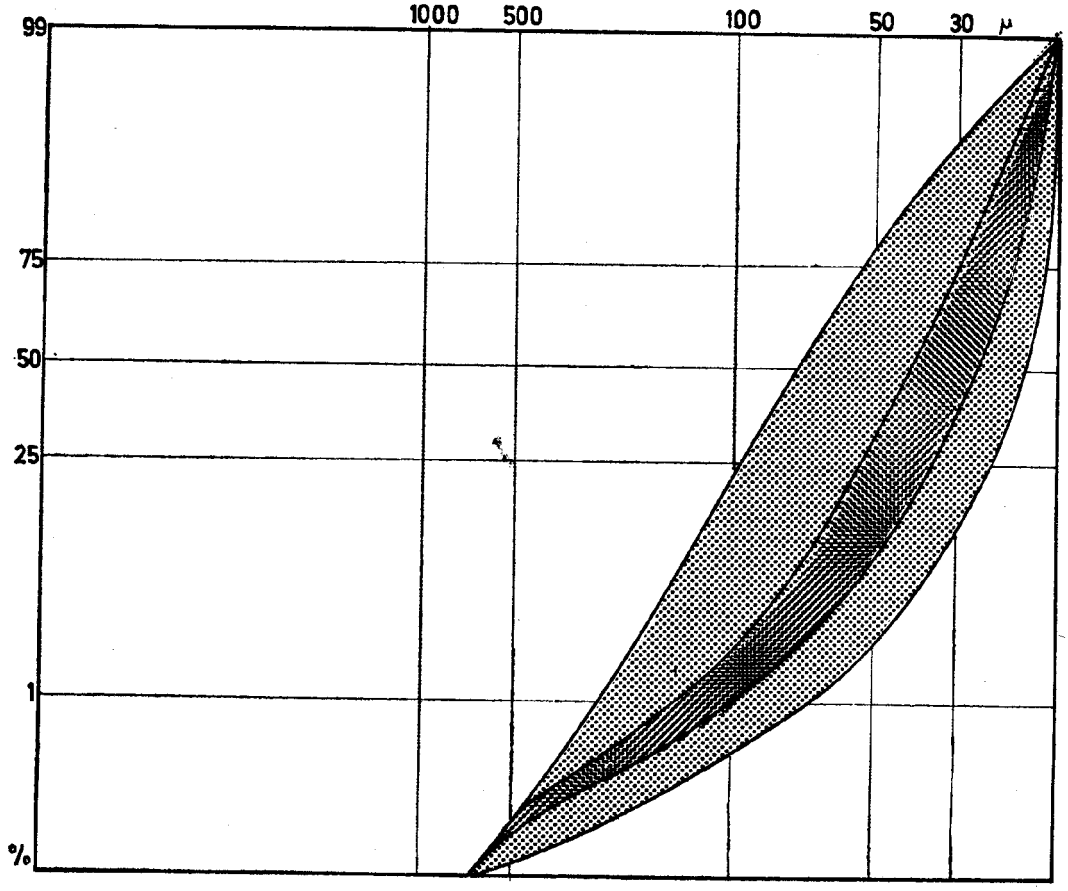

Fig. 3

También se han realizado mediciones según áreas, en vez de líneas, midiéndose todas las partículas existentes en un campo determinado (ordinariamente de 1 mm^2) pasándose a continuación a otros campos debidamente espaciados, hasta obtener el total de mediciones deseadas. Con ambos métodos los resultados hallados para una misma muestra no sufren variación.

