

Estudio Mineralógico de algunas Arcillas del Uruguay

Por **JUAN C. GOÑI**

Químico Industrial

SUMMARY

Mineralogical Study of some Uruguayans clays.

The author studies different Uruguayans rocks which are found among the geological formations of the south, centre and northeast. The thermal differential analysis, thermal balance, dilatometer, X-rays, granulometric analysis, magnetic separation, polarizing and electronic microscope are employed by him for his studies. So he determines the phyllite constituents and the minerals of the sands. He describes the methods he used and establishes some considerations concerning origin and localisation.

Este trabajo,^(*) constituye una primera etapa en el estudio mineralógico de las rocas arcillosas del Uruguay. Tiene una doble finalidad: definir las condiciones genéticas y la localización, a fin de permitir una explotación más racional.

Las muestras Nos. 1, 2, 3, 7 y 8 provienen, en general, de las formaciones sedimentarias del nordeste de este país, y las Nos. 4, 5, 6 y 9 han sido recogidas en los terrenos cristalinos del sur.

Estos materiales han sido estudiados, primeramente, sin someterlos a ningún método de fraccionamiento; luego, ellos fueron fraccionados con la ayuda del análisis granulométrico, lo que ha permitido un estudio más preciso de la fracción fina, y en algunos casos, el examen de los minerales detríticos que la acompañan.

METODOS UTILIZADOS

Análisis Térmico Diferencial (A.T.D.) [1] [2] [3] [4] [5] (**)

Hemos utilizado el Registrador de Coordenadas, construido por la Société Industrielle d'Instruments de Précision (S.I.I.P.) Pellin, que contiene un dispositivo óptico Saladin-Le Chatelier, que permite el re-

(*) Este trabajo, efectuado en los Laboratorios de Mineralogía, del Museum d'Histoire Naturelle de Paris en calidad de becario de la Facultad de Química y Farmacia de Montevideo, es la traducción del original, expuesto ante la Sección del C.I.P.E.A. (Comité International pour l'étude des Argiles), del 19.º Congreso Internacional de Geología, realizado en la ciudad de Argel, en Setiembre de 1952.

(**) Los números encerrados entre paréntesis rectos indican la bibliografía, que se encuentra al final del texto.

gistro directo de las curvas en Δt , t , tales como aparecen en las planchas I, II, III y IV de las figs. 1 y 2.

El calentamiento fué efectuado en un horno horizontal, Chevenard, a ciclo térmico impuesto, sin efecto sensible de inducción.

La sustancia inerte es la alúmina calcinada; fué experimentalmente comprobada su inercia al calentamiento. La sustancia inerte y la probeta, son introducidas en dos recipientes cilíndricos de sílice fundida que contienen a plena carga 0,7 grs. de sustancia. Estos godets son colocados en dos cilindros de platino e introducidos en un tubo de sílice, de un diámetro tal, que no permite ningún desplazamiento lateral del dispositivo. Este tubo de sílice asegura la homogeneidad del calentamiento, y se encuentra exactamente centrado en el interior del horno gracias a un sistema de correderas.

Las temperaturas se determinan mediante un par Platino-Platino Rodio 10 %, constituido por hilos de 0,1 mm. de diámetro. El par se sumerge en la sustancia inerte, y la velocidad de calentamiento, es de 11 ó 20 grados por minuto.

Estudio termoponderal [6] [7] [8] [9]

La determinación de las curvas de pérdida de peso en función de la temperatura, se lleva a cabo con la ayuda de la balanza automática Chevenard (tipo Adamel).

El calentamiento es realizado en un horno a ciclo térmico impuesto, que permite una elevación de 1000°C en 7 horas, según una ley sensiblemente lineal.

Como el aparato registra las pérdidas de peso en función del tiempo, las curvas en Δp , t , que figuran en este trabajo, han sido trazadas nuevamente.

La temperatura se mide por un par Platino-Platino Rodio de idénticas características a las enumeradas en el párrafo A.T.D., y la soldadura está colocada en el interior del horno, inmediatamente encima del pequeño crisol de sílice que contiene 1 gramo de la muestra.

La sensibilidad del dispositivo es tal, que, una sobrecarga de 2 mg. provoca una inflexión de 1 mm. sobre la curva.

