

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

FACULTAD DE AGRONOMIA

MONTEVIDEO - URUGUAY

MICROMORFOLOGIA
DE ALGUNOS SUELOS DEL URUGUAY

POR

ARTIGAS DURAN



MICROMORFOLOGIA DE ALGUNOS SUELOS DEL URUGUAY

ARTIGAS DURÁN¹

RESUMEN

Las características micromorfológicas de los horizontes A₁ y B₂ de cuatro perfiles de suelos diferentes se estudiaron con el objeto de obtener información preliminar sobre la micromorfología de los suelos del país.

Asimismo y como complemento, se realizaron contajes de minerales pesados separados de la fracción arena de las mismas muestras.

En base a las observaciones realizadas se extraen algunas conclusiones sobre la génesis de los suelos estudiados, siendo las más importantes las siguientes:

- a) El suelo N^o 1 presenta el estado de temperización más avanzado, así como también síntomas de una posible destrucción del horizonte B textural.
- b) El suelo N^o 2 está afectado por un proceso de hidromorfismo temporario en el horizonte B₂, evidenciado por la movilización del hierro por fenómenos de difusión.
- c) El suelo N^o 3 presenta una aparente discontinuidad genética entre los horizontes A y B; este último presenta además síntomas de rubificación.
- d) La iluviación de arcilla es máxima en los suelos N^o 2 y 3.
- e) El suelo N^o 4 presenta la mínima traslocación de coloides; la reorientación de éstos, *in situ*, es sin embargo, un fenómeno importante.

1. Ing. Agr. Ayudante del Departamento de Suelos.

Este trabajo se entregó para su publicación el 3 de junio de 1966.

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción.
2. Objetivos.
3. Materiales y métodos de trabajo.
4. Resultados y discusión.
 - 4.1. Suelo Nº 1. Ruta 26, Las Toscas, Dpto. de Tacuarembó.
 - 41.1. Descripción megascópica.
 - 41.2. Descripción micromorfológica.
 - 41.3. Conclusiones.
 - 41.4. Mineralogía.
 - 4.2. Suelo Nº 2. Ruta 8, Km. 246, Dpto. de Treinta y Tres.
 - 42.1. Descripción megascópica.
 - 42.2. Descripción micromorfológica.
 - 42.3. Conclusiones.
 - 42.4. Mineralogía.
 - 4.3. Suelo Nº 3. Ruta 8, Km. 355, Dpto. de Cerro Largo.
 - 43.1. Descripción megascópica.
 - 43.2. Descripción micromorfológica.
 - 43.3. Conclusiones.
 - 43.4. Mineralogía.
 - 4.4. Suelo Nº 4. Ruta 26, Km. 490, Dpto. de Paysandú.
 - 44.1. Descripción megascópica.
 - 44.2. Descripción micromorfológica.
 - 44.3. Conclusiones.
 - 44.4. Mineralogía.
5. Conclusiones finales.
6. Agradecimientos.
7. Summary.
8. Bibliografía.

1. INTRODUCCION.

El conocimiento de la naturaleza de los procesos pedogenéticos, así como de su intensidad, requiere un estudio detenido de la composición de los materiales constituyentes de los distintos horizontes edáficos, incluyendo el material original. Los métodos de estudio del suelo pueden agruparse en dos clases fundamentales: métodos analíticos que incluyen determinaciones químicas, físicas y mineralógicas, y métodos morfológicos.

Un estudio profundo de la composición del suelo, cuya finalidad sea el conocimiento de su génesis, requiere la aplicación de ambos métodos, puesto que ellos se complementan mutuamente (5).

Las determinaciones analíticas detalladas son extremadamente abundantes en la literatura pedológica, pero los estudios morfológicos detallados son notoriamente escasos. Una observación precisa y minuciosa de los componentes del suelo sólo puede lograrse cuando el método morfológico penetra suficientemente en la compleja constitución del suelo con la ayuda de técnicas de microscopia. El método micropedológico creado por W. L. Kubiena, supone el estudio de muestras de suelo no perturbadas en luz reflejada con el microscopio estereoscópico, y en luz transmitida con el microscopio polarizante. El objetivo principal del método microscópico consiste en obtener una visión más exacta de la dinámica del suelo, la que está expresada en la morfología del perfil en el momento de la observación.

El estudio micropedológico consiste de dos etapas claramente definidas:

1. Observación de hechos.
2. Interpretación genética de los fenómenos comprobados.

Dentro de los diversos materiales constituyentes del suelo, pueden separarse dos grupos amplios que difieren en sus propiedades y en sus reacciones frente a los procesos de formación del suelo. Dicha separación fue realizada por primera vez por W. L. Kubiena, quien distinguió dos grupos de constituyentes del suelo: el *esqueleto* y el *plasma*. En 1960, R. Brewer dio nuevas definiciones de esqueleto y plasma.

Esqueleto (definición de R. Brewer): "Los granos de esqueleto son granos individuales, relativamente estables, que no son fácilmente traslocados, concentrados o reorganizados por los procesos de formación del suelo". Se incluyen en el esqueleto granos minerales y cuerpos resistentes silíceos y orgánicos de

tamaño mayor que la fracción coloidal. Las raíces vivas o muertas, así como los representantes de la fauna y flora edáfica, no se consideran como parte del esqueleto. Tampoco forman parte del esqueleto los restos orgánicos reconocibles (no descompuestos), pero los cuerpos silíceos resistentes de origen orgánico son sí parte de dicha fracción.

Plasma (definición de R. Brewer): "El plasma es la parte del material del suelo capaz de ser movida o que ha sido movida, reorganizada y/o concentrada por los procesos de formación del suelo". Incluye todos los materiales, minerales u orgánicos, de tamaño coloidal y el material relativamente soluble que no forma parte del esqueleto. O sea que incluye los granos de tamaño coloidal, sustancias solubles como carbonatos, y fracciones de la materia orgánica humificada.