Para el contaje bajo el microscopio el material se ha preparado de maneras diferentes según los casos. Unas veces se ha procedido a la impregnación, mediante Stratyl, con proporciones adecuadas de catalizador y acelerador para conseguir una polimerización lenta, bajo vacío fuerte, para obtener la total impregnación. Mediante este método se han conseguido preparaciones microscópicas orientadas sin destruir la estructura propia del material sedimentario. Más frecuentemente, y con el fín de realizar el contaje con más rapidez y claridad, se ha procedido a la disgregación de una pequeña cantidad de limo yesífero en distintos disolventes (agua, alcohol, acetona, etc.) agitando un poco para lograr la destrucción de los agregados naturales que presenta este material (cosa que se consigue casi instantáneamente) y luego, con una pipeta, se ha extendido una gota sobre un portaobjetos, con lo cual se obtienen preparaciones en las que las partículas se ven bien separadas y con ello se facilita mucho la medición. Al desecarse, se observa un reagrupamiento de las partículas, cosa que se realiza preferentemente por los extremos de las partículas alargadas. Esta manifiesta polaridad eléctrica de las partículas yesíferas es la que confiere evidentemente a los limos yesíferos características mecánicas notables, especialmente su grumosidad y coherencia en seco, y, desde luego, es lo que impide la realización de un correcto tamizaje en seco.

Las curvas acumulativas y de frecuencia se han trazado sobre papel logarítmico. A partir de ellas, se han obtenido los distintos valores: C (1%); D_{10} (10%); Q_1 (25%); Md (50%); Q_3 (75%) y D_{90} (90%); y los siguientes índices:

S_0 = Indice de Sorting Trask, o coeficiente de deficiente clasificación.

Fig. 1.—Yesos "pourris" y limos pulverulentos puros terciarios. Gelsa. (F. O. Riba)

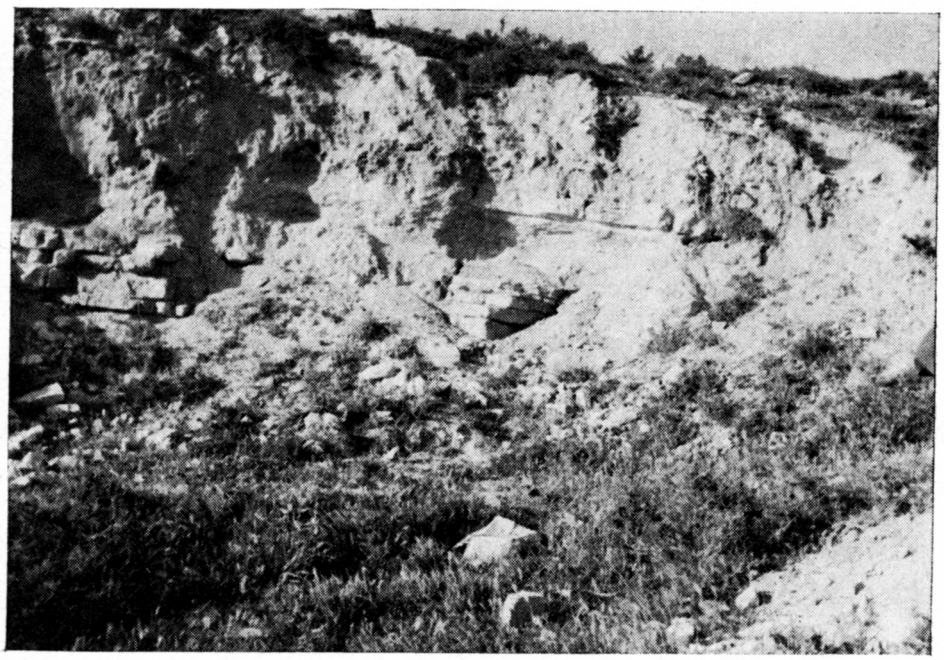

Fig. 2.—Limos eólico-fluviales, 2.ª Terraza Ebro. Gelsa. (F. A. Torras).

Fig. 3.—Limos fluviales. Segunda Terraza del Ebro. Alagón. (F. A. Abascal).