Dilatometría [10] [11]

Esta medida ha sido efectuada mediante el dilatómetro Chevenard óptico. El calentamiento de la muestra hasta 1000°C, se realiza en 7 horas 30 minutos. El horno empleado es del mismo tipo que los precedentes.

Utilizamos, sea una probeta prismática de algunos milímetros de espesor tallada en una muestra maciza, sea una de polvo comprimido entre un pistón de platino y el fondo del tubo de sílice.

La curva registrada por el aparato representa las variaciones de longitud de la muestra, con relación a las de un testigo constituido por

una aleación standard, en función de la temperatura.

Una variación diferencial de espesor de 0,01 mm., corresponde a una inflexión de 6 mm. sobre el diagrama. La temperatura se determina a $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

Empleo de los Rayos X

Los diagramas de Rayos X han sido realizados, sea con el método de polvo cristalino (Debye-Scherrer), sea sobre plaquetas orientadas. Se ha empleado únicamente la radiación $K\alpha$ del Cu filtrada con níquel.

Análisis granulométrico

El fraccionamiento ha sido llevado a cabo sobre tomas de ensayo de 5 grs. tamizadas al tamiz N.º 60 (mallas de 0,28 mm. de lado). Este material, ha sido disgregado con agua destilada durante media hora, para ser luego estabilizado por una cantidad suficiente de amoníaco. Luego de un reposo de 8 horas, se sifona bajo un espesor de 10 cms. y se recomienza hasta obtención de líquido claro. Se continúa la separación en las mismas condiciones, pero con un tiempo de decantación de 4 minutos 48 segundos. Queda en el fondo del recipiente un residuo arenoso.

Tenemos así definidas tres fracciones con los diámetros límites siguientes: inferiores a $2\ \mu$, de 2 a $20\ \mu$, y superior a $20\ \mu$.

La fracción fina es recogida por floculación con un electrólito fuerte (HCl o CaCl_2).

Examen al microscopio polarizante

Este análisis ha sido llevado a cabo principalmente sobre la fracción superior a $20\ \mu$, montada en bálsamo de Cánada, y examinada en luz polarizada por transmisión.

Las arenas conteniendo minerales atraíbles por electroimán han sido por otra parte estudiadas, previa mezcla con goma laca y pulido, en luz reflejada.

