

LOS MINERALES DE ARCILLA EN LOS SUELOS "ZONALES"  
UBICADOS ENTRE LOS RIOS PARANA Y SALADO  
(PROVINCIA DE BUENOS AIRES)

Dr. Adrián M. Iñiguez Rodríguez<sup>x</sup>

Lic. Carlos O. Scoppa<sup>x\*</sup>

- \* LEMIT y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
- \*\* Plan Mapa de Suelos de la Región Pampeana, Centro de Investigaciones de Recursos Naturales, INTA.

---

## INTRODUCCION

---

El comportamiento físico, químico y aún biológico de los suelos se encuentra íntimamente ligado a la presencia y naturaleza de las arcillas que los integran. Estas, por sus particulares propiedades naturales, constituyen, junto con la materia orgánica, su ingrediente activo.

Características físicas y químicas, tales como estructura, permeabilidad, poder de retención de agua, erodibilidad, capacidad de intercambio catiónico, fijación y disponibilidad iónica, etc., dependen en gran medida de los minerales que constituyen la porción arcillosa del suelo. La significación de este componente y el estudio de su comportamiento ha sido objeto de numerosas investigaciones en las dos últimas décadas, al desarrollarse nuevas técnicas de identificación mineralógica de las fracciones pequeñas, tales como difracción de Rayos X y espectrografía de absorción de infrarrojo.

No obstante, si bien en años recientes ha habido considerable interés en la Argentina por la mineralogía de las arcillas y se han realizado algunos trabajos, estos no han estado directamente relacionados con la Edafología. A excepción de las investigaciones llevadas a cabo por Guedes y Pécora, en este campo, por medio del análisis térmico, casi no existe en el país literatura al respecto.

Es precisamente con el objeto de aportar información, sobre la base de las nuevas técnicas antes mencionadas, que los autores han realizado esta su primera contribución acerca del que consideran importante tópico de investigación, con el propósito de continuarla en el futuro.

Por ello, los distintos perfiles de suelos sobre los que se trabajó fueron seleccionados atendiendo a su representatividad, ya que se trata de unidades que han sido perfectamente identificadas a nivel taxonómico de serie en el Mapa de Suelos de la Región Pampeana. La investigación se concentró en la determinación cuali-cuantitativa de los minera-

les de la fracción arcilla, las vinculaciones genéticas entre perfiles y horizontes, y la variación de la capacidad de intercambio catiónico encontrada en esta fracción.

Los suelos están geográficamente ubicados en el NE de la provincia de Buenos Aires y se eligieron por ser representativos de la denominada "región maicera" argentina, de reconocida productividad y marcada trascendencia en el contexto de la economía agraria nacional.

---

## MATERIALES Y METODOS

---

El estudio mineralógico de la fracción menor de 2 micrones se realizó sobre muestras de cada uno de los horizontes que componen seis (6) perfiles de suelos, reconocidos a nivel taxonómico de serie por el Plan Mapa de Suelos de la Región Pampeana, que lleva a cabo el Instituto de Suelos y Agrotecnia del INTA.

Las descripciones morfológicas, los datos físico-químicos y las muestras utilizadas corresponden a perfiles considerados representativos de esas series de suelos. Estas guardan la misma relación de posición geomorfológica. Se desarrollan en las partes positivas del relieve (lomas) para los sectores mejor drenados del área que cada una de ellas ocupa, y son consideradas correspondientes a suelos "zonales".

Las series se denominan: Ramallo, Urquiza, Arroyo Dulce, Rojas, Junín y Saforcada. Geográficamente ocupan fajas más o menos paralelas de rumbo sudeste-noroeste, en el sector noroeste de la provincia de Buenos Aires, comprendidas entre los ríos Paraná y Salado. Esta distribución es normal a una línea que une las ciudades de San Nicolás y Junín, o sea que tiene una dirección sudoeste-noroeste, rumbo sobre el cuál se observa un cambio progresivo en la granulometría de los sedimentos sobre los que se desarrollaron estos suelos. Este último fenómeno coincide con la pendiente regional, cuyas cotas extremas son 25 y 95 m s.n.m., respectivamente.