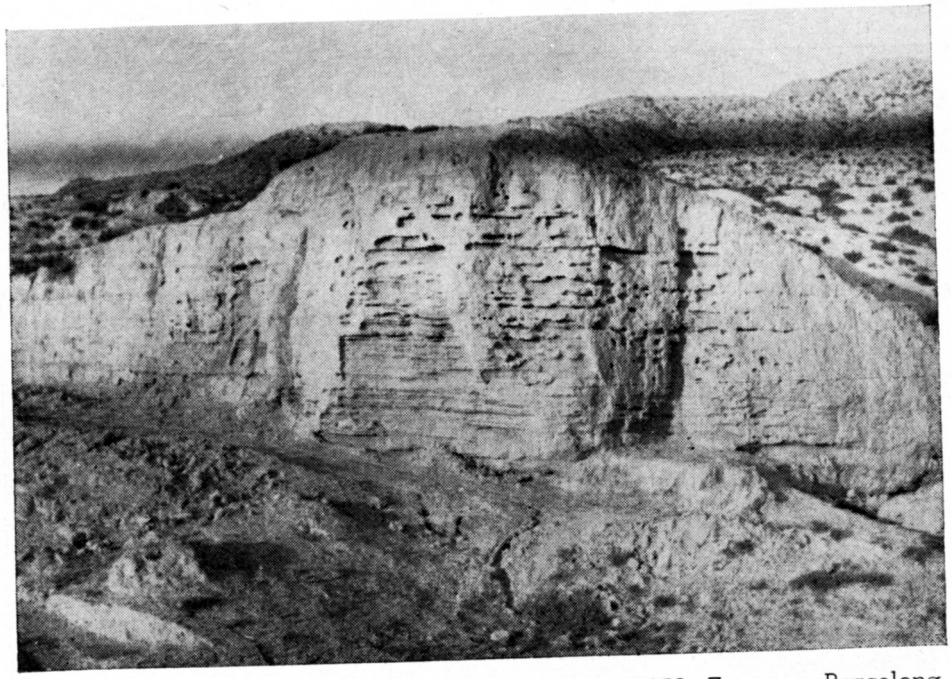

Fig. 4.—Depósitos de limos eólico-fluviales. Km. 350 Zaragoza-Barcelona (F. A. Torras).

