

Estudio Comparativo, Petrográfico Mineralógico, de tres muestras de Limos

J. GOÑI (**)

J. ESQUEVIN (*)

V. MALYCHEFF (*)

S U M M A R Y

We have studied three loam samples from Strasbourg, Pontenvaux and "Departamento de Belgrano" (Argentine Republic). Samples were examined at the polarizing microscope "as they are". Different fractions from the particle size analysis were studied by X-ray, D.T.A., D.P.A., base exchange capacity and so on. As surface alterations we have stated these probable transformations:

Biotite < $\begin{matrix} \text{Illite} \\ \text{Vermiculite} \end{matrix}$ (Loess from Strassbourg)

Biotite \rightarrow altered biotite \rightarrow montmorrillonite
(loess-loess from Belgrano)

Feldspars < $\begin{matrix} \text{Illite} \\ \text{Kaolinite} \end{matrix}$ (decalcified loess from Pontenvaux)

R E S U M E N

Hemos estudiado, tres muestras de limos, provenientes de Strasbourg, Pontenvaux, y del Dpto. de Belgrano (Rep. Arg.). Las muestras "tal cual", han sido examinadas al microscopio polarizante. Las diversas fracciones resultantes del análisis granulométrico se han estudiado mediante métodos tales como: R.X., A.T.D., A.T.P., capacidad de intercambio de bases, etc.

Como fenómenos de alteración superficial, se ha puesto en evidencia las probables transformaciones:

Biotita $\begin{cases} \nearrow \text{Illita} \\ \searrow \text{Vermiculita} \end{cases}$ (Loess de Strasbourg)

Biotita \rightarrow Biotita alterada \rightarrow Montmorillonita (Limo-loessico de Belgrano)

Feldespatos $\begin{cases} \nearrow \text{Illita} \\ \searrow \text{Caolinita} \end{cases}$ (Loess descalcificado de Pontenvaux)

(*) Laboratorio de Mineralogía del Muséum d'Histoire Naturelle. Paris. Director: Prof. Jean Orcel.

(**) Trabajo efectuado como becario de la Fac. de Quim. y Farm. de Montevideo, Uruguay, en el Laboratorio antedicho.

PLAN DE TRABAJO

- A.— Introducción.
- B.— Origen, ubicación estratigráfica y descripción macroscópica de las muestras en estudio.
- C.— Estudio petrográfico-mineralógico.
 - a.— Observación microscópica;
 - i.— Técnica de consolidación de la muestra.
 - ii.— Descripción de las láminas delgadas.
 - b.— Análisis granulométrico,
 - c.— Estudio de la fracción arena,
 - d.— Estudio de la fracción arcilla;
 - i.— Rayos X, Método de Debye-Scherrer (R.X.),
 - ii.— Análisis térmico diferencial (A.T.D.) y análisis termoponderal (A.T.P.),
 - iii.— Capacidad de intercambio de bases.
- D.— Conclusiones.

A. — INTRODUCCION

Definiciones

Consideramos importante, definir y precisar, el alcance petrográfico de los términos limo y loess, dado que muchos autores los emplean con significaciones diferentes.

Limo: Bajo esta denominación se comprende indistintamente (1)*, tres tipos diferentes de acumulaciones:

1º — El término limo, se aplica en análisis mecánico, a una de las fracciones obtenidas por este procedimiento. El tamaño de las partículas de esta fracción está comprendido entre 2 y 20 μ ;

2º — Ciertos sedimentos finos, todavía en vías de formación o recientemente depositados, en otras palabras, depósitos finos actuales. Es así que hablamos de limos de fondo de lagos, limos depositados durante el período de creciente de ríos, (limos de inundación) etc.;

3º — Finalmente, se da también el nombre de limo a formaciones superficiales, más o menos coherentes, friables, generalmente porosas, masivas o estratificadas, de color amarillento rojizo, habiendo sufrido una cierta alteración posteriormente a su formación.

Para evitar toda confusión, el término limo será empleado en este trabajo en la última significación, es decir para designar formaciones superficiales constituídas por materiales finos, en donde dominan fragmentos de cuarzo, y presentando en su masa modificaciones debidas en gran parte a los agentes atmosféricos y/o biológicos. Desde el punto de vista mineralógico un limo está constituido fundamentalmente por granos de cuarzo de pequeña talla, generalmente angulosos, asociados a la arcilla, presente en cantidad más débil, y ocasionalmente CaCO_3 .

El término limo en nuestra lengua equivale a: "limon" (Francia), "Lehm" (Alemania), "loam" (Inglaterra), "Huang-tou" (China) (2), (3).

Loess: Esta variedad de limo, está constituída por partículas finas de cuarzo, que es el elemento dominante, de un tamaño que

(*) Los números encerrados entre paréntesis curvos, indican la bibliografía consultada, que se encuentra al final del trabajo.

oscila entre 0,02 mm. y 0,05 mm., por una cantidad de carbonato de calcio que puede alcanzar el 20% de la roca, y de arcilla en pequeña cantidad. El todo está coloreado por óxidos de hierro, que pigmentan la masa de un color amarillento de diversas tonalidades. Son rocas friables, raramente estratificadas, porosas, por consiguiente permeables, a estructura masiva (4)**.

Una cierta variación en la proporción de uno de los constituyentes, origina algunas de sus variedades como ser: loess arenoso, loess arcilloso. De acuerdo a la edad tenemos: los loess recientes, antiguos; según la topografía: loess de pendiente, de colina, de valle; de acuerdo a la estructura: loess estratificados. Según la naturaleza del medio en el cual se ha efectuado la acumulación, nacen los loess lacustres, loess terrestres. Es a este último tipo al que pertenecen la mayoría de los loess, notablemente el loess tipo propiamente dicho.

Es necesario también distinguir los loess alterados. Estos están generalmente completamente descalcificados y a menudo concrecionados, y constituyen así formaciones corrientes denominadas "tierra de ladrillos", que equivale a la "terre à brique" (Francia) y al "Lösslehm" alemán, utilizados como su nombre lo indica para la fabricación de tejas, ladrillos, etc. Evidentemente, esta utilización es insuficiente como medio de caracterización, por utilizarse en esta industria, no solamente el verdadero loess descalcificado, sino un conjunto heterogéneo de rocas y sedimentos.

Adoptamos el término loess, como equivalente al término germánico de "Löss", que proviene de "lasse", sinónimo de "locker", "zerreiblich", que significa friable, desmenuzable, y que tanto en lengua francesa como inglesa se escribe "loess".

Importancia del estudio de estas formaciones

Estas rocas, generalmente de edad Pleistocénica constituyen desde el punto de vista estratigráfico un elemento valioso para la correlación de este último, pues contienen a menudo en su base, fósiles característicos, así como vestigios de la industria del hombre prehistórico.

(**) Los términos, textura y estructura, son empleados con idéntica acepción, a los utilizados por Lacroix, en el dominio de rocas eruptivas.

Su rol pedológico es enorme dado que constituye el sustratum geológico de suelos de gran fertilidad. Citaremos para simplificar la formación de los tchernozem de Ucrania, y en Uruguay los limos (?) que constituyen las Capas, miocénicas-pliocénicas, de Fray Bentos, el complejo limo-loessico del Pampeano (Pleistoceno), etc.

Finalmente constituyen estas rocas un continuo y grave problema para las obras de construcción, puentes, etc., en donde el correcto conocimiento de las propiedades físicas, especialmente del constituyente arcilla, es fundamental para el buen éxito de la empresa.