Esqueleto y plasma se considerarán aquí en el sentido dado por R. Brewer a dichos materiales.

Los granos de esqueleto son prácticamente inmóviles en el perfil, salvo en el caso de procesos extremos como lavado a lo largo de grietas. Son, sin embargo, capaces de alterarse para formar plasma, como los feldespatos, biotita, hidromicas, etc.

El plasma consiste de constituyentes que son relativamente inestables "por la facilidad con que son trasladados en el perfil y porque sus propiedades físicas y químicas pueden ser modificadas por cambios relativamente pequeños en las condiciones del suelo y ambiente" (R. Brewer). La movilidad y actividad potenciales son características comunes a todas las sustancias plasmáticas. La movilidad no es necesariamente contemporánea a la observación, así por ejemplo, los complejos inmovilizados de minerales arcillosos y óxidos u oxihidratos de hierro pueden comenzar a trasladarse, reorientarse o concentrarse en cualquier momento, si se dan las condiciones favorables para ello.

El plasma, el esqueleto y la materia orgánica no incluida en este último, constituyen en conjunto la "S-matrix" (R. Brewer, 1964).

Al aplicarse el método micromorfológico, el suelo es estudiado como una roca, o sea que la micromorfología es una aproximación petrográfica al estudio del suelo.

2. OBJETIVOS.

La micromorfología es una rama relativamente nueva de la ciencia del suelo, por lo que se carece de información micromorfológica de los suelos de vastas regiones del mundo. Tal es particularmente el caso de los suelos del Uruguay, en los que no sólo la información micromorfológica, sino también la mineralógica, es casi inexistente.

Este trabajo intenta ser una primera contribución al estudio morfogénético de los suelos del Uruguay, mediante el empleo de técnicas de microscopía.

3. MATERIALES Y METODOS DE TRABAJO.

El material de trabajo consistió en muestras de cuatro suelos cuyas descripciones se incluyen más adelante. Se dispuso de dos muestras no perturbadas por perfil: una del horizonte A₁ y otra del B₂. Una parte de cada muestra fue impregnada con una resina plástica (vestopal H) cuyo índice de refracción es 1,557. A partir de las muestras así tratadas, y una vez endurecidas, se prepararon láminas delgadas estándar de 30 μ de espesor. Dichas láminas delgadas se estudiaron con un microscopio polarizante y los elementos constituyentes del suelo así observados se clasificaron según el sistema desarrollado en Australia por R. Brewer y sus colaboradores.¹

En la fracción remanente de cada muestra se separó por dispersión y posterior decantación la fracción arena, de la cual luego se separaron los minerales pesados por medio de bromoformo (densidad - 2,84). Por medio del microscopio polarizante se identificaron las distintas especies y se determinaron sus respectivos porcentajes.

La preparación de las láminas delgadas de suelos y el montaje de los granos de minerales pesados fueron realizados por el personal de laboratorio del Instituto Geológico de la Universidad del Estado (Gante, Bélgica). El estudio de este material fue realizado asimismo en dicho Instituto bajo la supervisión del Dr. J. Laruelle (Docente asociado, Geologisch Instituut, Rijksuniversiteit, Gante, Bélgica).

4. RESULTADOS Y DISCUSION.

4.1. SUELO Nº 1.

Ubicación: Sobre la ruta 26, en el paraje Las Toscas, Dpto. de Tacuarembó.

1. Tratándose de un sistema muy reciente y en el que se introduce una nomenclatura casi enteramente nueva, se ha optado por no traducir al español más que aquellos términos ya difundidos anteriormente y/o de significado inequívoco.

Las definiciones de todos los términos usados en las descripciones micromorfológicas figuran en el libro "Fabric and Mineral Analysis of Soils", de R. Brewer.

Relieve: En ladera convexa, de flancos cortos, con 3 a 4% de pendiente.

Material original: Arenisca roja de la formación Yaguari (Permiano).

41.1. DESCRIPCIÓN MEGASCÓPICA.

- | | |
|-----------------------------|---|
| 0-65 cm.
A ₁ | Pardo rojizo oscuro (5 YR 3/4); arenoso; suelto; no pegajoso, no plástico; raíces abundantes; transición difusa, intensificándose el color hacia abajo. |
| 65-85 cm.
A ₃ | Pardo rojizo (2.5 YR 4/4); franco arenoso; friable; no pegajoso, ligeramente plástico; escasas raíces; transición en color: difusa. |
| 85 cm. +
B ₂ | Rojo oscuro (2.5 YR 3/6); arcillo-arenoso, liviano; friable; no pegajoso; no plástico; bloques subangulares, poco definidos; sin raíces. |

41.2. DESCRIPCIÓN MICROMORFOLÓGICA.

Horizonte A₁.

"S-matrix".

Esqueleto: Consiste predominantemente de cuarzo. Otros minerales son: feldespatos (plagioclasas y microclina) y sericita. Aparecen algunos litorrelictos cuarzosos. Los granos son en su mayoría subredondeados, algunos de baja y otros de alta esfericidad. Se observan algunos granos de turmalina.

Plasma: Pardo amarillento, poco abundante, con diferentes clases de separaciones. "Fabrics" plásmicos: vo-ma-skel-insépico. La distribución del plasma es irregular; algunas partes presentan una estructura similar a la del horizonte B₂.

Materia orgánica: Aparece como partículas no humificadas dispersas en la masa y como restos (celulósicos o no) en los "voids" o en la masa.

Estructura básica: El esqueleto es dominante sobre el plasma. "Voids".

Abundantes y de diferentes tipos "ortho" y "metavughs", "simple packing voids" y unos pocos canales.

"Pedological features".