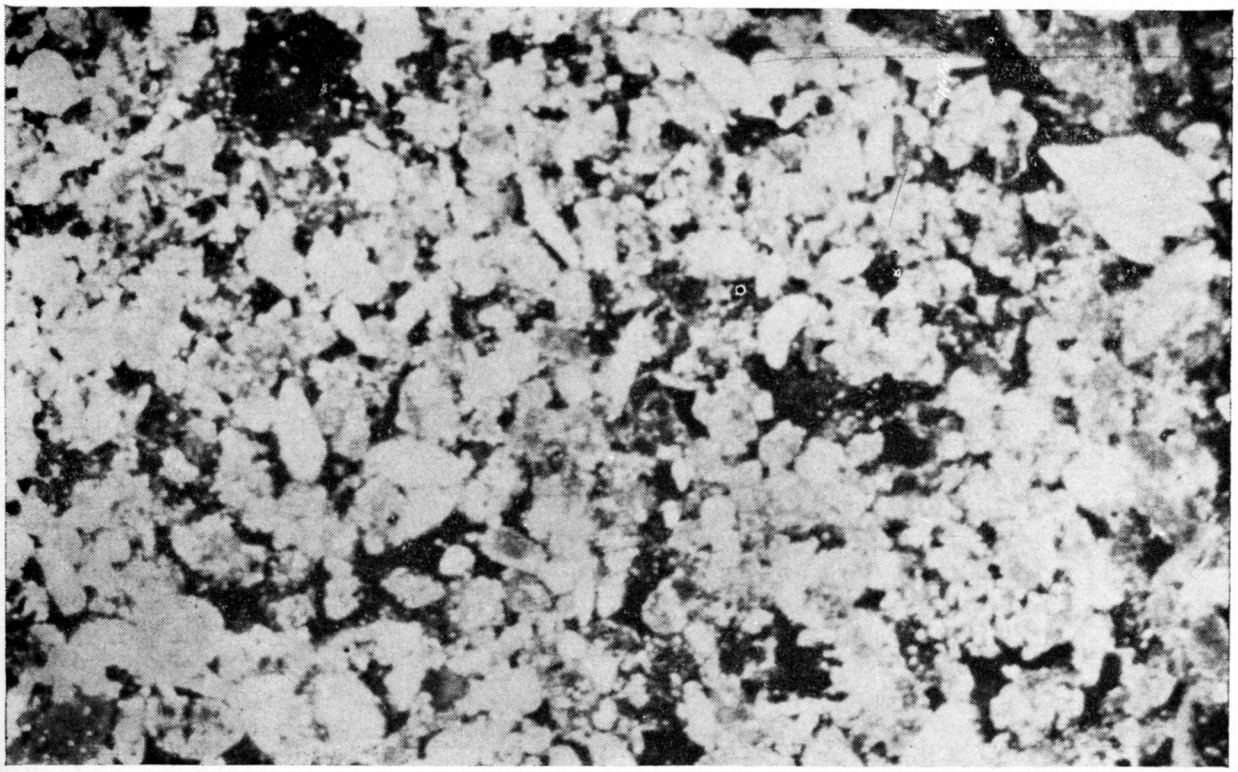

Fig. 5.—Lámina delgada de limo pulverulento terciario (muestra T. 535). La Magdalena (Mediana), el mineral más abundante el yeso (domina forma lenticular), también hay calcita, arcilla, magnetita. (F. A. Torras).

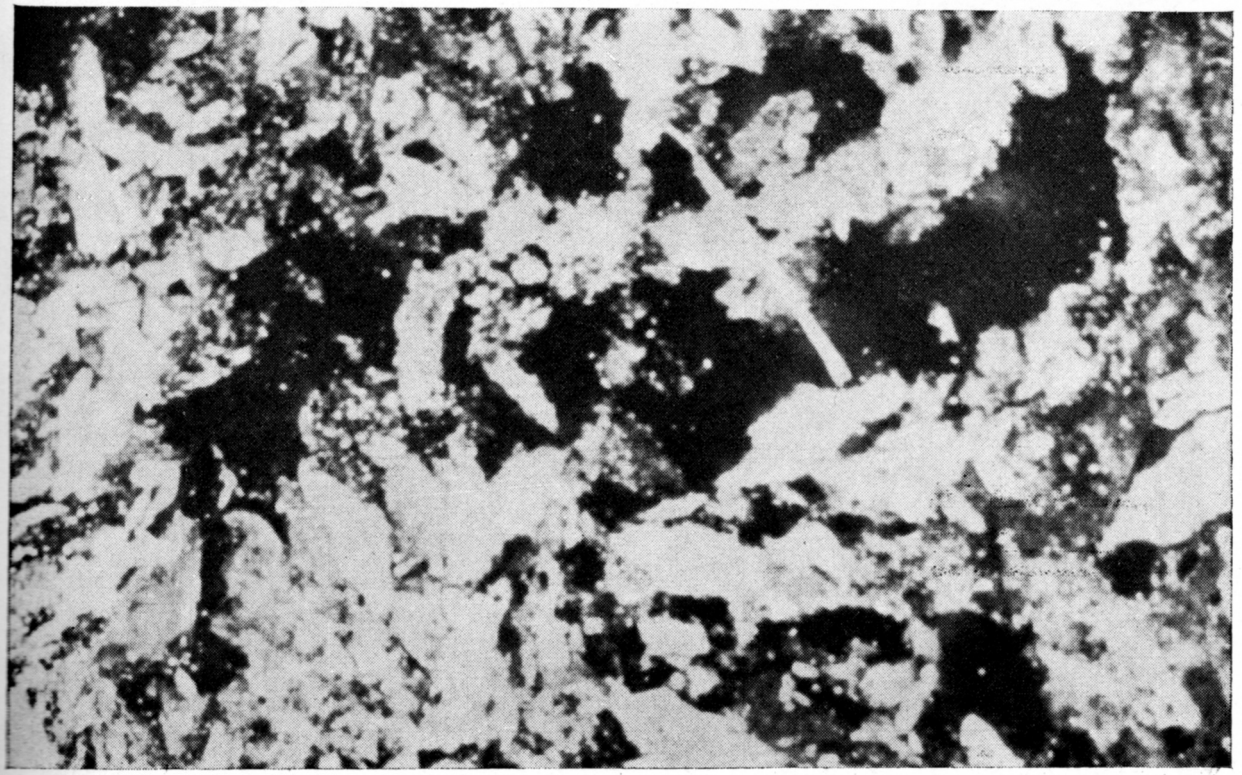

Fig. 6.—Lámina delgada de limo eólico fluvial (muestra T. 313) de Candasnos, hay yeso lenticular muy abundante, calcita, arcilla. (F. A. Torras).