Estos materiales son de textura areno franca en las proximidades de Junín, variando hasta franco arcillo limosa en el otro extremo de la línea mencionada.

Todos los sedimentos son de origen eólico, pero han sido depositados en tres períodos distintos y sucesivos. Un primer ciclo, basal, está constituido por sedimentos loésicos, cuya textura varía de franco arcillo limosa a franca, que, en la actualidad, llevan impreso un paisaje de tipo fluvial. Está expuesto desde la margen derecha del río Paraná hasta las nacientes del arroyo Saladillo de la Vuelta, afluente del río Rojas. En estos materiales y sobre este paisaje se desarrollaron las series Ramallo, Urquiza, Arroyo Dulce y Rojas.

Sobre los ya citados sedimentos, encontramos superpuesto un marco de borde bastante definido, compuesto por materiales de textura franco arenosa. Estos han dado lugar a un paisaje típicamente eólico, más reciente, que se extiende desde la margen izquierda del río Salado hasta el límite anteriormente indicado. En este ambiente ubicamos a la serie Junín.

El tercero y último ciclo está representado por un verdadero seif medanoso, que se extiende a modo de dorsal coronando el ciclo antes mencionado, constituido por sedimentos de textura areno franca, sobre los que se desarrolla la serie Saforcada.

Dentro de cada ciclo, la variación granulométrica es gradual, y siempre en la misma dirección, lo que está de acuerdo con la extensión areal que presenta cada uno. Esa dirección es coincidente con la de los vientos más efectivos para la zona, que son los provenientes del SW.

De las variaciones granulométricas antedichas surgen las características determinantes de la diferenciación de cada una de las series estudiadas. Por esta razón se las ha ubicado sistemáticamente en el suborden de los Udoles, variando desde Argiudoles vérticos (Ramallo) hasta Hapludoles énticos (Saforcada).

La descripción de las seis (6) series de suelos elegidos y sus respectivos análisis físico-químicos corresponden a los de los perfiles estudiados, y fueron realizados

por el Plan Mapa de Suelos de la Región Pampeana, según sus técnicas. La clasificación sistemática responde al sistema americano.

La determinación de los minerales de arcilla se realizó en el Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigaciones Tecnológicas (LEMIT) del Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires. Se siguió el método de difracción de Rayos X y espectrografía de absorción en el infrarrojo.

El tratamiento y separación se hicieron según las técnicas convencionales para este tipo de estudio.

Se analizaron 35 muestras, y de cada una de ellas se realizaron tres preparaciones orientadas, sobre porta-objetos de vidrio, de la fracción menor de 2 micrones, previamente concentrada.