Examen al microscopio electrónico

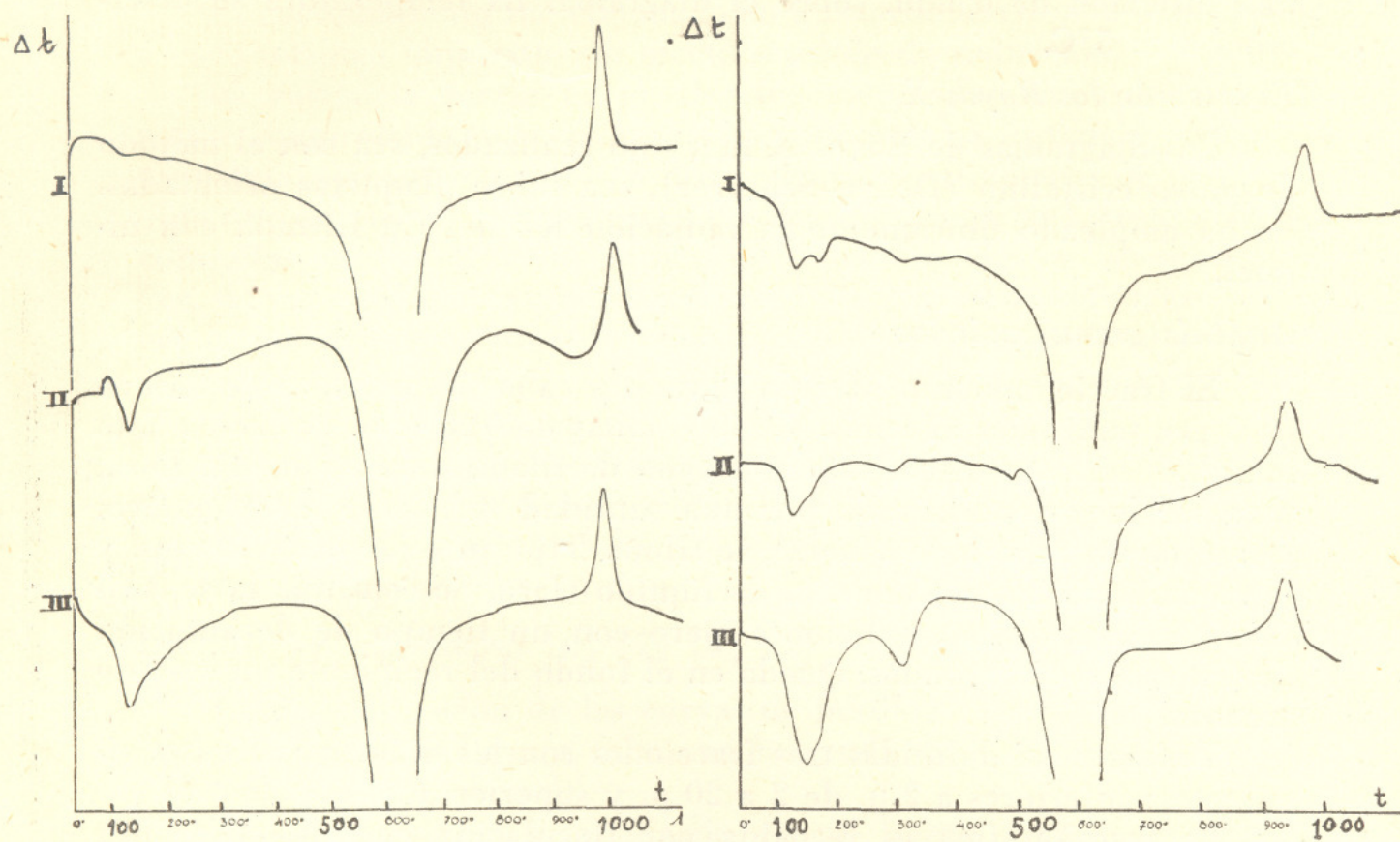
Tres suspensiones conteniendo partículas muy finas han sido examinadas con este microscopio. Una gota de la suspensión convenientemente diluída es depositada sobre un portaobjeto del microscopio previamente recubierto de una membrana de Formvar, para ser luego sometida a la desecación.

DETERMINACION DE LOS CONSTITUYENTES FILITOSOS

Arcillas caoliníticas

La muestra N.º 2 de Sarandí del Yi (Dpto. de Durazno), N.º 3 de Blanquillos (Dpto. de Durazno) y las Nos. 4 y 6 del Cerro Pelado

(Dpto. de Florida), no contienen más que minerales filitosos, de la familia de la caolinita.