"Glaebules": Unos pocos "papules" pequeños; algunos nodulos sesquioxídicos pequeños, más o menos redondeados; litorrelictos cuarzosos.

Horizonte B₂.

“S-matrix”.

Esqueleto: Presenta las mismas características que en el horizonte A₁.

Plasma: Amarillo fuerte con abundantes separaciones. “Fabrics” plásmicos: vo-ma-skel-mosépico.

Materia orgánica: Unos pocos fragmentos de restos no humificados.

Estructura básica: El esqueleto es dominante sobre el plasma.

“Voids”.

“Ortho” y “metavughs” y canales.

“Pedological features”.

“Cutans”: Unos pocos “cutans” de iluviación (“argillans”).

“Glaebules”: Pocos “papules” muy pequeños; sólo un nódulo sesquioxídico; litorrelictos cuarzosos.

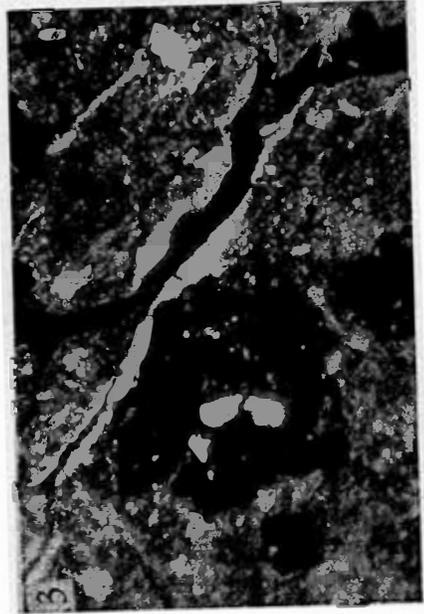
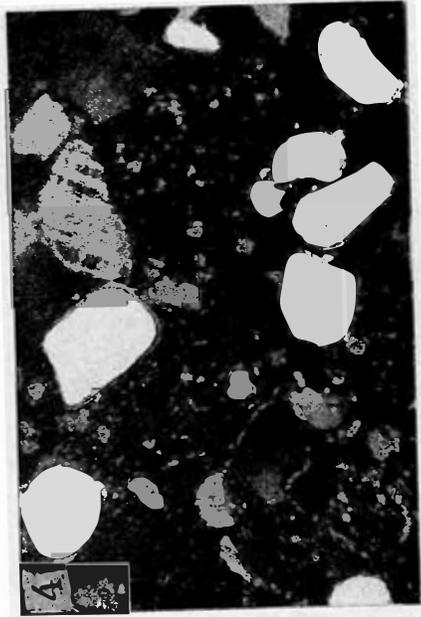
41.3. CONCLUSIONES.

Los granos del esqueleto muestran las mismas características en los dos horizontes.

El plasma es también bastante similar en ambos horizontes; posee alta adhesividad a los granos. La clase de separaciones es casi la misma, siendo la principal diferencia la presencia en el horizonte B de plasma mosépico en lugar de insépico. En el horizonte A, sin embargo, pueden verse algunas “islas” en las cuales los “fabrics” plásmicos son los mismos que se observan en el horizonte B. Esto indicaría que el horizonte B ha sido destruido y que su límite superior se encontraba primitivamente a menor profundidad. (Foto N^o 1.)

La iluviación de arcilla no es un fenómeno importante, puesto que los “cutans” verdaderos son poco frecuentes.

La materia orgánica disminuye con la profundidad.



Foro Nº 1.—Suelo Nº 1, horizonte A₁. Sección delgada en luz transmitida. Marcada separación de estructuras: a la derecha, predominio del esqueleto sobre el plasma, típico para este horizonte; a la izquierda, predominio del plasma, posiblemente un remanente del horizonte B. 80 X.

Foro Nº 2.—Suelo Nº 2, horizonte B₂. Sección delgada en luz transmitida. Concentración de oxihidratos de hierro en forma de anillo alrededor de un "void". La masa plasmática presenta también numerosas manchas pequeñas de los mismos compuestos. 80 X.

Foro Nº 3.—Suelo Nº 3, horizonte B₂. Sección delgada en luz polarizada. Material rubificado; la fuerte birrefringencia de las paredes del canal se deben a un "cutan" de iluviación ("argillan"). Centro: nódulo sesquioxídico de bordes irregulares. 80 X.

Foro Nº 4.—Suelo Nº 4, horizonte B₂. Sección delgada en luz polarizada. El esqueleto consiste de cuarzo, predominantemente, y microclina, maclada según las leyes de la albita y la periclina. El plasma es débilmente anisótropo por la débil orientación preferencial de las partículas componentes y el alto contenido de materia orgánica. 80 X.

41.4. MINERALOGÍA.

<i>Horizonte</i>	<i>Opacos</i>	<i>Turmalina</i>	<i>Zircón</i>	<i>Rutilo</i>	<i>Estaurolita</i>	<i>Disteno</i>	<i>Granate</i>	<i>Epidoto</i>	<i>Alterita</i>
A ₁	63	17	53	9	9	1	2	4	5
B ₂	72	11	58	13	12	2		2	1

Estos datos muestran una asociación bien definida en la que dominan minerales ubicuos, caracterizados por una resistencia a la alteración alta a muy alta, con un aporte no despreciable de minerales parametamórficos (estaurolita y disteno).

4.2. SUELO Nº 2.

Ubicación: Sobre la ruta Nº 8, Km. 246, Dpto. de Treinta y Tres.

Relieve: En ladera plana a ligeramente convexa de 2-3% de pendiente.

Material original: Rocas predevonianas granitizadas.