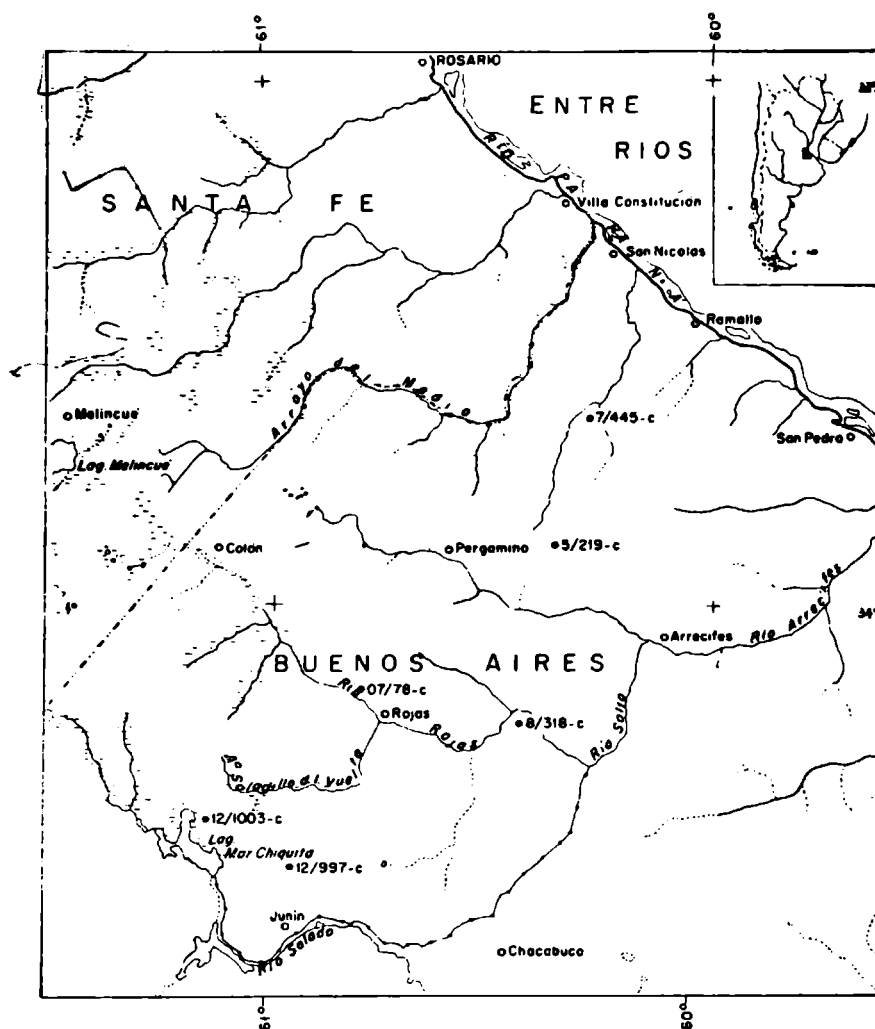
Los difractogramas se efectuaron con un equipo Philips, usando radiación de  $\text{Cu K}\alpha$  ( $\lambda = 1,54 \text{ \AA}$ ), con una velocidad de registro de  $2^\circ/\text{minuto}$ .

Las muestras se registraron de la siguiente manera: 1º) sin tratamiento; 2º) glicoladas; y 3º) calcinadas a  $550^\circ\text{C}$  durante 2 horas. Se obtuvo así un total de 105 difractogramas, de los cuáles se presentan aquí, por razones de espacio, sólo los correspondientes a las muestras sin tratamiento.

Los diagramas obtenidos de esta forma sirvieron para la identificación de los minerales de arcilla. Sobre los mismos se practicó una estimación cuantitativa de los distintos minerales presentes, considerando la intensidad de sus reflexiones, según el método de Johns, Grim y Bradley (1954).

En el caso de los minerales interestratificados, no fué posible la cuantificación, ya que se encuentran mal definidos y formando, a veces, interestratificaciones irregulares complejas.

Con el objeto de individualizar la posible presencia de alofano, se prepararon también cuatro muestras, a fin de obtener los respectivos espectros de absorción en el infrarrojo. Para este propósito se utilizó un espectrofotómetro Perkin Elmer 125, realizándose las muestras en pastilla de  $\text{BrK}$  de espesor 0,195 g, con una concentración de 0,60 %.



Escala 1 : 1.608.000 \*

Fig. 1. — Ubicación de los perfiles analizados

**Referencias:** 7/445-c : Serie Ramallo ; 5/219-c : Serie Urquiza ; 8/318-c : Serie Arroyo Dulce ; 07/78-c : Serie Rojas ; 12/997-c : Serie Junín ; 12/1003-c : Serie Saforeada

\* Reducción fotográfica del original a escala 1 : 1.000.000.

### Caracterización de las series de suelos y de sus minerales de arcilla

Se caracterizan a continuación las distintas series de suelos, dándose además una ligera descripción del ambiente que ocupan en el paisaje, su clasificación, análisis físico-químico y mineralogía de la fracción arcilla que los integra. En el mapa de la fig. 1 se han ubicado los sitios en que se encuentran los perfiles estudiados.

## SERIE RAMALLO

Esta serie se ubica sobre lomas de dorso plano a plano convexo, compuestas por materiales loésicos franco arcillo limosos. El relieve es de tipo normal-subnormal a normal, con pendientes inferiores al 2 %, tratándose de suelos moderadamente bien drenados (clase 3).