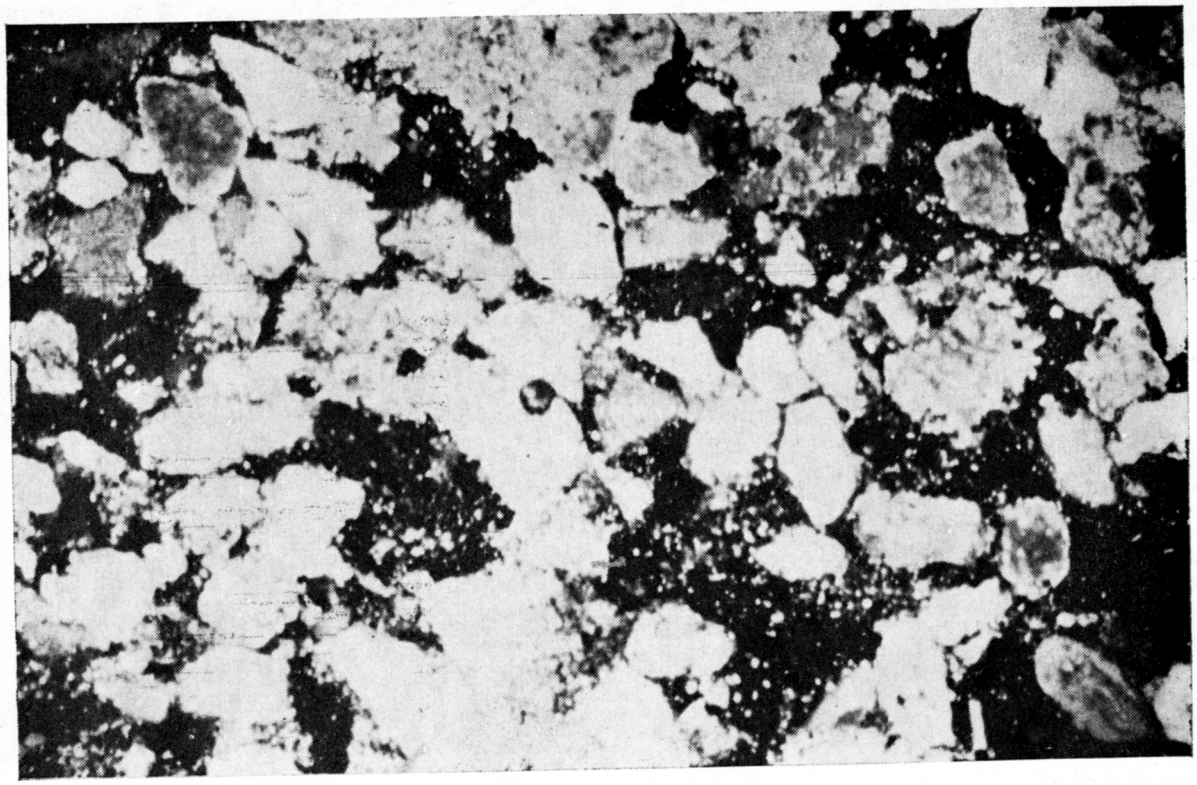

Fig. 7.—Lámina delgada de limo fluvial (muestra 401 B) de Alagón. Segunda Terraza del Ebro. Domina el yeso, calcita. (F. A. Torras).