42.1. DESCRIPCIÓN MEGASCÓPICA.

- | | |
|------------------------------|--|
| 0-18 cm.
A ₁₁ | Pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) franco a franco limoso; bloques pequeños que se rompen en granular fina, moderados. |
| 18-23 cm.
A ₁₂ | Gris muy oscuro a gris oscuro (10 YR 3/1.5); franco a franco limoso. |
| 23-28 cm.
B ₁ | Pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) con moteado pardo algo rojizo; arcillo limoso liviano; con concreciones de Fe y Mn. |
| 28-38 cm.
B ₂₁ | Pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) con moteado en el interior y gris muy oscuro (10 YR 3/1) en las caras de los agregados; arcillo limoso medio con gravilla y arena; concreciones blandas de Fe y Mn; abundantes películas de arcilla; bloques subangulares y angulares medios, fuertes. |
| 38-58 cm.
B ₂₂ | Pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2); arcillo limoso medio a pesado; bloques subangulares medios con tendencia a romperse en pequeños; películas de arcilla y caras de deslizamiento; algunas concreciones de Fe y Mn. |
| 58-68 cm.
B ₃ | Pardo grisáceo muy oscuro a pardo oscuro (10 YR 3/2.5); arcillo limoso; bloques subangulares medianos moderados a fuertes; películas de arcilla; transición clara. |

42.2. DESCRIPCIÓN MICROMORFOLÓGICA.

Horizonte A₁.

"S-matrix".

Esqueleto: Compuesto predominantemente por cuarzo. Se encuentra también biotita y feldespatos (plagioclasas y microcli-

na) a veces algo alterados y unos pocos anfíboles (tremolita) y abundante sericita. Los cristales de microclina presentan a veces inclusiones de plagioclasas. Los granos son subangulares y subredondeados, de baja esfericidad y predominantemente muy pequeños. Aparecen también algunos litorrelictos.

Plasma: Pardo, con pequeñas zonas dispersas pardo amarillentas. Las separaciones en las partes más oscuras ocurren alrededor de los granos del esqueleto y en las partes más claras alrededor de los granos y en la masa. Los fenómenos de birrefringencia en la masa plásmica de las zonas oscuras pueden atribuirse a granos de esqueleto muy pequeños (fracción limo). "Fabrics" plásmicos: skelsépico en las áreas de color pardo y skel-mosépico en las áreas de color pardo amarillento.

Materia orgánica: Pequeñas partículas de materiales no humificados dispersas en la masa y abundantes restos celulósicos, aún mostrando la estructura original, en los "voids".

Estructura básica: El plasma es dominante sobre el esqueleto.

"Voids".

"Orthovughs" y canales, numerosos y a veces interconectados.

"Pedological features".

"Glaebules": Nódulos sesquioxídicos bien cristalizados y redondeados, ocasionalmente agrietados y generalmente con límites claros. Litorrelictos.

Horizonte B₂.

"S-matrix".

Esqueleto: Presenta las mismas características que en el horizonte A₁, pero es menos abundante.

Plasma: Amarillo parduzco, con algunas áreas pardo rojizas o pardo oscuras, que están impregnadas por oxihidratos de hierro (nódulos en formación?). Las separaciones son muy numerosas, relacionadas a los "voids" y granos de esqueleto o sin relación a los mismos, en un patrón complicado en la masa intergranular. "Fabrics" plásmicos: vo-ma-skel-omnisépico. Se observan pequeñas manchas ("stained spots") de oxihidratos de hierro dispersas en toda la masa.

Materia orgánica: Similar al horizonte A₁, pero la cantidad es mucho menor, especialmente en lo que respecta a los restos celulósicos.

Estructura básica: El plasma es dominante sobre el esqueleto.

“Voids”.

“Ortho”- y “metavughs” y canales.

“Pedological features”.

“Cutans”: Algunos “cutans” de iluviación (argillans).

“Glaebules”: Nódulos y concreciones sesquioxídicas, más o menos redondeadas, de colores rojos y usualmente con límites claros. Algunas concentraciones de sesquióxidos con bordes difusos pueden considerarse como nódulos en vías de formación.

Observaciones.

Se observan fenómenos de difusión de hierro que se evidencian por la presencia de bandas de oxihidratos alrededor de algunos “glaebules” sesquioxídicos.

42.3. CONCLUSIONES.

Los granos del esqueleto tienen las mismas características en ambos horizontes. La fracción más pequeña (limo) es dominante, pero se observan también granos medianos y grandes. Entre éstos, pueden verse granos de microclina que encierran plagioclasas. Esta estructura monzonítica indica un fenómeno de granitización que afectó la roca madre como resultado del cual las plagioclasas, a través de un proceso de metasomatosis potásica, han sido más o menos transformadas en microclina. La presencia de abundante sericita es otra evidencia de este mismo fenómeno.

El plasma es dominante sobre el esqueleto en ambos horizontes, pero los “fabrics” respectivos son completamente diferentes. La cantidad y clase de separaciones difiere marcadamente de uno al otro, a pesar de que hasta cierto grado la materia orgánica puede enmascarar en el horizonte A las separaciones plásmicas. Algunas “islas” de plasma en el suelo superficial muy semejantes al horizonte B en su aspecto general, podrían deberse a la actividad de la fauna edáfica a través de un proceso de mezcla mecánica de materiales de ambos horizontes.

Los nódulos sesquioxídicos hallados en los horizontes A y B deben considerarse como formados *in situ* en base a la identidad de la naturaleza de los granos de esqueleto dentro y fuera de los nódulos. La evidencia del movimiento de hierro mediante fenómenos de difusión indica la influencia de las condiciones hidrológicas en la formación de estos “pedological features”, puesto que los nódulos y las concentraciones de hierro debidas a difusión están a menudo asociadas. (Foto N° 2.)