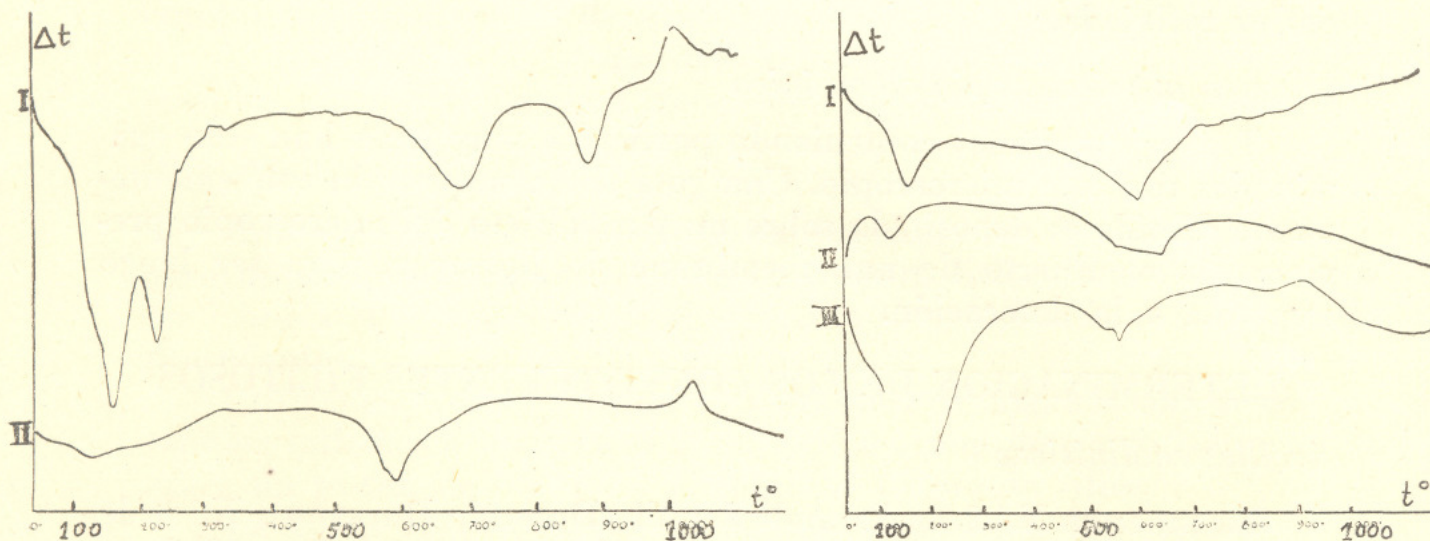
Plancha I

Fig. 1

Plancha II

En efecto, *las curvas diferenciales*: C. I del N.º 2, C. II del N.º 3 y C. III del N.º 6 de la plancha I (fig. 1), están todas caracterizadas por un débil fenómeno endotérmico a 120°C y por una inflexión de la misma naturaleza extremadamente marcada a 500°C. Por último se encuentra sobre éstas a 950°C un fenómeno exotérmico bien definido.

Se trata de diagramas característicos de la familia considerada.



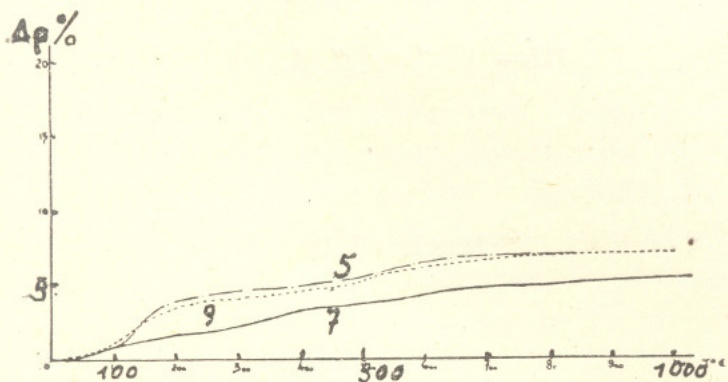
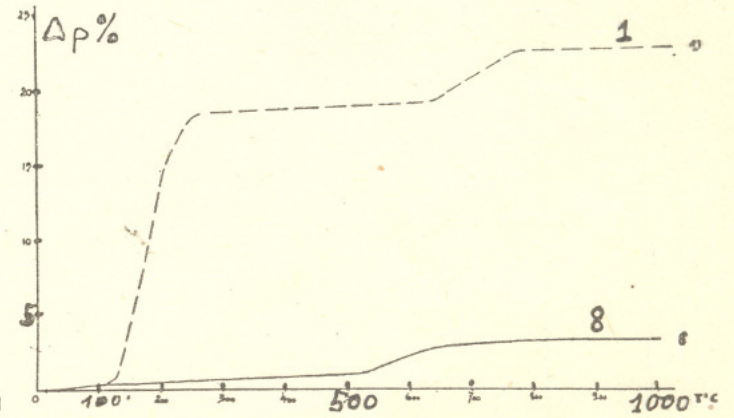
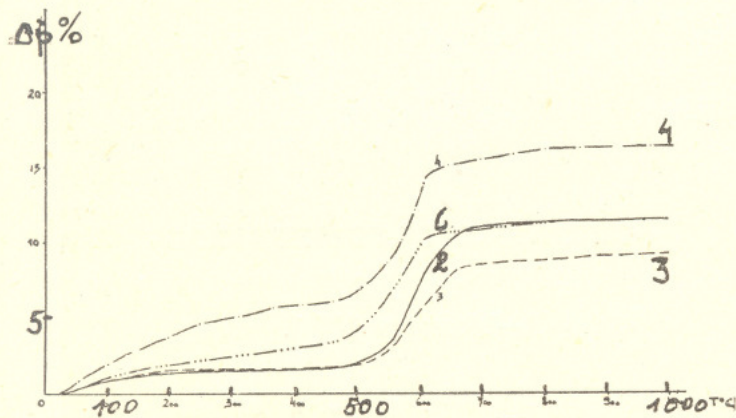
Plancha III

Fig. 2

Plancha IV

La plancha II concierne solamente a la muestra N.º 4. La curva I efectuada sobre el material total, es bastante análoga a las precedentes, corresponde a una velocidad de calentamiento de 11 grados por minuto. Las curvas II y III han sido obtenidas a partir de la fracción inferior a 2 μ , pero con velocidades de calentamiento de 11 grados y 20 grados por minuto. Sobre estas dos últimas curvas se observa un acrecentamiento del fenómeno endotérmico, lo que corresponde evidentemente al hecho de que se opera sobre un material purificado.