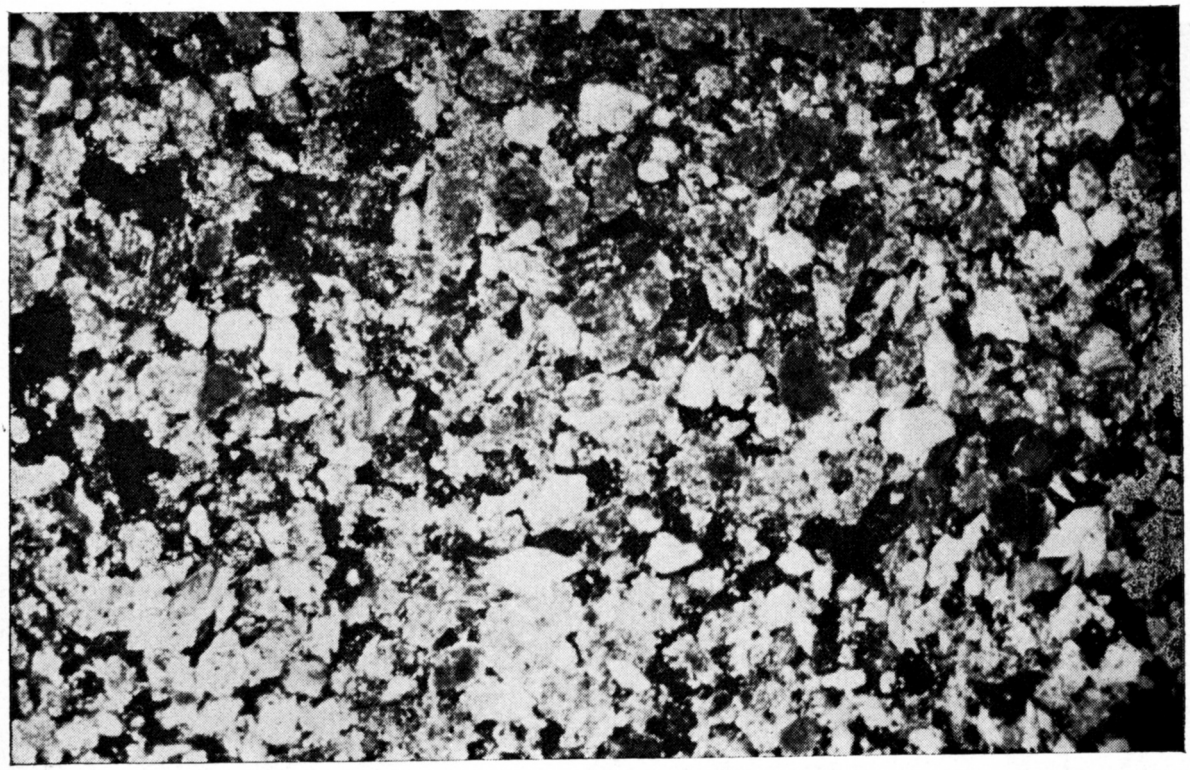

Fig. 8.—Lámina delgada de limo eólico cuaternario. El mineral más abundante es el yeso (forma lenticular), calcita, arcilla. (F. A. Torras).

$S_0 = \sqrt{\frac{Q_1}{Q_3}}$ Cuanto mayor sea, peor clasificado es el sedimento.

Qdephi = $Log_2\ S_0$. Asímismo cuanto mayor es dicho índice, el sedimento es peor clasificado.

He = Indice de heterometría de Cailleux.

$$He = \frac{Q_3 - Q_1}{50}$$

SKg = Indice de asimetría o de Krumbein.

SKg = 1/2 ($Q_1 + Q_3 - 2Md$).

QDg = Coeficiente de sorting. Trask halló que los valores menores a 2,5 corresponden a sedimentos bien clasificados, y cuando aumentan a 3,0 son normalmente clasificados; y pasando de valores mayores a 4,5 se trata de materiales pobremente clasificados.

En la Tabla I se han consignado los valores de algunos análisis granulométricos de distintos tipos de limos estudiados.

En la fig. 1 se hallan representados los histogramas de los índices de heterometría de CAILLEUX y los Qdephi de KRUMBEIN. Considerándolos de abajo arriba, los dos primeros corresponden a los limos cuaternarios y terciarios, conjuntamente; los dos segundos a los terciarios, y los dos últimos a los cuaternarios.

Según CAILLEUX los valores de índices de heterometría corresponden a los de un loess (0,20 a 1,25) y con más exactitud a los mantos eólicos (0,20 a 1,25). También los Qdephi calculados corresponden a los índices de los loess (0,32 a 2; y de media 0,80). Asímismo la dispersión es más bien la propia de mantos eólicos.