### Descripción del perfil

- Ap (0-15 cm), pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques subangulares medios moderados; ligeramente duro en seco; friable en húmedo; no plástico, no adhesivo; pH 6,4; abundantes raíces; límite abrupto suave.
- A12 (15-28 cm); gris muy oscuro (10YR 3/1) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques subangulares medios moderados; ligeramente duro en seco; friable en húmedo; no plástico, no adhesivo; pH 6,5; abundantes raíces; límite claro suave.
- B1 (28-38 cm); pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques subangulares medios moderados; ligeramente firme en húmedo; no plástico, no adhesivo; pH 6,4; moderadas raíces; límite claro suave.
- B21 (38-75 cm); pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo; arcilloso; estructura prismática gruesa fuerte; firme en húmedo; extremadamente duro en seco; muy plástico, adhesivo; abundantes barnices; pH 6,7; abundantes slicken sides; vestigios de raíces; límite claro suave.
- B22 (75-107 cm); pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo; arcillo limoso; estructura prismática gruesa moderada; extremadamente duro en seco; muy firme en húmedo; plástico, adhesivo; abundantes barnices; moderados slicken sides; pH 7,7; vestigios de raíces; límite claro suave.
- B31 (107-130 cm); pardo (7,5YR 5/4) en húmedo; arcillo limoso; estructura en bloques subangulares medios moderados; duro en seco; firme en húmedo; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; escasos barnices; moteados de Fe y Mn escasos, finos y débiles; pH 7,4; vestigios de raíces; límite abrupto suave.