42.4. MINERALOGÍA.

Horizonte	Opacos	Turma- lina	Zircón	Rutilo	Ana- tasa	Tita- nita	Estau- rolita	Disteno	Granate	Epi- doto	Tremo- lita	Horn- blenda verde	Atterita
A ₁	7	3	5	—	1	3	4	1	2	41	3	36	1
B ₂	14	2	4	2	—	3	9	1	4	43	6	24	2

La asociación a epidoto y hornblenda es típica de rocas metamórficas antiguas. El granate, frecuente en dichas rocas, falta sin embargo en este suelo. Los datos del conteo de minerales pesados concuerdan con la observación de las secciones delgadas, que revelan un fenómeno de granitización en la roca madre de origen metamórfico (edad predevoniana).

4.3. SUELO Nº 3.

Ubicación: Sobre la ruta Nº 8, Km. 355, Dpto. de Cerro Largo.

Relieve: En ladera alta convexa, 3-5% de pendiente.

Material original: Rocas predevonianas granitizadas.

43.1. DESCRIPCIÓN MEGASCÓPICA.

- 0-15 cm. Pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) franco
A₁₁ a franco arcillo arenoso liviano con algo de gravilla muy fina; granular muy fina y fina, moderada a débil; transición clara; muy friable.
- 15-25 cm. Pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) franco
A₁₂ arcilloso a franco arcillo arenoso fino con algo de arena gruesa y gravilla fina; bloques subangulares medianos débiles a moderados que se rompen en granular fina; friable; transición brusca con línea de cantos en la base (2 cm.) con cantos de hasta 3 cm.
- 25-45 cm. Rojo oscuro (dusky) (2,5 YR 3/2) y algo de
B₂₁ pardo oscuro (7,5 YR 3/2) en las caras; arcilloso con algo de arena gruesa; bloques subangulares pequeños moderados a fuertes que se rompen en granular fina; algunas películas de arcilla; muy plástico; transición gradual.
- 45-60 cm. Rojo oscuro (2,5 YR 3/6) con algo de rojo
B₂₂ amarillento (5 YR 5/6) y pardo rojizo oscuro (5 YR 3/3) en las caras; arcillo limoso con algo de arena gruesa; bloques subangulares medianos débiles, que se rompen en bloques muy pequeños moderados a fuertes; transición clara.
- 60-75 cm. Pardo rojizo (5 YR 4/3) predominante en las
B₂₃ caras y rojo oscuro (2,5 YR 3/6) en los interiores; igual textura al anterior con grava fina; nódulos negros de hasta 0,5 cm. blandos e irregulares de Fe y Mn; bloques angulares grandes moderados que se rompen en bloques subangulares muy pequeños, moderados a fuertes.

- 75-95 cm. Pardo oscuro a pardo (7,5 YR 4/4) y pardo rojizo (5 YR 4/4); arcillo limoso con arena gruesa y grava fina; bloques angulares medianos a grandes débiles; aparecen trozos de material original temperizado, abundantes concreciones de hasta 1 cm. de Fe y Mn.

43.2. DESCRIPCIÓN MICROMORFOLÓGICA.

Horizonte A₁.

"S-matrix".

Esqueleto: Consiste de cuarzo (predominantemente), feldspatos (plagioclasas y microclina), epidoto, biotita, sericita y hornblenda. Los granos de microclina presentan a veces inclusiones de plagioclasas. Los granos son subangulares y subredondeados, de baja esfericidad. Se observan algunos litorrelictos.

Plasma: Pardo, anisotrópico, pero con separaciones muy pequeñas y escasas. "Fabrics" plásmicos: insépico y argillasépico, con algo de skelsépico.

Materia orgánica: Pequeños fragmentos negros de materiales no humificados, dispersos en la masa y restos celulósicos con estructura celular en los "voids". Algo de material parcialmente humificado. Algo de material no humificado complejo por hierro.

Estructura básica: El plasma es dominante sobre el esqueleto.

"Voids".

"Orthovughs", a menudo interconectados y canales ramificados.

"Pedological features".

"Glaebules": Nódulos sesquioxídicos más o menos redondeados. Litorrelictos frecuentes.

Horizonte B₂.

"S-matrix".

Esqueleto: Consiste principalmente de cuarzo. Los feldspatos, epidoto, biotita y sericita son menos abundantes que en el horizonte A₁. La hornblenda falta. Algunos granos de microclina presentan estructura monzonítica. Los granos son subredondeados y subangulares, de baja esfericidad; se observan algunos litorrelictos.

Plasma: Amarillento o amarillo rojizo. Las separaciones son muy numerosas y aparecen alrededor de los granos del esque-

leto, a lo largo de las paredes de los "voids" y en un padrón muy complicado en la masa intergranular. "Fabrics" plásmicos: skel-vo-ma-mosépico y en algunas partes omnisépico. Numerosas manchas ("stained spots") de oxihidratos de hierro de color rojizo están dispersas en toda la masa.

Materia orgánica: Se encuentra en las mismas formas que en el horizonte A, pero en mucho menor cantidad.

Estructura básica: El plasma es dominante sobre el esqueleto.

"Voids".

No son abundantes; se observan canales, "planes" y "ortho"-y "metavughs".

"Pedological features".

"Cutans": Hay "cutans" de iluviación y de presión ("stress cutans"). Son generalmente "ferriargillans" y sólo ocasionalmente "ferrans" en un estado incipiente de formación. Están situados especialmente en los canales y "vughs", pero también se observan "embedded grain cutans" y "trapped cutans".

"Glaebules": "Papules" pequeños. Nódulos sesquioxídicos con límites nítidos o difusos son frecuentes.

43.3. CONCLUSIONES.

El esqueleto es muy similar en ambos horizontes, aunque pueden anotarse algunas diferencias: la proporción de granos distintos del cuarzo es más baja en el horizonte B que en el horizonte A. Entre los feldespatos pueden observarse evidencias de metasomatosis potásica como las observadas en el perfil N^o 2. Las plagioclasas han sido parcial o enteramente transformadas en microclina. Estas evidencias de un fenómeno de granitización en la roca madre son fácilmente observables en los granos mayores.