En la fig. 2 hemos representado en un diagrama CM de PASSEGA (1957) los valores C y M de cada granulometría, mediante un punto. La línea envolvente de este enjambre encierra los limos yesíferos fluviales y eólicos puros. Las dimensiones de esta envolvente están comprendidas entre C, de 70 a 280μ; y M, de 16 a 80μ. Dentro de la misma, los limos fluviales ocupan la mitad superior; los eólicos y limos puros, la mitad inferior.

TABLA I

	Muestra		TAMAÑOS EN MILIMETROS D_{10}	Q_1	M	Q_3	D_{90}	INDICES DE SIMETRIA So	Qdephi	He	SKq	QDg
1	Lp3	T—63	0,052	0,038	0,028	0,021	0,018	1,3	0,37	0,40	1,5	0,55
2	Lp3	T—70	0,065	0,043	0,029	0,019	0,017	1,5	0,58	0,48	2	0,44
3	Lp3	T—101	0,110	0,072	0,043	0,025	0,019	1,7	0,76	1,4	5,5	0,34
4	Lp3	T—523	0,035	0,027	0,022	0,017	0,016	1,2	0,26	0,20	0,5	0,60
5	Lp3	T—532	0,070	0,045	0,028	0,019	0,018	1,5	0,58	0,52	4	0,42
6	Lp3	T—535	0,220	0,037	0,023	0,018	0,017	1,5	0,58	0,38	4,5	0,46
7	Lp3	T—540	0,070	0,037	0,023	0,017	0,016	1,5	0,58	0,40	4	0,46
8	Lp3	T—542	0,058	0,033	0,025	0,019	0,017	1,3	0,37	0,32	1	0,57
9	Lf	T—202	0,110	0,075	0,055	0,030	0,019	1,6	0,67	0,90	2,5	0,40
10	Lf	T—203	0,110	0,080	0,062	0,040	0,027	1,4	0,47	0,80	2	0,50
11	Lf	T—306	0,100	0,085	0,052	0,028	0,020	1,36	0,44	1	4,5	0,60
12	Lf	T—402	0,072	0,043	0,026	0,019	0,018	1,5	0,58	0,48	5	0,46
13	Lf	T—521	0,095	0,051	0,030	0,019	0,017	1,3	0,37	0,64	5	0,37
14	Lf	T—533	0,058	0,032	0,021	0,017	0,016	1,3	0,37	0,30	3,5	0,53
15	Lef	T—314	0,080	0,050	0,025	0,018	0,017	1,5	0,58	0,64	3,5	0,36
16	Lef	T—401	0,063	0,045	0,028	0,019	0,018	1,5	0,58	0,53	4	0,42
17	Lef	T—580	0,110	0,034	0,021	0,018	0,017	1,3	0,37	0,32	5	0,52
18	LepQ	T—505	0,098	0,075	0,053	0,031	0,023	1,3	0,37	0,88	0	0,41
19	LepQ	T—507	0,062	0,042	0,022	0,017	0,016	1,6	0,67	0,80	7,5	0,44
20	LepQ	T—511	0,031	0,023	0,019	0,017	0,016	1,1	0,21	0,32	1	0,70
21	LepQ	T—513	0,068	0,037	0,022	0,018	0,016	1,5	0,58	0,38	5,5	0,50

Lp3 — Limo pulverulento terciario.
Lf — Limo fluvial cuaternario.
Lef — Limo eólico-fluvial.
LpQ — Limo pulverulento cuaternario.

So — Indice de Sorting Trask.
He — Indice de heterometría de Cailleux.
SKq — Indice de asimetría intercuartil.
QDg — Coeficiente de Sorting.

En la fig. 3 hemos representado el área de dispersión de las curvas acumulativas de los limos yesíferos resultante de unos 80 análisis granulométricos.

En la zona central el área de mayor porcentaje. Los M están comprendidos entre 80 y 60 μ y los cuartilos Q_3 de 16 a 40 μ y Q_1 de 20 a 85 μ. Así pues y como conclusión de los múltiples análisis granulométricos podemos deducir que las dimensiones de las partículas de los limos yesíferos puros corresponden a la granulometría propia de los loess típicos.