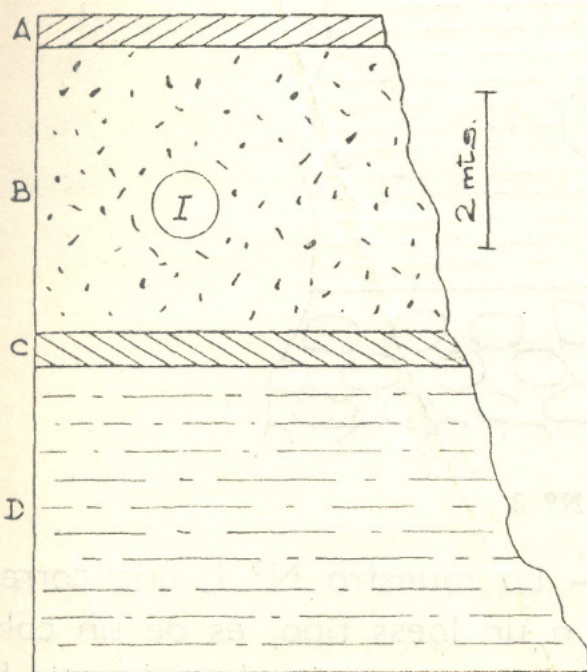
Sin embargo, estas formaciones están insuficientemente estudiadas desde el punto de vista petrográfico y mineralógico, sobre todo en lo que concierne a la naturaleza del constituyente arcilla.

Es el objeto de este trabajo, contribuir al esclarecimiento de algunos de los problemas que estas rocas plantean hoy a la Ciencia Geológica.

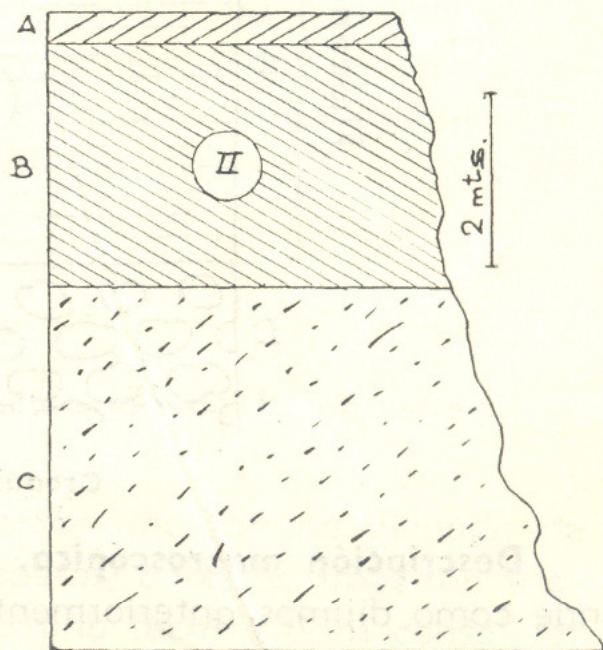
B. — ORIGEN, UBICACION ESTRATIGRAFICA Y DESCRIPCION MACROSCOPICA DE LAS MUESTRAS EN ESTUDIO.

Hemos trabajado sobre tres muestras de limos que las llamaremos respectivamente: I, II, III, que provienen:

Muestra I. — Alrededores de Strasbourg, cantera Hurst, cerca de Achenheim, Alsacia (Francia), tomadas de la formación loes-



Croquis N° 1

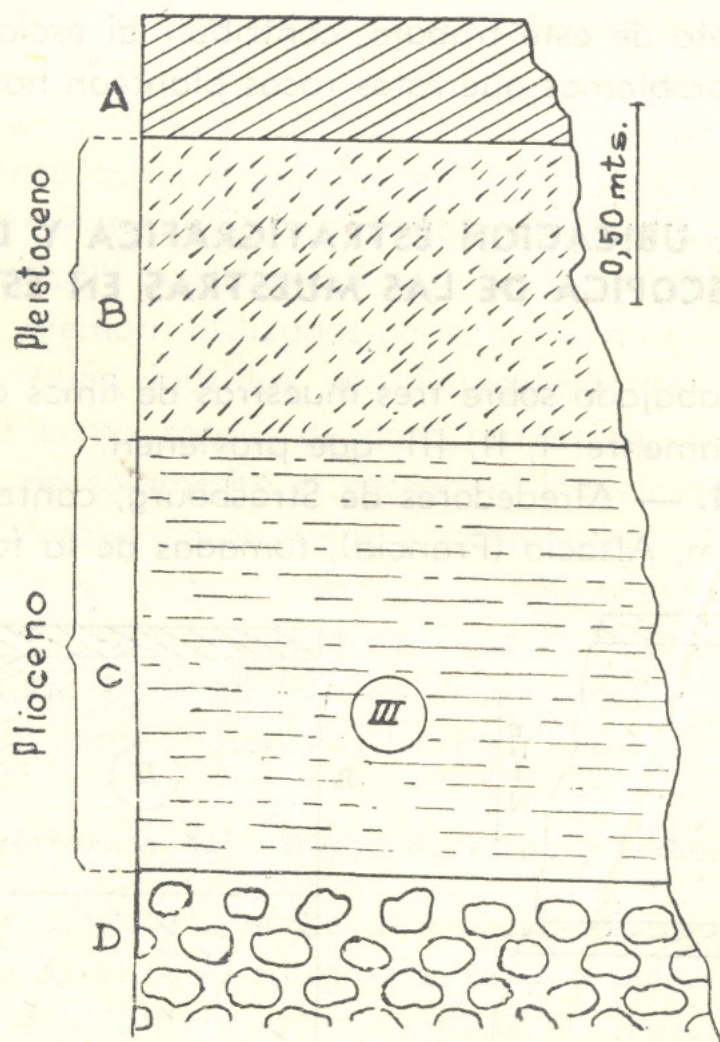


Croquis N° 2

sica superior, reciente, de edad pleistocénica (Würmien) que corresponde a la última glaciación europea y que reposa sobre la terraza media del Rhin. Constituye un loess tipo. Ver croquis N° 1.

Muestra II. — De Pontenvaux, cerca de Macon, valle de la Saône, de idéntica formación geológica que la N° 1. Constituye un loess descalcificado naturalmente de pendiente. Ver croquis N° 2.

Muestra III. — Proviene de una barranca del Arroyo del Ternero Colgado, al oeste de Manantiales, departamento de Belgrano, provincia de San Luis, República Argentina. Es un limo-loessico. Ver croquis N° 3. Esta muestra fué amablemente enviada a uno de nosotros (V.M.) por el Sr. J. R. Cordini, a quien debemos la ubicación estratigráfica de la roca.



Croquis N° 3

Descripción macroscópica. — La muestra N° 1, que corresponde como dijimos anteriormente a un loess tipo, es de un color amarillo pálido, a grano muy fino, de gran porosidad, carbonatada,

friable, encerrando una pequeña cantidad de tubuladuras calcáreas. La N^o II, a loess descalcificado naturalmente, es más tenaz y compacta que la muestra precedente y de una coloración marrón clara ligeramente rosácea. Contiene una sustancia ferruginosa que pigmenta homogéneamente el conjunto de la muestra. No presenta sustancias calcáreas.

La muestra N^o III, o limo-loessico, de grano fino, friable, de color marrón rojizo debido a la existencia de óxidos de hierro se desmenuza fácilmente (como la muestra I), bajo una débil presión.

C. — ESTUDIO PETROGRAFICO-MINERALOGICO

La exacta comprensión de la constitución mineralógica de un limo, pone necesariamente en juego un cierto número de métodos modernos mineralógicos cuyos resultados, juiciosamente interpretados, harán una conclusión más valedera. Es esta observación válida sobre todo en el estudio de la fracción arcilla (concepto granulométrico indicando un diámetro inferior a 2μ), donde el análisis microscópico se revela insuficiente dado el tamaño de estos minerales. Es este el campo de acción de métodos tales como R.X., A.T.D., A.T.P., etc. El estudio microscópico es fundamental en la observación de la lámina delgada tallada sobre la muestra "tal cual", poniendo en evidencia el aspecto asociativo y textural de los constituyentes, así como, grados de alteración, neoformaciones, etc. (5). Igualmente este instrumento se revela indispensable en el estudio de la fracción arena (fracción granulométrica de un diámetro medio superior a 20μ) efectuada de acuerdo a los métodos mineralógicos corrientes, basándolos principalmente sobre las constantes ópticas de las especies minerales (6), (7), (8).

a. — Observación microscópica.

i. — Técnica de la consolidación de la muestra.