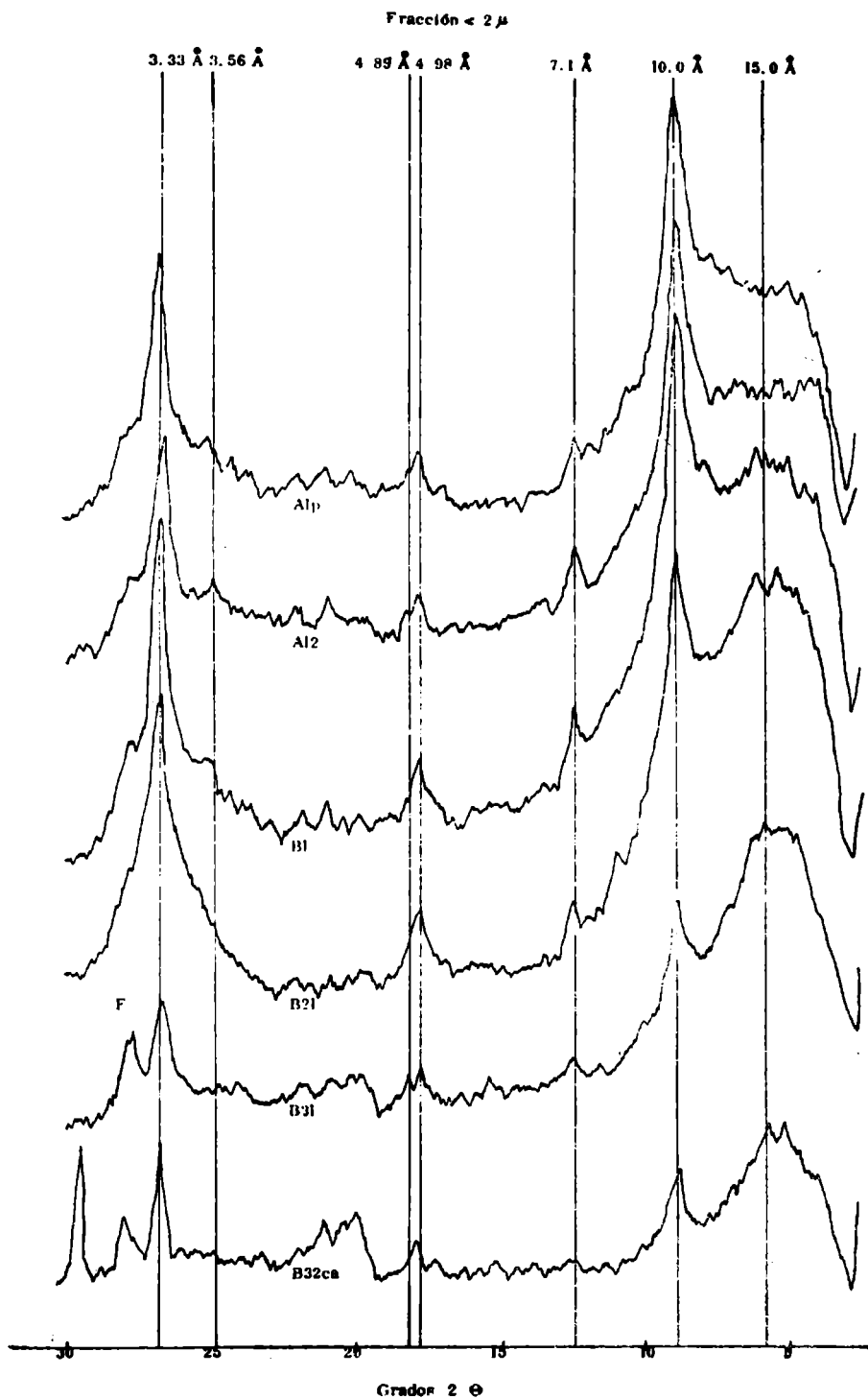


Fig. 2. — Difractogramas del Perfil de la serie Ranallo (muestras sin tratamiento)

**Análisis físico-químico del perfil de la Serie Ramallo**

Horizonte .....	Alp	Al2	B1	B21	B22	B21	B22	B21	B22	B32ca
Profundidad (cm).....	0-15	15-28	28-38	38-75	75-107	107-130	130-200			
Factor de humedad.....	1,03	1,04	1,06	1,07	1,09	1,06	1,09			
<b>Materia orgánica :</b>										
C (% ).....	1,70	1,33	0,78	0,60	0,30	0,22	0,15			
N (% ).....	0,167	0,132	0,078	0,060	0,048	0,035	—			
C/N.....	10	10	10	10	6	6				
<b>Textura en % :</b>										
Arcilla (< 2 μ).....	25,1	31,7	34,8	53,6	46,4	44,1	26,4			
Limo (2-20 μ).....	38,4	34,4	34,5	23,0	26,3	25,8	29,1			
Limo (2-50 μ).....	68,6	63,4	59,6	41,4	48,6	51,1	60,4			
Arena muy fina (50-100 μ).....	5,8	4,4	5,1	4,6	4,7	4,5	5,8			
» fina (100-250 μ).....	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,9			
» media (250-500 μ).....	0	0	0	0	0	0	0			
» gruesa (500-1000 μ).....	0	0	0	0	0	0	0			
» muy gruesa (1000-2000 μ).....	0	0	0	0	0	0	0			
CaCO <sub>3</sub> (% ) V.....	0	0	0	0	vest.	0	6,5 *			
Equivalente de humedad %.....	26,5	30,0	28,8	44,7	38,5	38,8	33,4			

**Análisis físico-químico del perfil de la Serie Ramallo (Concl.)**

Horizonte .....	Alp	Al2	F-1	B21	B22	B31	B32ca
Resistencia de la pasta Ohms/cm ...	4360	4360	4186	1518	1046	1518	1221
pH en pasta.....	5,8	5,7	5,7	5,7	6,9	6,1	7,8
pH en H <sub>2</sub> O (1:2,5).....	6,4	6,5	6,4	6,7	7,7	7,4	8,4
pH en 1 N KCl (1:2,5).....	5,2	5,1	5,0	4,9	6,3	5,3	7,1
Conductividad (mmhos/cm).....	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	0,43	<0,5	0,59
<b>Cat. de cambio (m. e./100 gr):</b>							
Ca <sup>++</sup> .....	11,7	13,2	12,2	22,7	24,6	21,2	
Mg <sup>++</sup> .....	3,2	4,0	3,8	8,0	8,2	7,8	
Na <sup>+</sup> .....	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	
K <sup>+</sup> .....	1,5	1,0	0,5	1,6	1,6	1,5	
% agua de saturación.....							
Valor S (m. e./100 gr).....	16,7	18,5	16,9	32,8	34,0	31,1	
H cambio (m. e./100 gr).....	7,7	8,1	7,2	9,2	6,9	6,5	
Valor T (m. e./100) NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ó Na <sup>+</sup> ...	18,6	20,8	18,4	36,9	34,9	31,9	43,5 *
<b>% de saturación :</b>							
de T .....	90	89	92	89	97	97	
de S + H.....	68	69	70	78	83	83	