El plasma es muy diferente en ambos horizontes. Las estructuras birrefringentes son mucho más abundantes en el horizonte B. Este hecho, unido a la presencia de una línea de cantos en el límite entre los horizontes A y B indicaría la presencia de una discontinuidad genética.

El horizonte A es débilmente anisotrópico, con pocas separaciones. El horizonte B tiene una mezcla de colores amarillos y amarillo rojizos que indican diferentes estados de los compuestos de hierro: complejados en las zonas amarillentas e individualizados en las zonas más rojas. Este horizonte muestra claras evidencias de rubificación y puede considerarse como un ejemplo de "Rotlehm" (sensu Kubiena) por la distribución de

los oxihidratos de hierro y las estructuras fluidales birrefringentes (8). (Foto Nº 3.) La individualización del hierro ocurre tanto en la masa plásmica como en los "cutans" (presencia de "ferrans").

La presencia de "cutans" de iluviación indica una traslocación de la fracción arcilla por procesos pedogenéticos.

Los fenómenos de expansión y contracción del suelo al variar el contenido de humedad parecen ser bastante importantes en base a la presencia de "stress cutans" y de material del horizonte A llenando parcialmente algunos de los "voids" mayores del horizonte B.

La materia orgánica es más abundante en el horizonte A y aparece bajo diferentes formas: diferentes estados de humificación y diferentes estados de complejación con hierro.

43.4. MINERALOGÍA.

Horizonte	Opacos	Epidoto	Epidoto alterado	Hornblenda verde	Alterita
A ₁	9	64	30	3	3
B ₂	16	68	30	1	1

La asociación mineral presenta una dominancia total del epidoto. La roca original es metamórfica predevoniana con síntomas inequívocos de granitización, como surge del estudio de las secciones delgadas. La asociación tan peculiar es quizá un fenómeno puramente local, pero la falta de información mineralógica del área no permite emitir un juicio definitivo.

4.4. SUELO Nº 4.

Ubicación: Sobre la ruta 26, Km. 490, Dpto. de Paysandú.

Relieve: Parte superior de una ladera convexa.

Material original: Arenisca de Guichón (edad Cretácea).

44.1. DESCRIPCIÓN MEGASCÓPICA.

0-20 cm. Negro (10 YR 2/1); franco arcillo arenoso
 A₁ medio; bloques subangulares medios, débiles a granular.

- 20-30 cm. Negro a gris muy oscuro (10 YR 2,5/1); franco arenoso fino pesado a arcillo arenoso; estructura más fuerte.
A₃
- 30-40 cm. Pardo muy oscuro (10 YR 2/2); arcillo arenoso medio fino; bloques subangulares medios, moderados.
B₁
- 40-55 cm. Pardo rojizo oscuro (5 YR 2,5/2,5); arcillo arenoso pesado; bloques subangulares medios y gruesos fuertes con películas de arcilla.
B₂
- 55-75 cm. Rojo (2,5 YR 4,5/7) con gris en las caras; bloques medios a gruesos, moderados; arcillo arenoso más liviano. Con carbonatos a 1,50 mts. de profundidad.
B₃

44.2. DESCRIPCIÓN MICROMORFOLÓGICA.

Horizonte A₁.

"S-matrix".

Esqueleto: Consiste principalmente de cuarzo, con algunos feldespatos (plagioclasas y microclina) y muy poca sericita. Los granos son subangulares, de baja esfericidad.

Plasma: Pardo, con separaciones bastante visibles. Los "fabrics" plásmicos son: ma-skel-insépico; el argillasépico es dominante localmente.

Materia orgánica: Aparece como pequeñas partículas oscuras de material no humificado dispersas en la masa y como restos mayores con la estructura original en algunos "voids". Ocasionalmente se ven restos orgánicos con hierro fijado.

Estructura básica: El esqueleto es dominante sobre el plasma.

"Voids".

Son predominantemente "simple packing voids".

"Pedological features".

"Glaebules": Nódulos y algunas concreciones sesquioxídicas pequeñas y redondeadas. Litorrelictos cuarzosos.

Horizonte B₂.

"S-matrix".

Esqueleto: Consiste principalmente de cuarzo, algunos feldespatos (microclina y plagioclasas) y muy poca sericita. Los granos son subredondeados y subangulares, de baja esfericidad.

Plasma: Pardo, con separaciones claras. Los "fabrics" plásmicos son: ma-vo-skel-mosépico; el argillasépico es localmente dominante.

Materia orgánica: Pequeños fragmentos de materia no humificada, restos celulósicos con estructura celular en algunos "voids"; esporos de hongos y algún resto orgánico silicificado y transformado en calcedonia.

Estructura básica: El esqueleto es dominante sobre el plasma.

"Voids".

Los "orthovughs" son los más comunes; canales y "meta-vughs" son menos frecuentes.

"Pedological features".

"Cutans": Prácticamente no existen "cutans" de iluviación, pero se encuentran algunos "grain cutans".

"Glaebules": Algunos nódulos y ocasionalmente concreciones sesquioxídicas. Litorrelictos cuarzosos.

44.3. CONCLUSIONES.

El esqueleto tiene la misma composición en ambos horizontes, siendo los granos principalmente de tamaño mediano. El plasma muestra separaciones bastante similares en ambos horizontes, pero las mismas son más claras en el horizonte B.

Hay indicaciones de movimiento de arcilla (presencia de "cutans"), pero en un grado limitado. Por otro lado, la reorientación *in situ* de los minerales de arcilla es un fenómeno más importante, según puede inferirse de la observación de las separaciones plásmicas.