Por otra parte, sobre la curva III se ve aparecer a 250°C un accidente suplementario que corresponde a la existencia de un poco de goethita. Esta debe estar bastante mal cristalizada, lo que explica, por un lado, la temperatura a la cual se produce el accidente y, por otra parte, el hecho de que no aparece netamente más que con un calentamiento bastante rápido.



Plancha V

Plancha VI

Plancha VII

Fig. 3

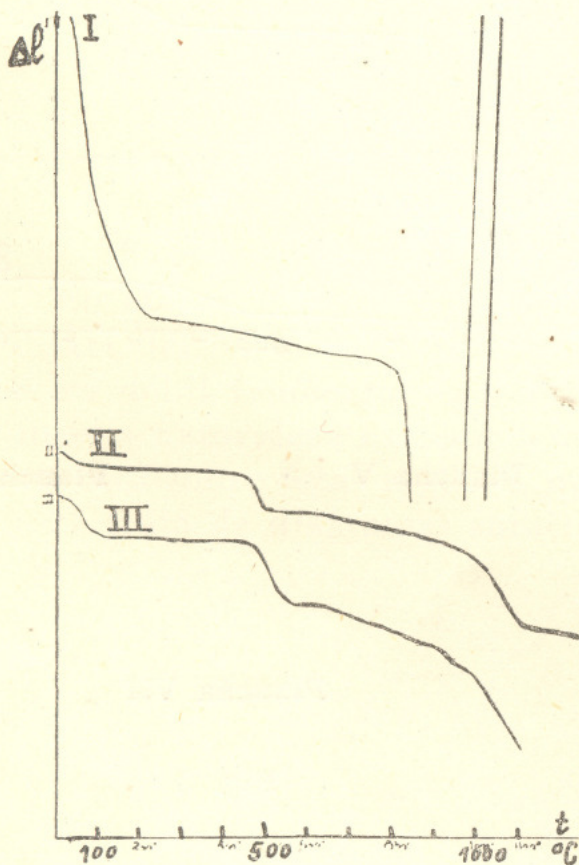
Los diagramas de la termobalanza (plancha V, fig. 3), confirman estas deducciones y podemos constatar en particular la presencia de una pérdida importante de agua de hidratación a baja temperatura en la muestra N.º 4. Esta pérdida de peso es atribuible a la goethita.

Hemos resumido en el cuadro N.º 1 la importancia de las pérdidas de peso medidas.

Cuadro N.º 1

Muestras N.º	% agua higroscópica	% agua de constitución	Tenor en caolinita %	Tenor en goethita %
2	1,8	9,8	70	—
3	1,8	7,2	50	—
4	4,8	10,2	71	10
6	3,4	7,8	56	—

Nosotros. consideramos, en lo que concierne al agua de constitución, que la pérdida de peso es proporcional a la cantidad de mineral arcilloso presente en la muestra. Admitimos que la caolinita pura contiene 14 %.



CURVAS DILATOMETRICAS

- I—Muestra N.º 1.
- II— " " 2.
- III— " " 4.