Para poder efectuar correctamente una lámina delgada de espesor conveniente (0,025 mm. de espesor) en estos limos tan friables, nos fué necesario poner a punto una técnica para consolidar suficientemente las muestras, de modo que resistieran a las clási-

cas operaciones de ejecución de una lámina delgada (corte, nivelación, pulido, etc.). Esta consolidación la hemos efectuado mediante la inmersión de la muestra en una solución de bálsamo de Canadá en xilol, todo calentado a una temperatura de alrededor de 80° C. para hacer escapar el aire contenido en los poros de la roca y por consiguiente permitir la entrada de la solución. Para evitar las pérdidas de xilol, el balón trabaja en conexión con un refrigerante a agua. Después de 4 a 5 horas de tratamiento, la muestra es sometida en una estufa a 100°C. durante 2 a 3 horas, a fin de provocar el cocido del bálsamo. Esta técnica simple, nos ha dado excelentes resultados, pudiendo efectuarse correctamente las láminas delgadas que a continuación se describen.

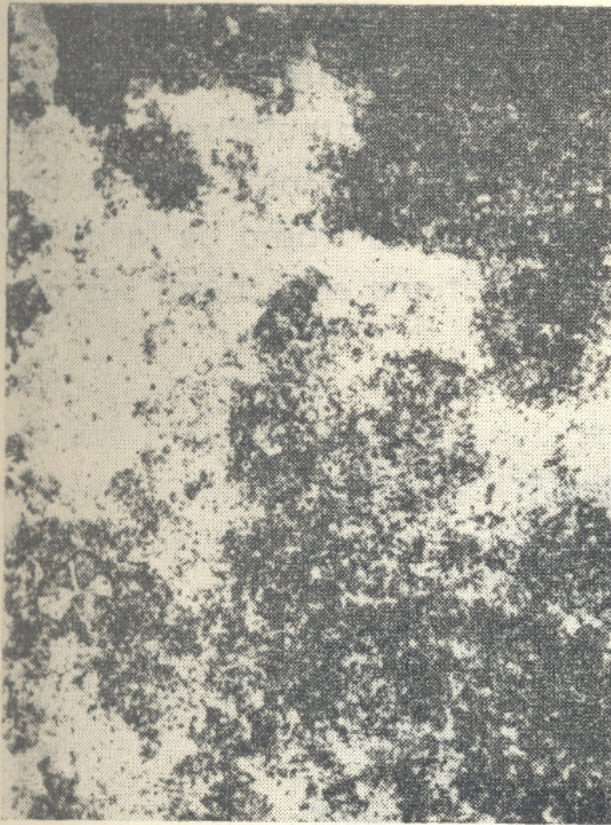
ii. — Descripción de las láminas delgadas

Muestra N° I. — A débil aumento, (Ver microfotografía N° 1), se puede ver que esta roca está compuesta casi uniformemente por granos de pequeña dimensión (0,02 a 0,03 mm.), no orientados, donde dominan minerales micaceados, muscovita principalmente, a birrefringencia normal, y en donde raramente se destacan cristales de calcita de un diámetro medio de 0,2 mm. pudiendo llegar hasta 0,4 mm. El elemento detrítico más abundante y fundamental, es el cuarzo, acompañado por algunos prismas de apatito incoloro, y raros cristales de hornblenda, turmalina, y feldespato ácido tipo ortósico.

Es factible, evidenciar dos generaciones de calcita. En efecto, empleando fuerte aumento y entre nicoles cruzados, podemos distinguir un primer tipo formado por pequeños individuos, generalmente afectando una forma en "abanico", que tapizan literalmente toda la masa del loess. Otros, sin embargo, de gran talla, son englobados por la masa micaceada y cuarzosa y su estructura evidencia una neta fracturación.

El primer tipo de calcita la consideramos de neoformación y provendría del ataque y deposición "in situ" del segundo tipo de cristales detríticos y alóctonos.

Muestra N° II. — La lámina delgada está representada en la microfotografía N° 2. A grano grueso, de un diámetro medio de 0,1 mm. a 0,2 mm, conteniendo por partes, fragmentos de diversos mi-



Microfotografía N° 1
Muestra I. L.N. x 60

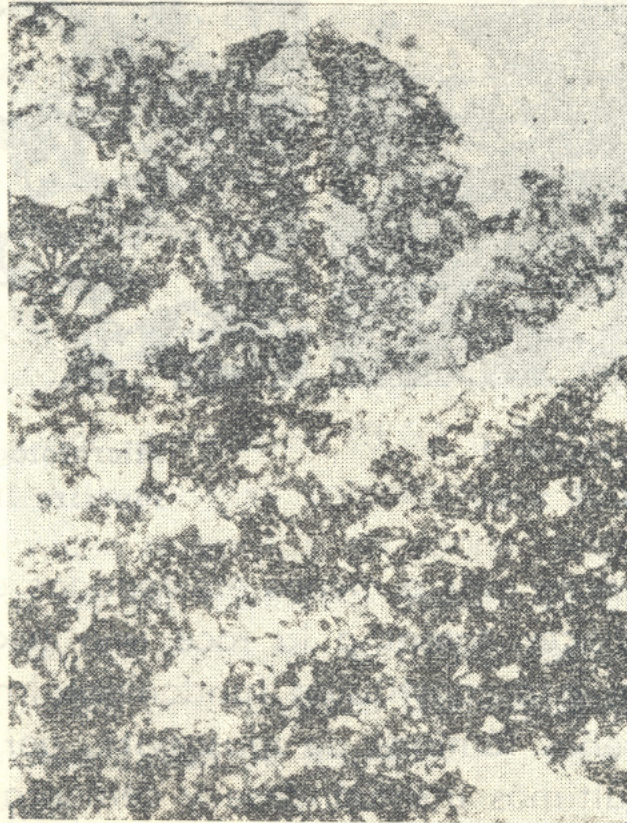


Microfotografía N° 2
Muestra II. L.N. x 60

nerales así como rocas más o menos erosionadas de 0,8 a 0,9 mm. de diámetro que hacen tomar a la roca una textura pseudo brechoide. El cemento está constituido fundamentalmente, por la acumulación de pequeñas láminas de muscovita, por óxidos de hierro hidratados, estos últimos insinuándose y cementando los fragmentos de minerales existentes.

Los minerales fundamentales son cuarzo, feldespatos, micas (especialmente biotita y muscovita). Existen también, como dijimos en líneas antes, trozos de rocas diversas, como ser micacitas, cuar-citas, etc.. Podemos distinguir varios tipos de cuarzo de origen netamente distinto; cuarzo a extinción ondulosa, otros intensamente fracturados, todos ellos presentando casi constantemente inclusiones microscópicas de otros minerales. Es bastante abundante la presencia de formas secundarias de la sílice, como ser, agrupamientos de sílex. Los feldespatos, sean ácidos (microclina), o plagioclásicos, a menudo pertíticos, presentan un intenso fenómeno de alteración, generalmente siguiendo las direcciones de clivaje, que conduce, sea a la formación de pajuelas micaceadas, incoloras, birrefringentes (de se-

gundo orden) a elongación positiva, de naturaleza illítica, sea a un mineral extremadamente fino, que a fuerte aumento se resuelve en finas láminas incoloras, de índice de refracción inferior a la plagioclasa encajante, de débil birrefringencia, que caracteriza a la caolinita. El material micaceado está formado por mica blanca tipo muscovita en pajuelas muy finas, formando la trama de la roca y por una biotita algo decolorada, que mantiene en general sus propiedades ópticas corrientes.