*Observaciones: \* más 3 % de concreciones grandes.*

B32ca (130-200 cm +); pardo (7,5 YR 5/4) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques subangulares medios débiles que rompe a masiva; friable en húmedo; no plástico, no adhesivo; moteados de Fe y Mn escasos, finos y débiles; concreciones de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  abundantes; pH 8,4.

En todo el horizonte B21 se observan grietas, en algunos casos rellenas de material proveniente de los horizontes superiores, de hasta 1,5 cm de espesor.

### Clasificación

Argiudol vértico.

### Mineralogía de la fracción arcilla

En este perfil, los diagramas de difracción de rayos X (fig. 2) y la estimación cuantitativa realizada sobre los mismos (tabla 1) muestran un claro predominio de montmorillonita (15 Å) en el horizonte B32ca, que disminuye gradualmente hacia arriba hasta desaparecer casi por completo en el horizonte A.

Por el contrario, la proporción de illita (10 Å) y de caolinita (7,1 Å) aumenta hacia este horizonte, presentando además en este sentido un mayor grado de cristalinidad, que es más evidente aún en el caso de la illita. La caolinita aparece prácticamente en el horizonte B31, y se incrementa en

**TABLA 1**  
**Perfil Ramallo**

Horizonte	Profundidad	Montmorillonita	Illita	Caolinita	Feldespatos
	cm	%	%	%	%
Alp .....	0- 15	15	75	10	—
A12 .....	15- 28	15	75	10	—
B1 .....	28- 38	20	70	10	—
B21 .....	38- 75	25	67	8	—
B31 .....	107-130	35	50	5	10
B32ca .....	130-220	40	50	—	10

cantidad hacia la superficie. El feldespato (F) que acompaña a la fracción es más abundante en los horizontes inferiores y desaparece en la parte superior.

Se ha podido observar en los diagramas de las muestras glicoladas y calcinadas que las interestratificaciones, de una naturaleza illita-montmorillonita, montmorillonita-clorita, son más abundantes en los horizontes superiores.

Por último, se identificó la presencia de gibsita (4,89 Å), con una distribución errática.

#### SERIE URQUIZA

Ocupa la posición de lomas planas, concordante con áreas de divisorias de aguas. El material parental de estos suelos es de tipo loésico, franco limoso a franco arcillo limoso, y se encuentran en un relieve de tipo normal-subnormal, cuyas pendientes son inferiores al 1 %. Se trata de suelos bien drenados (clase 4).

#### Descripción del perfil

- Ap (0-14 cm); pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo; franco limoso; estructura granular media moderada; friable en húmedo; no plástico, no adhesivo; pH 5,4; abundantes raíces; límite abrupto suave.
- A12 (14-28 cm); pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques subangulares medios moderados a granular; friable en húmedo; no plástico, no adhesivo; pH 5,5; abundantes raíces; límite claro suave.
- B1 (28-38 cm); pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques subangulares medios moderados; friable en húmedo; ligeramente plástico; ligeramente adhesivo; escasos barnices; pH 5,5; moderadas raíces y lenguas de materia orgánica; límite claro suave.
- B21 (38-70 cm); pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/2) en húmedo; arcillo limoso; estructura prismática gruesa fuerte; firme en húmedo; plástico, adhesivo; abundantes barnices; pH 6,0; escasas raíces y lenguas de materia orgánica; límite claro suave.