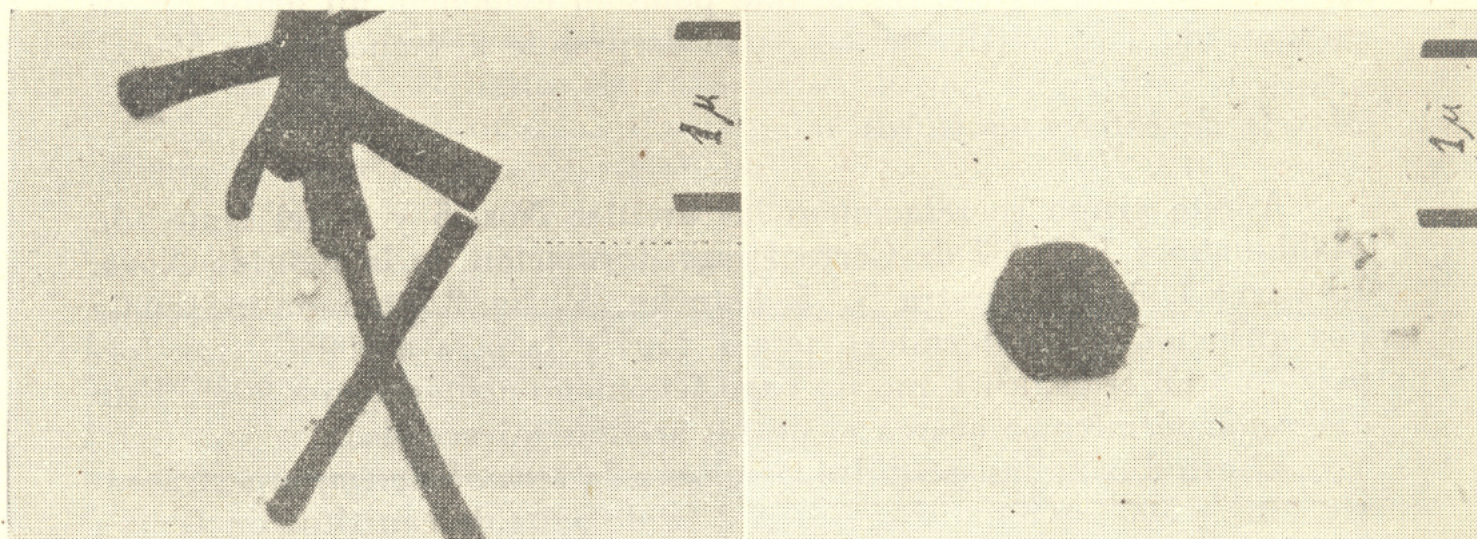
Plancha VIII

Fig. 4

La plancha VIII, fig. 4, reúne las *curvas dilatométricas* de las muestras Nos. 2 y 4, características de las arcillas caoliníticas. Se notará sobre la curva N.º III, una primera inflexión a baja temperatura, que puede ser atribuída a la pérdida del agua higroscópica. El examen de los diagramas de difracción de Rayos X obtenidos con las filitas ex-

traídas, confirma la naturaleza caolinítica de las arcillas Nos. 2, 3 y 6.

En cuanto a la arcilla N.º 4, su diagrama muestra diferencias bastante netas con las precedentes, aunque se trata evidentemente de un mineral de 7 Å. Sin embargo, no es una metahalloysita pura. El examen al *microscopio electrónico* de esta muestra señala que se trata de una mezcla de caolinita y de metahalloysita, pues distinguimos netamente las placas exagonales y las partículas tubulares específicas de estos dos minerales (fig. 5, A y B).



B) Metahalloysita

A) Caolinita

Fig. 5

Arcilla montmorillonítica

La arcilla N.º 1, de los alrededores de Melo (Dpto. de Cerro Largo), produjo un *diagrama térmico* curva I, plancha III, fig. 2, característico de una montmorillonita cálcica. Presenta, en efecto, un fenómeno endotérmico a 100°, desdoblado a 180°, un segundo a 600° y un tercero a 850°C. Notamos finalmente un fenómeno exotérmico a 980°.

La *curva termoponderal* (curva I, placa VI, fig. 3), hace aparecer una pérdida de peso de 19 % a 100° y a 650° una nueva pérdida de agua correspondiente a 3,6 %.

De acuerdo a la importancia de estas pérdidas de peso estamos en presencia de una montmorillonita casi pura.

En cuanto al estudio *dilatométrico*, se observa que la pérdida del agua higroscópica está acompañada de una fuerte contracción. A 800°C, la malla inicial se destruye y el efecto de esta modificación es un hinchamiento seguido de una contracción rápida como se puede ver sobre la curva I, pl. VIII, fig. 4. El aspecto vitroso de la probeta al fin de la operación, confirma este mecanismo.