Microfotografía N° 3
Muestra III. L.N. x 60

Muestra N° III. — Como se puede ver en la microfotografía N° 3, esta roca está formada por minerales de un diámetro medio de 0,09 mm. con trozos de cuarzo detrítico de 0,4 mm. de dimensión. Notamos en este limo la ausencia de una materia ferruginosa cementante que constituye un elemento fundamental en la muestra anteriormente descrita. Existen cristales de plagioclasa tipo andesina, así como de microclina, absolutamente inalterados. La muscovita bastante abundante, algo fragmentada mantiene sus colores normales de polarización. Los granos de cuarzo detrítico están a veces rodeados de un borde compuesto por cristales pequeños de sílice

de neoformación presentando en común la misma orientación óptica, es decir que ésta sílice secundaria presenta un plano del elipsoide óptico, paralelo a las caras del prisma primitivo de cuarzo. En esta lámina delgada, la biotita, que aparece en cristales hasta de 0,2 mm., presenta evidentes fenómenos de alteración superficial. Encontramos que casi todos estos cristales poseen una birrefringencia anormalmente baja, pérdida casi total del pleocroismo y al mismo tiempo una abertura y deflecado de las láminas. El color es marrón a marrón rojizo, estando generalmente las láminas rodeadas de una exudación férrica. Encontramos como minerales accesorios: augita, hornblenda verde, prismas de apatito, y raros cristales de hipersteno, calcita y epidoto.

Como vemos, fuera del loess de Strasbourg (Nº I) en que su fineza hace difícil un estudio óptico preciso, petrográficamente podemos poner en evidencia, fuera del aspecto textural, ciertos fenómenos, entre los cuales indicaremos:

Caolinización e illitización, especialmente en los cristales plagioclásicos, en el limo descalcificado de Pontenvaux (Nº II);

Tanto en la muestra Nº II como en el limo loessico de Belgrano (Nº III) nos encontramos con un fenómeno interesante de meteorización de la biotita. Resumiremos esta alteración en los hechos siguientes: disminución neta de la birrefringencia, acompañada de un debilitamiento a casi anulación del pleocroismo, al mismo tiempo que los cristales toman una coloración marrón rojiza. Este mineral resultante en ningún caso suministró las características ópticas de una clorita. Ha habido una pérdida por oxidación y posterior hidratación del Fe^{++} (forma móvil del Fe.), que ha conducido a la formación de un gel férrico en parte depositado sobre un fondo birrefringente de biotita inalterada en la muestra Nº II. Evidentemente estos óxidos de hierro son en parte alóctonos y este aporte ha sido efectuado por el intermedio de capilares perfectamente visibles en la lámina que han producido, especialmente en II, una verdadera cementación. Por variación de las condiciones fisicoquímicas del medio y así como por las diferencias petrográficas de la roca, ese aporte ha sido mucho menos importante en la muestra Nº III. En cuanto a este último limo, la alteración de la biotita provoca, además de los fenómenos anotados anteriormente, la pérdida del

aspecto usual de esta mica, con la formación, en secciones perpendiculares al eje óptico de una imagen uniáxica confusa en luz polarizada convergente.

Stephen ⁽⁹⁾ ⁽¹⁰⁾, al efectuar el estudio de la constitución mineralógica de suelos provenientes de la alteración de rocas de tipo biotítico (biotitita), granítico, apinitico, etc., de edad probablemente Precámbrica, llega a la conclusión en el caso de la biotitita que: "Optical examination of thin sections from a block of weathering biotitite shows clearly the alteration of the biotite to a green optically negative chlorite" . . . "It appears therefore that on weathering the biotite breaks down into a polycrystalline aggregate of a chloritic material" y agrega más adelante: "The chloritization of the biotite is accompanied by the segregation of the liberated titania in association with lime and silica into abundant crystallites of secondary sphene, normally occurring in feathery groupings and needleshaped aggregates. Iron oxides, finely granular yellow pleochroic epidote, and calcite occur sparingly as weathering products".

Este mismo autor al estudiar la alteración de rocas graníticas de la misma localidad (Malvern Hills en Worcestershire, Inglaterra) y situadas en proximidad, expresa: "A mineral analysis of the unweathered rock underlying the profile sampled gives the modal composition (average of 7 micro-sections): quartz 23.0, feldspar (microcline-perthite, oligoclase, orthoclase) 64.0, penninite 6.0, epidote-clinozoisite 3.2, iron ore 1.3, amphibole, sphene, apatite &c., 2.5", y más adelante expresa: "At this locality the granite is slightly contaminated by the incorporation of xenolithic basic material, now represented hydrothermally by aggregates of mafic minerals. The comprising these basic "clots" are chlorite (penninite) yellow pleochroic epidote and clinozoisite, magnetite, brownish sphene, and apatite". Creemos que la "**cloritización**" de la biotita por meteorización acusada en la biotitita, es nada más que un producto de los agentes hidrotermales cuyo efecto aparecen en la roca granítica aún en estado fresco. Sostenemos de acuerdo con varios autores y en particular con Orcel ⁽¹¹⁾, un origen generalmente hidrotermal de los minerales de la familia de la clorita. En cuanto a que como producto secundario de la meteorización de la biotita se origine epidoto esfeno, etc., creemos sea absolutamente imposible. La formación de vermiculita por alteración superficial de un material biotítico, pa-

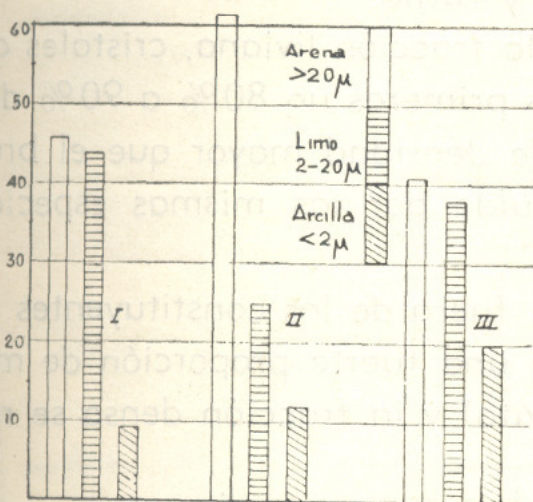
rece confirmarse en nuestro estudio sobre la muestra N° I, aún cuando su tamaño (Ver más atrás) nos hace imposible su comprobación óptica. Véase capítulo sobre estudios de R.X. y métodos térmicos (12).

b. — Análisis granulométrico

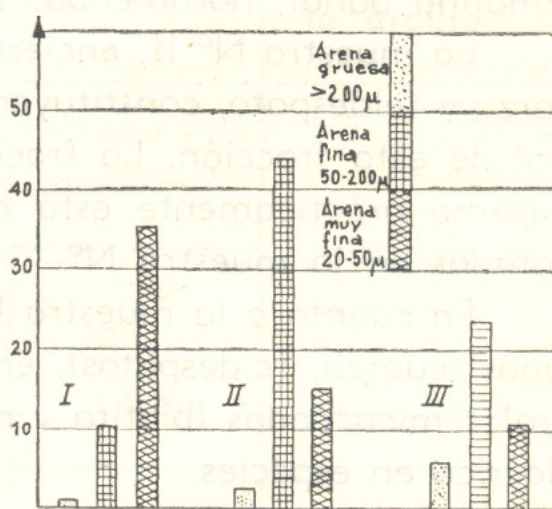
Este método ha sido efectuado de acuerdo a las técnicas clásicas perfectamente desarrolladas en (13) (14). Los resultados están tabulados en el cuadro N° 1. Hemos utilizado amoníaco como agente dispersante.