El hierro no está individualizado, sino más bien complejo por la materia orgánica y los minerales de arcilla.

La materia orgánica aparece en diferentes estados de descomposición, a veces complejando al hierro.

Del color del material plásmico así como de la presencia de restos orgánicos visibles, puede deducirse que todo el suelo posee un contenido bastante alto en materia orgánica. (Foto N^o 4.)

Algunos cuerpos silíceos, identificables como restos orgánicos transformados en calcedonia, ponen en evidencia un cierto movimiento de sílice.

44.4. MINERALOGÍA.

<i>Horizonte</i>	<i>Opacos</i>	<i>Turmalina</i>	<i>Zircón</i>	<i>Rutilo</i>	<i>Estaurolita</i>	<i>Granate</i>	<i>Epidoto</i>	<i>Alterita</i>
A ₁	34	3	9			59	26	3
B ₂	46		8	1	1	72	19	4

Este suelo presenta una asociación bien definida a granate (variedad rosada) y epidoto, minerales típicos de rocas metamórficas. Puede pues admitirse que la arenisca sobre la que se ha desarrollado el suelo se haya formado con material detrítico proveniente de la destrucción de rocas metamórficas.

5. CONCLUSIONES FINALES.

El presente trabajo es el primer intento de aplicar técnicas petrográficas al estudio de los suelos del Uruguay. Este hecho, junto con el volumen limitado del material de que se dispuso, hace que las conclusiones que se enumeran a continuación sean necesariamente generales. Conclusiones definitivas y más precisas serán posibles solamente luego de estudios más detallados.

Con las reservas precedentes, se pueden señalar algunos hechos que reflejan fenómenos pedogenéticos comprobados y, al mismo tiempo, permiten elaborar hipótesis a usar como punto de partida de trabajos futuros.

- 1) El suelo Nº 1 presenta, dentro de las condiciones del país, un estado avanzado de temperización. Las secciones delgadas muestran, en efecto, una total dominancia del cuarzo, siendo muy escasos los minerales alterables; similares conclusiones pueden extraerse del estudio de los minerales densos. Esto no significa necesariamente que la alteración química presente sea el resultado del ciclo pedogenético actual, puesto que el suelo se ha formado sobre un material sedimentario, ya sujeto, por lo menos, a un ciclo anterior de alteración. Un estudio más detallado del perfil y del material original se hace necesario para elucidar el problema.
- 2) Los suelos Nº 2 y 3 provienen de la alteración de rocas no idénticas, pero sí similares. Las evidencias de un fenómeno de granitización en ellas ya fueron citadas y confirman las observaciones de Caorsi y Goñi (4) y Bossi, Fernández y Elizalde (2).
- 3) El suelo Nº 2 es de tipo lixiviado, con un horizonte B textural de baja permeabilidad que retiene el agua en invierno excesivamente, para desecarse en mayor o menor grado durante el verano. Esto provoca una alternancia de condiciones de oxidación y de reducción que se manifiestan típicamente en la movilización del hierro por difusión que produce como resultado la formación de concreciones y bandas de sesquióxidos por fenómenos de precipitación rítmica. Según los conceptos de Kubiena se estaría en presencia de un proceso de "Pseudovergleyung", aunque muy incipiente para haber desarrollado las características típicas del mismo en grado notorio.
- 4) El perfil Nº 3 presenta aparentemente una discontinuidad genética entre los horizontes A y B, según se señaló anteriormente. La presencia de una línea de cantos ("Stone line") entre ambos horizontes y las

marcadas diferencias en sus características micromorfológicas fueron citadas como evidencias de una discontinuidad. A esto se podría agregar que el horizonte B presenta una mineralogía algo distinta en el esqueleto; en efecto, minerales tales como la biotita, hornblenda y epidoto, presentes en el horizonte A₁, aparecen en menor cantidad o faltan en el horizonte B₂. Este último presenta un plasma del tipo Rotlehm, y como tal estaría asociado, según Kubiena, a condiciones de rubificación, que de acuerdo a dicho autor tienen lugar bajo un clima tropical o subtropical con una marcada estación seca. (El Rotlehm, siguiendo a Kubiena, derivaría de un punto inicial, el Braunlehm, formado bajo condiciones tropicales o subtropicales permanentemente húmedas en las cuales sólo tienen lugar pequeñas fluctuaciones de temperatura y humedad) (7, 9, 10, 11, 12, 13). Sin embargo, estas consideraciones sobre la relación: "fabric" plásmico-clima, deben tomarse con mucho cuidado, ya que no son generalizables a todos los casos. Así Barrat (1) cita agentes no climáticos como posibles responsables de fenómenos de rubificación. También Laruelle (14) ha demostrado que el plasma tipo Braunlehm no está necesariamente asociado a condiciones tropicales o subtropicales como lo afirmara Kubiena. Por lo tanto, las relaciones del Braunlehm y el Rotlehm con un tipo climático definido no son aceptables en la totalidad de los casos. En consecuencia, si bien puede clasificarse el plasma del horizonte B₂ de este suelo como Rotlehm, sería aventurado, vistas las consideraciones antecedentes, atribuirle un origen climático.

- 5) El suelo N^o 4 presenta una morfología muy similar en los dos horizontes estudiados. No hay una mayor movilización ni de la arcilla ni del hierro; este último se encuentra generalmente en forma de complejos. La orientación preferencial de una parte del material plásmico debe atribuirse a fenómenos de reorientación mecánica *in situ*, bajo la influencia de presiones y tensiones originadas por la desecación y humedecimiento alternados del suelo. Esto concuerda con las observaciones de Rode, Jarilova y Rashevskaya (1960)¹ y Lafeber (1962)² en suelos y de Meade (1960)³ en sedimentos.

La movilización de sílice en este suelo no puede explicarse satisfactoriamente con los datos disponibles.