Arcilla illítica

La muestra N.º 8, que pertenece a la formación de Teresina (Dpto. de Rivera), suministró una *curva térmica* que presenta fuera de la pérdida higroscópica, un pequeño endo neto a 580° precedido a 570° del accidente que traduce el pasaje del cuarzo α en cuarzo β . Por último, el diagrama muestra un fenómeno exotérmico a 1000°. Esta curva (II, pl. III, fig. 2), corresponde a la de las arcillas micaceadas.

Esta identificación fué confirmada por el *diagrama termoponderal* N.º 8 de la plancha VI, fig. 3, que pone en evidencia un tenor global en agua de 4 % en donde 2,4 % se desprende por encima de 500°C.

Mezcla de diferentes filitas

A este grupo se relacionan las arcillas Nos. 5 y 9 del Dpto. de Maldonado y la N.º 7 de Cerro Largo, formación de la Estrada Nova. La curva I, de la muestra N.º 5, plancha IV, fig. 2, pone en evidencia dos inflexiones endotérmicas, una a 150° y la otra a 500°C, transformaciones abiertas, así como un vago fenómeno exotérmico a 900°. Este *diagrama térmico* se acerca al de las arcillas micaceadas.

El estudio de las pérdidas de peso a la *termobalanza*, muestra entre 400° y 500° una emisión de un 2 % de agua de constitución (curva V, plancha VII, fig. 3).

El *diagrama de Rayos X* permite precisar que a más de la illita, la muestra encierra una materia coloidal, una pequeña cantidad de caolinita, y cuarzo.

La curva II de la plancha IV, fig. 2, es la de la arcilla N.º 7. Presenta cuatro inflexiones endotérmicas a 100°, 450°, 650° y 850°C. Es muy difícilmente interpretable. En particular el endo a 850° no puede ser atribuído a la calcita como podría suponerse, puesto que esta hipótesis fué eliminada químicamente. Es más lógico pensar que este accidente, así como los tres otros, son debidos a la deshidratación de minerales, que presentan como elemento esencial una malla de tipo mica. La indeterminación no es levantada por la *curva termoponderal*, que presenta una pérdida de peso muy progresiva, elevándose en total a un 6 % (curva 7, plancha VII, fig. 3).

El *diagrama de Rayos X*, efectuado sobre una plaqueta orientada, puso netamente en evidencia, una raya de 14 Å, así como una más débil de 10 Å. Cuando el mineral es calentado a 500°C, el diagrama se modifica profundamente y presenta en su parte central un halo confuso.

De este modo, la interpretación más valedera es que el mineral esencial es la vermiculita, íntimamente asociada a un poco de clorita y de illita.

En cuanto a la arcilla N.º 9, su *curva térmica* (III, pl. IV, fig. 2), presenta primeramente un fuerte fenómeno endotérmico, y el aspecto

general del diagrama podría hacer pensar en una mezcla de montmorillonita y cuarzo; pero la curva *termoponderal* se opone. La pérdida de peso total es de un 6 % (curva 9, pl. VII, fig. 3) y la emisión del agua higroscópica está débilmente marcada. En fin, el diagrama de Rayos X muestra netamente que se trata de un producto coloidal asociado a una fuerte cantidad de cuarzo.

ESTUDIO DE LAS ARENAS

La fracción superior a 20 μ de las muestras Nos. 3, 4 y 9 ha sido estudiadas desde el punto de vista mineralógico. El cuadro siguiente (cuadro N.º II) reproduce los resultados del análisis granulométrico efectuado sobre las muestras globales:

Cuadro N.º II

Muestras N.º	Fracción < 2 μ en %	Fracción de 2 a 20 μ en %	Fracción > 20 μ en %
3	50	43	6
4	71	21	7
9	88		11

Las arenas han sido luego fraccionadas primeramente por los procesos magnéticos, luego mediante bromoformo de densidad 2,94.

Obtenemos los resultados siguientes:

Cuadro N.º III

Muestras N.º	I % atraíbles al imán	II % atraíbles a 30.000 Gauss	III % d < 2,9	IV % d > 2,9
3	—	10	70	18
4	10	88	—	—
9	4	30	62	—

Vemos inmediatamente que estos métodos, hacen aparecer diferencias esenciales entre estas arenas. Así, la N.º 3 está fundamentalmente formada de elementos transparentes, y la N.º 4 de minerales ferruginosos. En cuanto a la N.º 9, está constituida por $\frac{2}{3}$ de granos transparentes y livianos y el $\frac{1}{3}$ restante, por elementos ferríferos.