CUADRO N° 1

Diámetro medio de las partículas	Denominación	% Constituyentes		
		I	II	III
<2 μ .	arcilla	9.8	12.50	19.89
>2 μ . <20 μ .	limo	44.41	25.13	38.56
>20 μ . <50 μ .	arena muy fina	34.86	15.22	12.51
>50 μ . <200 μ .	arena fina	10.10	44.54	23.39
>200 μ . <2mm.	arena gruesa	0.83	2.61	5.65



Cuadro N° 2



Cuadro N° 3

El cuadro N° 2 representa gráficamente los resultados obtenidos mediante el análisis granulométrico de las fracciones arena, limo y arcilla. Como vemos frente al loess tipo que significa la mues-

tra N° I, la II puede ser definida como un limo arenoso y la III, como arcilloso. El cuadro N° 3 representa gráficamente el análisis granulométrico de la fracción arena propiamente dicha dividida en tres fracciones de acuerdo a los diámetros indicados en el cuadro N° 1. Como vemos un loess tipo contiene una gran proporción de arena "muy fina", permitiéndonos afirmar que dentro de la fracción arena del limo N° II, predomina la arena fina así como en la muestra III, cobra una gran importancia la arena gruesa. Estas conclusiones del análisis granulométrico confirman las observaciones anotadas anteriormente del estudio y medidas ópticas.

c. — Estudio de la fracción arena

Hemos efectuado el estudio mineralógico de esta fracción basándonos fundamentalmente sobre las constantes ópticas de los minerales así como, el "facies", color, forma, etc. Como líquido denso, hemos utilizado el bromoformo, de densidad 2,94. Prácticamente no existe en ninguna de las arenas extraídas de las muestras en estudio minerales metálicos susceptibles de justificar el estudio óptico por reflexión. El porcentaje de la fracción arena obtenido fué ya señalado en el cuadro N° 1.

La constitución mineralógica de esta fracción en la muestra N° I, es muy homogénea y formada casi esencialmente por fragmentos pequeños de cuarzo detrítico y anguloso, por cristales de turmalina banal, hornblenda, zircón y rutilo.

La muestra N° II, encierra en la fracción liviana, cristales de cuarzo y feldespato, constituyendo los primeros un 80% a 90% del total de esta fracción. La fracción de densidad mayor que el bromoformo prácticamente está constituida por las mismas especies anotadas en la muestra N° I.

En cuanto a la muestra N° III, fuera de los constituyentes livianos (cuarzo, feldespatos), encierra una fuerte proporción de minerales micaceados (biotita y muscovita) y la fracción densa se revela rica en especies.

Teniendo en cuenta la concentración relativa, estableceremos el siguiente orden: granates, hornblenda verde, turmalinas (azul, verde, etc.), idocrasa, augita, epidoto, peridoto, disteno, estaurotida, zircón y rutilo. Como técnica especializada en el estudio de esta fracción aconsejamos (15).

d. — Estudio de la fracción arcilla

La determinación de los constituyentes de la fracción arcilla, ha sido efectuada mediante la utilización de métodos tales como, R.X., A.T.D., A.T.P., capacidad de intercambio de bases y también la medida de pH efectuada sobre la muestra "tal cual".

En las tres muestras, la illita constituye una parte importante. Está asociada a la vermiculita y a un poco de caolinita en la muestra N° I; a la caolinita en la N° II; y a la montmorillonita en la muestra N° III.

i. — Rayos X, Método de Debye-Scherrer (R.X)

El estudio de los R.X. ha sido hecho sobre la parte fina extraída por análisis granulométrico ($<2\mu$). Se ha utilizado el método de polvo cristalino. La muestra es colocada, no bajo forma de un bastoncito en el centro de la cámara, sino según la disposición utilizada en las cámaras a focalización, es decir, que la muestra es amalgamada bajo formas de una pastilla y colocada tangencialmente a una generatriz de la Cámara. El haz de R.X. incide perpendicularmente a la superficie de esta pastilla. Esta disposición permite la medida de las grandes distancias reticulares.

CUADRO N° 4

N° de la muestra	Distancias reticulares (001) en Å			Naturaleza de la arcilla
	"tal cual"	calentada a 400° C.	Tratada con glicerina	
I	7,1	7,1	7,1	caolinita illita vermiculita
	10,0	—	10,0	
	14,8	10,0	14,8	
II	7,2	—	—	caolinita illita
	10,0	—	—	
III	10,0	—	10,0	illita montmorillonita
	14,4	9,9	17,7	

Los resultados del estudio a los R.X. están resumidos en el cuadro N° 4, en el cual no se menciona más que las rayas correspondientes a las grandes distancias reticulares.

Muestra N° I. — En este loess la fracción arcilla está compuesta por un poco de caolina, illita y vermiculica. Esta última tiene el mismo comportamiento que la montmorillonita a los efectos de la deshidratación, es decir que por calentamiento a 400°C., su distancia reticular máxima se transforma a 10 Å. Sin embargo se distingue de la montmorillonita, por el hecho, que en general, esta distancia reticular queda a 14 Å cuando se la embebe en agua glicerinada. En realidad así como lo prueban los métodos térmicos, la fracción arcilla de este loess de Strasbourg, está constituida en gran parte por la biotita poco alterada en partículas muy finas, que es la responsable de la fuerte intensidad de la raya a 10 Å. Por otra parte esta raya a 10 Å tiene una tendencia a difundirse hacia el centro del diagrama hasta un espaciado de 11,5 Å debido a la presencia de la hidrobiotita, estado transitorio en la alteración de la biotita en vermiculita.

Muestra N° II. — Este loess descalcificado naturalmente, tiene una composición relativamente simple. En efecto está constituido por una mezcla de caolinita y de illita.

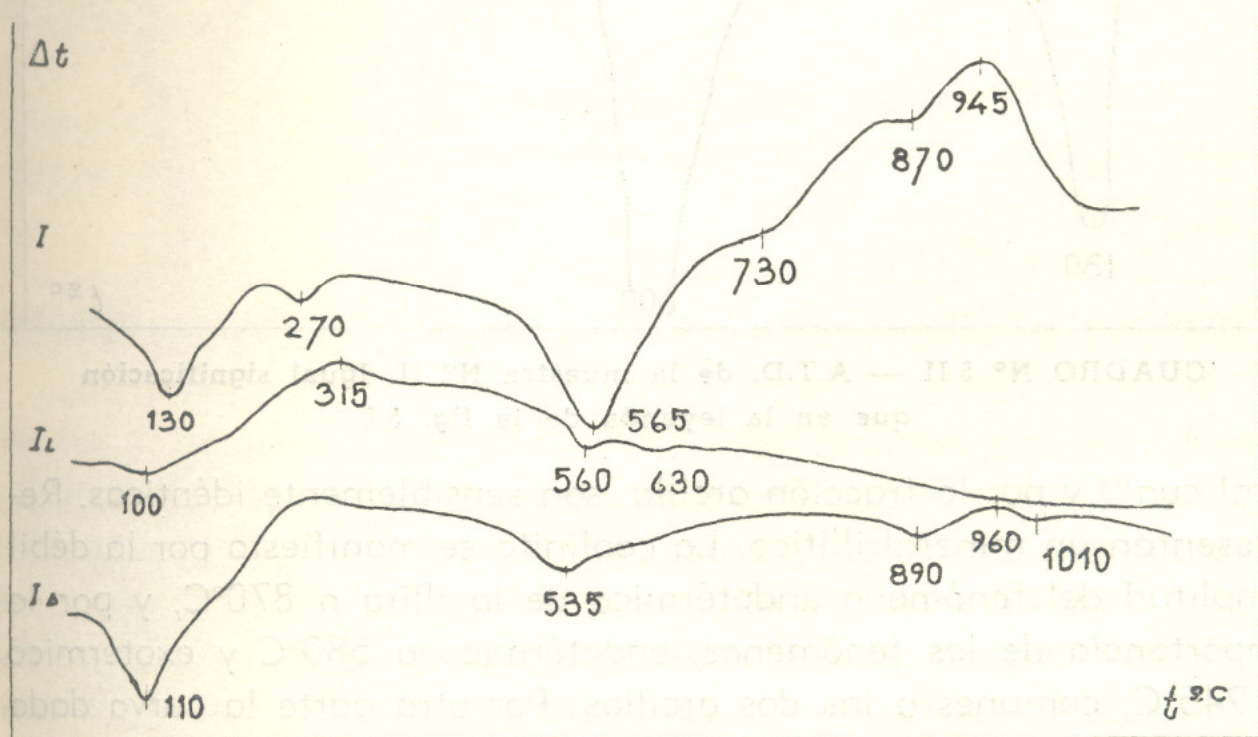
Muestra N° III. — Tanto en esta muestra como en la N° I, aparece una raya correspondiente a una distancia reticular de 14 Å, siendo necesario efectuar diagramas de R.X. de la arcilla, después de un calentamiento a 400°C, así como diagramas embebidos en glicerina, a fin de poder discriminar entre la clorita, la vermiculita, y la montmorillonita (16), (17).