1, 2 y 3. Citados por Brewer, R. (3).

Finalmente cabe agregar que la clasificación de R. Brewer ha demostrado ser una herramienta de gran utilidad en este tipo de trabajo, lo que concuerda con opiniones de otros autores (6).

6. AGRADECIMIENTOS.

El autor agradece al Dr. J. Laruelle, de la Universidad del Estado de Gante, Bélgica, por las directivas y asesoramientos prestados durante el estudio de las secciones delgadas, así como también por haber puesto a su disposición el equipo y personal especializado imprescindible para la preparación de las mismas.

7. SUMMARY.

Micromorphology of some soils of Uruguay.

Thin sections of A₁ and B₂ horizons of four different soil profiles were studied with a polarizing microscope. The objective was to obtain the first information about Micromorphology of Uruguayan soils; this information is considered to be very helpful in studies of Soil Genesis and Classification. The observed features were classified according to the system developed by Brewer and co-workers in Australia.

Identification and counting of heavy minerals in the sand fraction were also carried on. The most important conclusions are the following:

Soil N° 1 shows an advanced stage of chemical weathering as related to the present environmental conditions. Since the parent material is very old, the possibility exists that this characteristic is inherited, having originated in a previous cycle of weathering. The B horizon has probably been submitted to destruction in its upper part. This can be assumed on the basis of the presence, within the A horizon, of "islands" showing a fabric quite similar to that found in the B horizon.

Soils N° 2 and N° 3 are formed on granitized rocks of pre-Devonian age. The former shows iron diffusion phenomena in the B₂ horizon; a process of "Pseudovergleyung" occurring under the influence of alternating oxidation and reduction conditions is assumed to be the explanation of iron mobility. Soil N° 3 seems to have a lithological discontinuity between A and B horizons. Rubification phenomena are distinctly observed in the B horizon (Rotlehm plasma type).

Soil N° 4 shows a low mobility of plasmic constituents, the preferred orientation patterns observed being explained by *in situ* mechanical reorientation of plasmic materials.

Brewer's classification provides a useful tool for these kinds of studies.

8. BIBLIOGRAFIA.

1. BARRAT, B. C.—Micromorphology of some yellow-brown earths and podzols of New Zealand. *N. Z. J. Agric. Res.*, 8: 997-1042, 1965.
2. BOSSI, J.; FERNANDEZ, A. y ELIZALDE, G.—Predevoniano en el Uruguay. Facultad de Agronomía, Montevideo, *Bol.* 78, 84 p., 1965.
3. BREWER, R.—*Fabric and Mineral Analysis of Soils*. John Wiley, 1964.
4. CAORSI, J. H. y GOÑI, J. C.—Geología uruguaya. *Inst. Geol. del Uruguay, Bol.* 37, 73 p., 1958.
5. DURAN, A.—*Micromorfologie en Genese van enkele Laterietbodems uit N. O. Kongo*, 1965 (inédito).
6. HORN, M. E. y RUTLEDGE, E. M.—The Dickson and Zanesville Soils of Washington County, Arkansas: II. Micromorphology of their Fragipans, *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 29: 443-448, 1965.
7. KUBIENA, W. L.—Zur Mikromorphologie der braunen und roten Tropenböden. *Trans. 4th Int. Congr. Soil Sci.*, Amsterdam 1, 304-307, 1950. (En Laruelle, J.: *Notes on Soils Micromorphology*. Geologisch Instituut, Rijksuniversiteit Gent, 1965.)
8. KUBIENA, W. L.—*Claves sistemáticas de suelos*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas de Madrid, 1952.
9. KUBIENA, W. L.—*Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas (= The Soils of Europe = Los suelos de Europa)*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 1953. (En Laruelle, J.: *Notes on Soil Micromorphology*. Geologisch Instituut, Rijksuniversiteit Gent, 1965.)
10. KUBIENA, W. L.—Micromorphology of Laterite Formation in Rio Muni (Spanish Guinea). *Trans. 5th Int. Congr. Soil Sci.*, Leopoldville 4, 77-84, 1954. (En Laruelle, J.: *Notes on Soil Micromorphology*. Geologisch Instituut, Rijksuniversiteit Gent, 1965.)
11. KUBIENA, W. L.—Zur Mikromorphologie, Systematik und Entwicklung der rezenten und fossilen Lössböden. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, 7, 102-112, 1956 a. (En Laruelle, J.: *Notes on Soil Micromorphology*. Geologisch Instituut, Rijksuniversiteit Gent, 1965.)
12. KUBIENA, W. L.—Rubifizierung und Laterisierung. *Rapp. 6ème Congr. Int. Sci. du Sol*, París E: 247-249, 1956 b. (En Laruelle, J.: *Notes on Soil Micromorphology*. Geologisch Instituut, Rijksuniversiteit Gent, 1965.)

13. KUBIENA, W. L.—Die taxonomische Bedeutung der Art und Ausbildung von Eisenoxyhydratmineralien in Tropenböden. En: *Arbeiten aus dem Gebiet der Mikromorphologie des Bodens*, 95-103, 1962. (En Laruelle, J.: *Notes on Soil Micromorphology*. Geologisch Instituut, Rijksuniversiteit Gent, 1965.)
14. LARUELLE, J.—Micromorphologie des Sols de la Belgique. *Pedologie*, VIII: 79-102, 1958.
15. XXX. Montevideo, Facultad de Agronomía, Dpto. de Suelos, Archivo de Descripciones de Series de Suelos.
16. TOBLER BOTTINI, H.; DIBARBOURE, W.; PERDOMO CORONEL, D.; LACCA, H.; BONINO, F. y P.; MATTOS, J. y CATALOGNE, E.—Suelos del Uruguay, Serie Las Toscas. Facultad de Agronomía, Montevideo, *Bol.* 66, 1963.