Aunque dejamos para un estudio posterior, se están asímismo realizando análisis químicos y mineralógicos de las partículas limosas. Es evidente que el material más abundante en este tipo de materiales es el yeso.

BIBLIOGRAFIA

BENAYAS CASARES, J. y RIBA ARDERIU, O. (1961).—Caracterización de un depósito cuaternario de tipo loess en Toledo. Trabajos presentados en la II Reunión de Sedimentología. Sevilla, 1961. C. S. I. C. Inst. Edaf. Sección Petrografía Sedimentaria. P. 135-153, 7 figs., 4 tablas.

BERG, L. S. (1961).—Loess as a Product of Weathering and soil Formation. *Israel Prog. Scient. Trans.* Jerusalén, 1964.

CAILLEUX, A. (1956).—La Era Cuaternaria, problemas y métodos de Estudio. Dip. Prov. de Barcelona. *Mem. Com. Inst. Geol.* t. XV, C. S. I. C. Barcelona.

CAILLEUX, A. et TRICART, J. (1963).—Initiation a l'étude des sables et des galets. *C. D. U.* París.

CHARLESWORTH (1957).—The Quaternary Era. *Arnold Ed.* London, 1957.

CHAVAILLON, J. (1964).—Les formations quaternaires du Sahara Nord-Occidental. *C. N. R. S.* Alger, 1964. Tesis doctoral. Pub. C. R. Zones Arides.

DURAND, J. (1949).—Formation de la croûte gypseuse du Souf (Sahara). *Compt. Rendu. Som. Soc. Geol. de Fr.* pp. 303-304. París.

DURAND, J. (1959).—Les sols rouges et les croûtes en Algérie. *S. E. S.* Algerie.

DURAND, J. M. (1964).—Les croûtes calcaires et gypseuses en Algérie: Formation et âge. *Bull. Soc. Geol. Fr.* (1963 paru 1964) 15, núm. 6, 959 - 68, tabl, bibl. (47 ref.).

FRIEDMAN, G. (1959).—Identification of Carbonate Minerals by staining methods. *Jour Sed. Pet.* vol. 29, núm. 1, pp. 87 - 97, March.

FOLK, R. (1966).—A review of grain-size parameters. *Sedimentology,* Vol. 6, núm. 2, pp. 73-89.

KUBIENA, W. L. (1952).—Claves sistemáticas de Suelos. *C. S. I. C.* Madrid, pp. 382.

LLAMAS MADURGA, M. R. (1958).—Los yesos de la cuenca del Ebro y su repercusión en los canales de regadío. *Bol. Real. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. LVI, pág. 447 - 75. Madrid.

LLAMAS MADURGA, M. R. (1962).—Estudio geológico-técnico de los terrenos yesíferos de la cuenca del Ebro y de los problemas que plantean en los canales. *Ser. Geol. O. P. Bol.* 12. pp. 192.

MABESOONE, J. M. (1959).—Tertiary and Quaternary sedimentation in a part of the Duero Basin. Palencia. Tesis doctoral, 171 pp.

MABESOONE, J. M. (1962).—Some applications of Faber's method for grain size analysis by counting. *Geol. Mijnbouw.* t. 41, pp. 409-422.

PASSEGA, R. (1957).—Texture as characteristic of clastic deposition. *Bull. Am. Ass. Pet. Geol.* Vol. 41, núm. 9, Tulsa.

PETTITJOHN, F. J. (1957).—Sedimentary Rocks. *Harper. Brs.* New York.

STRAKHOV, N. M. (1958).—Méthodes d'étude des Roches Sédimentaires. *Ann. Serv. d'inf. Geol. S. N. R. S.* núm. 35.

TICKELL, F. G. (1965).— The techniques of sedimentary mineralogy. *Dev. in Sed.* núm. 4, Elsevier.

TRICART, J. (1955).—Aspects sédimentologiques du delta du Senegal. *Geol. Runds.* 43, 43 - 2 pp. 384 - 397.

TRICART, J. (1961).—Notice explicative de la carte géomorphologique du delta du Sénégal. *Mem. B. R. Geol. Min.* núm. 8.