La fracción arcilla de este loess está compuesta por una montmorillonita que es responsable de la raya a 14,4 Å. En efecto por deshidratación a 400°C. esta distancia reticular se reduce a 9,9 Å, es decir el espesor de la malla elemental, mientras que pasa a 17,7 Å, debido a su hinchamiento cuando se provoca su hidratación por la glicerina. El otro constituyente la illita caracterizado por una distancia reticular de 10 Å no presenta ninguna modificación durante la deshidratación, ni la hidratación.

ii. — **Análisis térmico diferencial (A.T.D.) y análisis termoponderal (A.T.P.)**

Los métodos térmicos ⁽¹⁸⁾, ⁽¹⁹⁾, cuya técnica operatoria ha sido descrita en ⁽²⁰⁾, confirman los resultados de identificación suministrados por el estudio de los R.X., y permiten hacerse una idea sobre el porcentaje de cada uno de los constituyentes. En el cuadro N° 5 I, II, III, están representadas las curvas de A.T.D. obtenidas con una ley de calentamiento constante y una carga aproximada de 0,700 grs. En el cuadro Nc 6, están representadas las curvas de A.T.P. Las curvas de A.T.D. han sido efectuadas sobre la muestra "tal cual", la fracción limo y por último, la fracción arcilla. Las curvas de A.T.P. han sido efectuadas únicamente sobre la muestra original.

Muestra N° I. — Esta muestra está compuesta en su gran parte por los productos del comienzo de la alteración de la biotita. La curva de A.T.D. de la fracción limo es prácticamente la suministrada por una biotita muy poco alterada. Sin embargo las curvas

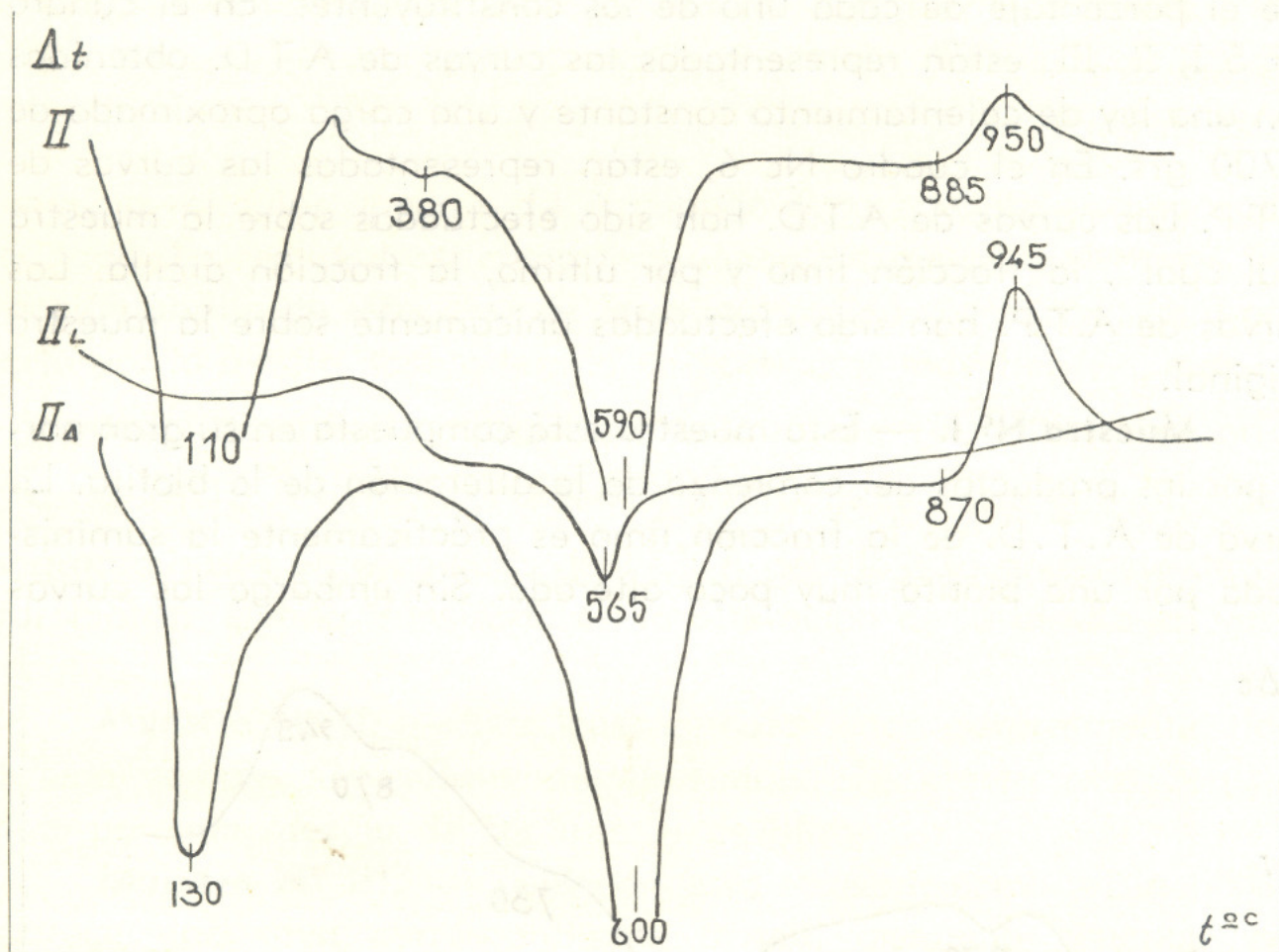


CUADRO N° 5 I — Curvas A.T.D. de la muestra I. - I, tal cual; I_L, fracción limo; I_A, fracción arcilla

dadas por el producto inicial y por la fracción arcilla tienen el aspecto de las curvas de illita, en donde los fenómenos están muy atenuados. Por otra parte el producto inicial presenta un fenómeno

endotérmico a 270°C que corresponde a la pérdida de peso registrada por la termo balanza entre 225 y 300°C., que es debido a la presencia de óxidos de hierro hidratados presentes en la muestra. El 50% de la fracción arcilla, está constituida por la biotita, por la biotita fresca, o muy poco alterada.