Estas diferentes fracciones fueron examinadas al *microscopio polarizante*.

Los lotes I y II han sido estudiados en secciones pulidas por reflexión, y los lotes III y IV en lámina delgada por transparencia.

El estudio óptico muestra que la fracción I está compuesta de magnetita, la II de ilmenita, la fracción III encierra el cuarzo y los feldspatos, mientras que el lote IV contiene zircón, granate y turmalina en granos siempre muy redondeados.

Sin embargo, es necesario señalar que la fracción II de la muestra N.º 4 es heterogénea. La ilmenita está en ella asociada a una cantidad notable de cuarzo anguloso, englobado en una pátina de goethita. Estas observaciones confirman los resultados del estudio térmico diferencial.

Las arenas de la muestra N.º 9 presentan numerosas analogías, con las de la muestra N.º 4.

CONCLUSIONES

Las rocas arcillosas estudiadas en este trabajo, se asemejan a cuatro tipos conocidos, en los cuales, la caolinita parece dominar.

El estudio de las arenas permite precisar que, la arcilla caolinítica de Blanquillos, encierra elementos detríticos pesados y redondeados, provenientes de la desagregación de rocas eruptivas y metamórficas, habiendo sufrido un largo transporte, como lo evidencia la forma de los cristales. Por el contrario, la arcilla N.º 4, caolino-halloysítica, contiene sobre todo cristales de cuarzo, cuyas aristas vivas certifican que este mineral resulta de una desagregación "in situ" de rocas con fuerte tenor en sílice. El Uruguay se encuentra situado en condiciones climáticas tales, que este factor no puede determinar el tipo mineralógico de la filita, como se produce en países tropicales.

Los tipos caoliníticos se encuentran principalmente en la zona sur y su presencia aparece ligada a las rocas cristalinas, de las cuales serían uno de los productos de descomposición. Por el contrario, las filitas montmorilloníticas se encuentran en una formación típicamente sedimentaria, constituida en una zona lacunar. Las otras muestras deben probablemente su naturaleza a condiciones locales cuya precisión necesita ser estudiada en cada caso, y motivará trabajos posteriores.

Finalmente, creo que una sistemática científica de la parte sedimentógena de nuestro Gondwana, se debe efectuar, en base a un estudio

de la naturaleza de la filita propiamente dicha, así como de su fracción detrítica, la cual encierra la clave de la génesis de esa roca sedimentaria.

Serán las observaciones estratigráficas, las que permitirán coordinar el conjunto de fenómenos medidos en el Laboratorio.

París, Setiembre de 1952.

BIBLIOGRAFIA

1. ORCEL J. — L'emploi de l'analyse thermique différentielle dans la détermination des argiles, latérites et bauxites. Cong. Int. Min. Geol. I, 359-373, 1936.
2. CAILLERE S. — HENIN S. — Application de l'analyse thermique différentielle à l'étude des argiles des sols. Ann. Agr. t. 17, 1947, n.º 1, p. 23-73.
3. CAILLERE S. — HENIN S. — L'analyse thermique et son interpretation. Congrès Int. Céram. Hollande, 1948, p. 137-151.
4. GRIM — ROWLAND — D.T.A. of clay minerals and others hydrous materials. Amer. Min. t. 27, 1942, p. 746-761, 801-818.
5. GAD — BARRET — The constitution of Egyptian Clays. Min. Mag. t. 28, June 1949.
6. *Thermobalance* système Chèvenard pour l'étude des réactions chimiques par la méthode de la pesée continue. Aciéries d'Imphy, 1947.
7. CAILLERE S. — Action de la chaleur sur les minéraux des argiles. Trans. Inter. Cong. Soil Sc. Amsterdam, 1950 vol. IV p. 54-62.
8. GUICHARD M. Bull. Soc. Chim., t. 38, p. 251-385.
9. MERVEILLE — BOUREILLE — Indentifications des argiles céramiques par la thermobalance. Bull. Soc. Fr. Céram. n.º 7, Avril-Juin 1950.
10. CHEVENARD P. — Revue de Métallurgie 1917, p. 610.
11. P. MUNIER — J. MENERET — Identification des argiles céramiques par la dilatométrie en cru. Bull. Soc. Fran. Céram. n.º 7, Avril-Juin 1950.