Muestra N° II. — Las curvas suministradas por la muestra

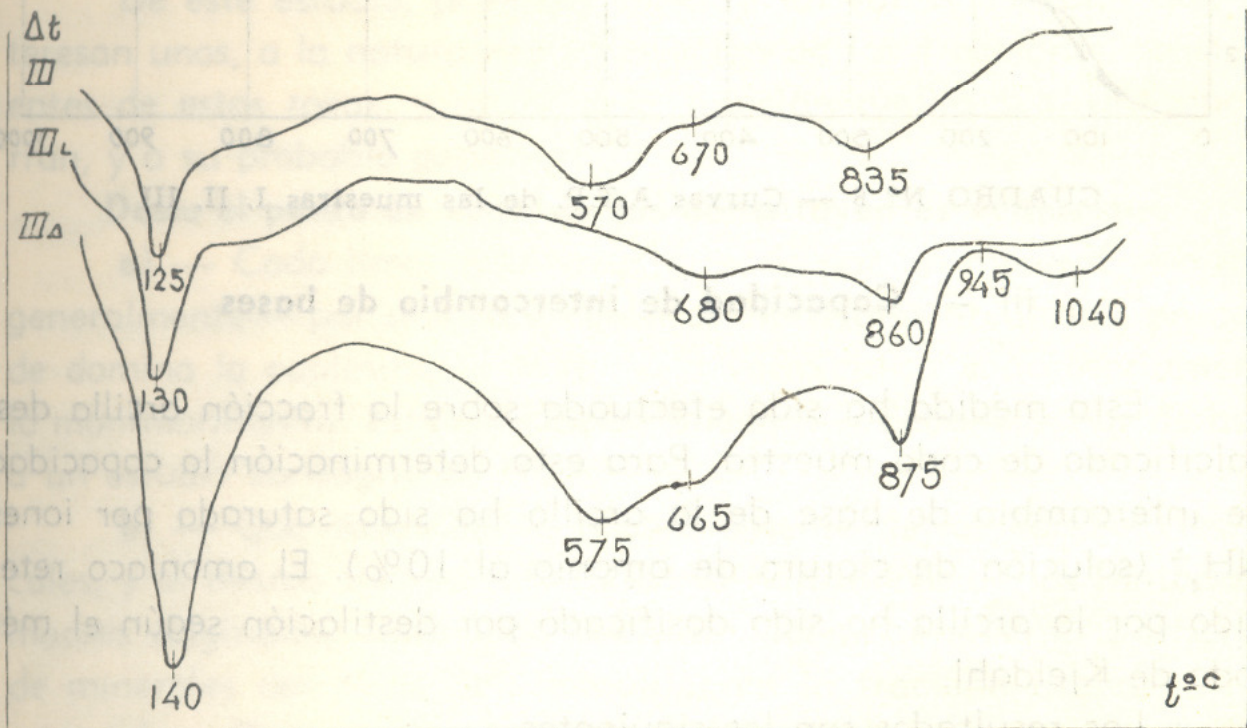


CUADRO N° 5 II — A.T.D. de la muestra N° II. Igual significación que en la leyenda de la fig. 5 I

"tal cual" y por la fracción arcilla, son sensiblemente idénticas. Representan un mineral illítico. La caolinita se manifiesta por la débil amplitud del fenómeno endotérmico de la illita a 870°C, y por la importancia de los fenómenos, endotérmico a 580°C y exotérmico a 945°C, comunes a las dos arcillas. Por otra parte la curva dada por el producto inicial muestra que esta muestra contiene hidróxidos de hierro mal cristalizados, que son responsables del "achataamiento" entre 200 y 400°C y del débil fenómeno endotérmico a 380°C que corresponde a su destrucción. Hay por otra parte una proporción bastante importante de productos coloidales ferruginosos que acentúan el pico endotérmico de la illita entre 100 y 200°C.

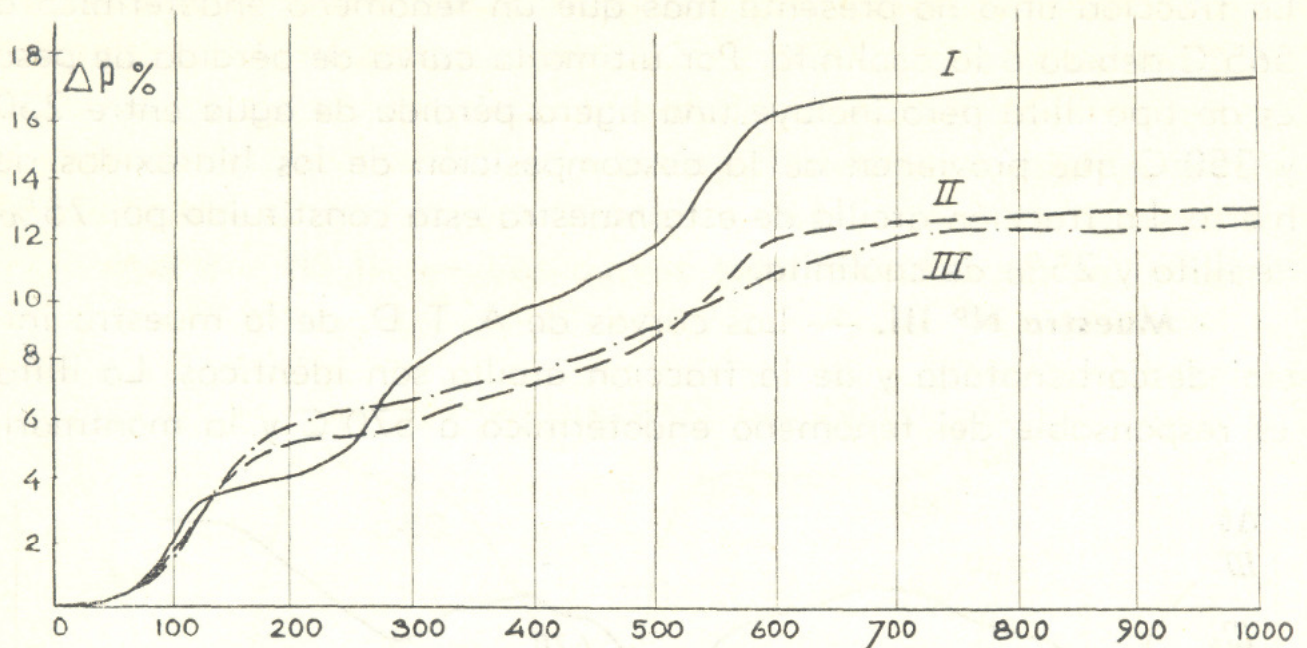
La fracción limo no presenta más que un fenómeno endotérmico a 565°C debido a la caolinita. Por último la curva de pérdida de peso es de tipo illita pero incluye una ligera pérdida de agua entre 250 y 350°C que provienen de la descomposición de los hidróxidos de hierro. La fracción arcilla de esta muestra está constituida por 75% de illita y 25% de caolinita.

Muestra N° III. — Las curvas de A.T.D. de la muestra inicial descarbonatada y de la fracción arcilla son idénticas. La illita es responsable del fenómeno endotérmico a 570°C y la montmori-



CUADRO N° 5 III — Curvas de A.T.D. de la muestra III. Ver significación Cuadro 5 I

illonita al de 665°C, siendo los otros picos comunes a estos dos minerales. Los hidróxidos de hierro se manifiestan en menos proporción que en la muestra N° II. Sin embargo las curvas de la muestra inicial y de la fracción limo presentan un "achatamiento" entre 200 y 300°C que es debido a su presencia. Este "achatamiento" se manifiesta en temperaturas inferiores al de la muestra II, y no es seguido por un fenómeno endotérmico, indicando que estos hidróxidos de hierro no están tan bien cristalizados que en la muestra N° II, lo que se traduce sobre la curva de A.T.P. por una pérdida de peso continua sin escalón hasta 200°C. La illita constituye el 90% de la fracción arcilla estando la montmorillonita presente en un 10%.



CUADRO N° 6 — Curvas A.T.P. de las muestras I, II, III

iii. — Capacidad de intercambio de bases

Esta medida ha sido efectuada sobre la fracción arcilla descalcificada de cada muestra. Para esta determinación la capacidad de intercambio de base de la arcilla ha sido saturada por iones NH_4^+ (solución de cloruro de amonio al 10%). El amoníaco retenido por la arcilla ha sido dosificado por destilación según el método de Kjeldahl.

Los resultados son los siguientes:

Muestra N°	I	.....	52	miliequivalentes	por	100	grs.	de	arcilla
"	"	II	.....	32	"	"	"	"	"
"	"	III	.....	38	"	"	"	"	"

Según ⁽¹³⁾ la capacidad de intercambio de bases de los diferentes minerales que constituyen la fracción arcilla son los siguientes: caolinita (10 m.e./100 grs.); montmorillonita (entre 50 a 150 m.e./100 grs.); paligorsquita-atapulgita (20 a 40 m.e./100 grs.); bravaisita-illita (20 a 40 m.e./100 grs.).

Hemos también determinado el valor del pH sobre la arcilla tal cual. Utilizamos el método colorimétrico y el método operatorio consiste en agitar con 5 cc. sol al 10% KCl, 1 gr. de la arcilla, centrifugado, y en el líquido así clarificado mediante la utilización del rojo bromofenol y el azul de bromotimol, se determina el pH colorimétricamente. Los valores son los siguientes:

Muestra N°	I	.....	7,7	
"	"	II	.....	6,1
"	"	III	.....	7,8

Como vemos, en nuestro caso, la existencia de un material de naturaleza caolino-illítico está condicionada a un pH ácido, en cambio las otras asociaciones caolin-illita-vermiculita y illito-montmorillonítico se realizan a un pH más bien básico (21).

D. — CONCLUSIONES

De este estudio, podemos concluir en varios aspectos que interesan unos, a la naturaleza y variación de las fracciones constituyentes de estas rocas, y otros, a la fracción arcilla s.s. que encierran, y a su probable génesis.

Deste el punto de vista de sus constituyentes vemos que:

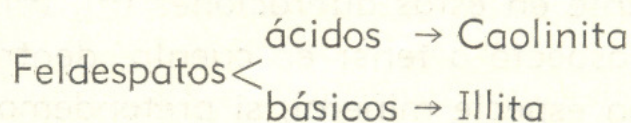
a) — Cada limo, está caracterizado por un mineral —o más generalmente— por una asociación de minerales arcillosos, en donde domina la caolinita, la illita, y la vermiculita y accesoriamente la montmorillonita. Esta conclusión puede —y debe— servir de base a un estudio zoneográfico (22), (23).

b) — Que dependiendo probablemente de las condiciones locales, y al mismo tiempo reflejando la naturaleza de los materiales madres originales, cada limo tiene un acompañamiento particular de minerales detríticos determinables en la fracción arena.

c) — Que existe una fluctuación grande en la concentración de cada una de las fracciones constituyentes (arcilla, limo, arena), que hace variar la clasificación petrográfica, repercutiendo en la correcta estratigrafía de estas rocas, así como en sus propiedades edafológicas y técnicas.

Desde el punto de vista de los **fenómenos de alteración superficial**, estudiaremos las transformaciones ocurridas sobre los siguientes minerales: feldespatos y micas (muscovita y biotita).

Feldespatos. — La muestra del loess descalcificado de Pontenvaux evidencia claramente la siguiente transformación:



dependiendo de la naturaleza del feldespato original, el mineral arcilloso resultante.

No hemos podido encontrar en esta muestra, la secuencia indicada por (24), a saber:

Feldespato → Illita → Montmorillonita

probablemente debido a que las condiciones de drenaje, humedad, acidez, etc., no son idénticas.

Micas. — Tanto en la muestra del loess tipo de Strasbourg, así como en el limo lessico de la Argentina, notamos las posibles transformaciones que a continuación esquematizamos:

Muestra N° I:

Biotita < $\begin{matrix} \text{Illita} \\ \text{Vermiculita} \end{matrix}$

o:

Biotita → Illita → Vermiculita

Consideramos como más probable, la transformación esquematizada en primer término.

En el caso de la muestra N° III, la transformación sería:

Biotita → Biotita Alterada → Montmorillonita

con un posible aporte de material illítico, de la parte de la muscovita existente.

En estos últimos resultados coincidimos con los encontrados por (12), al estudiar el constituyente arcilloso de los suelos del nor-este de Escocia, por (27), en la búsqueda de la evolución de la flogopita en Madagascar, tanto en Ampandrandava, como en Isoanal; y por (28), en la alteración de materiales micáceos en suelos del estado de Nueva York (U.S.A.). Podemos finalmente, notar que no hemos comprobado el pasaje:

Biotita → Clorita (+Epidoto, +Clinzoisita, +Esfeno, +etc.).

No entramos a considerar, por caer fuera del objeto de este trabajo, cuales pueden ser las causas naturales que producen estas complejas transformaciones en la zona de meteorización. Fuera de los agentes químicos y físicos, que clásicamente se consideran como fundamentales, y sin desconocer su importancia, la parte **vital** juega un rol preponderante en estas alteraciones (25), (26).

Es este un aspecto a tener en cuenta, dentro de la evolución geoquímica de una especie mineral, si pretendemos comprender las condiciones naturales que se ponen en juego en los fenómenos de la alteración superficial.

París, Enero 1954.

BIBLIOGRAFIA

1. MALYCHEFF VERA. — Le Loess. — *Revue de Géographie Physique*, T. II, 1-34 (1925) (Este trabajo encierra una abundante bibliografía).
2. NOVITZKY ALEJANDRO. — *Diccionario Minero-Metalúrgico-Geológico...* etc. Buenos Aires, 1951.
3. HOLMES, A. — *The nomenclature of Petrology* London, Thomas Murby Co. 1920.
4. LACROIX A. — *Classification des Roches Eruptives*. — *Extraits, Bull. du Serv. Geol. de l'Indochine*, Vol. 20, Frasc. 3. 1933.
5. CAROZZI A. — *Pétrographie des Roches Sédimentaires*. Lausanne - Suiza, 1953.
6. MILNER H. — *Sedimentary Petrography*. Londres, Thomas Murby. 1940.
7. TICKELL F. — *The examination of fragmental rocks*. Stanford Univ. Press, 1947.
8. WINCHELL A. — *Elements of optical mineralogy*. Parte II. N. Y. John Wiley and Sons. 1951.
9. STEPHEN I. — *A Study of Rock Weathering with reference to the Soils of the Malvern Hills*. Part. I. *Journal of Soil Science*. Vol. 3, Nº 1, 1952.
10. STEPHEN I. — *Idem*. Part II. *Journal of Soil Science*. Vol. 3, Nº 2, 1952.
11. ORCEL J. — *Recherches sur la composition chimique des chlorites*. Tesis. París. 1927.
12. WALKER G. — *The descomposition of biotite in the soil*. *The Min. Mag.* 28, 693-703, (1949).
13. DEMOLON A. — *Dynamique du sol*. Tomo I. Paris, 1948.
14. GESSNER H. — *Die Schlamanalyse*. Akad. Verlagsges. 1931.
15. BERTHOIS L. — *Contribution a l'étude des limons de la region Nord du Portugal*. *Comunicac. del Serv. Geol. de Portugal*. 24, 1949.
16. BRINDLEY G. — *X-ray investigations and struc. of clay minerals*. *Miner. Soc. Londres* 1951.
17. RIVIERE A. — *Les progrès recents dans la connaissance des mineraux argilleux*. *Bull. Soc. Franc. Cer.* Nº 13, Oct. Dic. 1951.
18. KERR P., KULP J. — *D.T.A. analyses of reference clay minerals*. A.P.I. Project Nº 49. Col. Univ. N. Y. 1949.
19. GRIM R., ROWLAND R. — *D.T.A. of clay minerals, and other hydrous materials*. U.S.G.S., *Report of Invest.* Nº 85; 1942.
20. GOÑI J. — *Etude minéralogique de quelques argiles de l'Uruguay*. *Comptes Rendues, Congrès Geol. Inter. Argel*; 1953.
21. MILLOT G. — *Relation entre la constitution et la gènese des roches sedimentaires argileuses* (These, Nancy, 1949).

22. RIVIÈRE A. — Sur l'origine des argiles sédimentaires. Comptes Rendues, Congrès Geol. Inter. Argel; 1953.
23. MILLOT G. — Héritage et néoformation dans la sédimentation argileuse. Comptes Rendues, Congrès Geol. Inter. Argel; 1953.
24. MACKENZIE R., WALTER G. — Illite occuring in decomposed granite at Ballater, Aberdeenshire. The Min. Mag. 28, 704-713. (1949).
25. FREDERICKSON A. — Mechanism of weathering. Geol. Soc. America. Bull, vol. 62, (1951)
26. KELLER W., & FREDERICKSON A. — Role of plants and colloidal acids in the mechanism of weathering. Amer. Jour. of Sc. Vol. 250, 594-608 (1952).
27. HENIN S., CAILLÈRE S. — Sur l'évolution de la phlogopite à Madagascar. Compt. Ren. Cong. Geol. Int. Argel 1953.
28. ROLFE B., JEFFRIES C. — Mica weathering in three soils in Central New York (U.S.A.) Clay Minerals Bulletin. Vol. 2, N° 10, Dec. 1953.