**Análisis físico químico del perfil de la Serie Urquiza**

Horizonte.....	A1p	A12	B1	B21	B:2	B11	B32	B33	Cca
Profundidad (cm).....	0-14	14-28	28-38	38-70	70-100	100-130	130-180	180-220	220-250
Factor de humedad.....	1,03	1,03	1,04	1,06	1,07	1,07	1,05	1,05	1,04
<b>Materia orgánica:</b>									
C (%).....	1,98	1,62	1,11	0,70	0,35	0,20	0,10	0,07	0,06
N (%).....	0,198	0,156	0,110	0,074	0,044	—	—	—	—
C/N.....	10	10	10	9	8	—	—	—	—
<b>Textura en %:</b>									
Arcilla (< 2 μ).....	26,4	26,0	31,7	43,2	37,5	35,6	31,4	25,6	24,0
Limo (2-20 μ).....	32,3	32,5	29,3	25,5	30,9	28,7	29,8	33,1	32,6
Limo (2-50 μ).....	68,0	66,5	60,4	50,5	56,3	57,8	60,5	66,4	65,7
Arena muy fina (50-1000 μ).....	7,1	7,0	7,5	5,9	5,8	6,2	7,5	7,3	7,9
» fina (100-250 μ).....	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,7	0,6
» media (250-500 μ).....	0	0	0	0	0	0	0	0	0
» gruesa (500-1000 μ).....	0	0	0	0	0	0	0	0	0
» muy gruesa (1000-2000 μ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CaCO <sub>3</sub> (%) V.....	0	0	0	0	0	0	0	0	1,8
Equivalente de humedad (%).....	28,0	27,9	27,7	34,1	34,6	31,3	29,6	29,7	28,5

**Análisis físico químico del perfil de la Serie Urquiza (Concl.)**

Horizonte.....	Alp	Al2	B1	B21	B22	B31	B32	B33	Con
Resistencia de la pasta Ohms/cm ..	1524	2390	3256	1769	1542	1882	2163	1655	1787
pH en pasta .....	5,0	5,0	5,0	5,1	5,5	5,5	5,5	6,9	7,2
pH en H <sub>2</sub> O (1:2,5).....	5,4	5,5	5,5	6,0	6,5	6,6	6,5	7,5	7,8
pH en 1 N KCl (1:2,5) .....	4,8	4,7	4,5	4,4	4,7	4,6	4,7	6,1	6,5
Conductividad (mhos/cm).....	<0,7	<0,3	<0,2	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
<b>Cat. de cambio (m. e./100 gr):</b>									
Ca <sup>++</sup> .....	11,0	11,0	11,0	16,0	18,2	15,9	14,6	20,9	—
Mg <sup>++</sup> .....	3,3	3,8	3,6	6,0	5,3	6,1	5,8	4,5	
Na <sup>+</sup> .....	0,3	0,5	0,4	0,7	0,6	0,5	0,7	0,8	
K <sup>+</sup> .....	2,5	1,4	0,9	1,5	1,9	1,8	1,7	2,0	
<b>% agua de saturación .....</b>									
Valor S (m. e./100 gr).....	17,1	16,7	15,9	24,2	26,0	21,3	22,8	28,2	
H cambio (m. e./100 gr).....	6,8	6,6	6,2	6,6	5,5	4,5	4,4	2,7	
Valor T (m. e./100) NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ó Na <sup>+</sup> ....	21,4	20,8	19,7	27,6	28,7	26,5	24,3	27,9	25,0
<b>% de saturación :</b>									
de T.....	80	80	80	87	91	92	94	100	
de S + T.....	72	72	72	78	82	84	84	91	

**TABLA 2**  
**Perfil Urquiza**

Horizonte	Profundidad	Montmorillonita	Illita	Caolinita	Feldespató
	cm	%	%	%	%
A12 .....	14- 28	10	85	5	—
B1 .....	28- 38	15	75	10	—
B21 .....	38- 70	20	72	8	—
B22 .....	70-100	25	65	5	5
B31 .....	100-130	30	65	—	5
B32 .....	130-180	30	60	5	5
Cca .....	220+	30	65	—	5

- B22 (70-100 cm); pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura prismática media moderada; firme en húmedo; plástico y adhesivo; abundantes barnices; pH 6,5; escasas raíces y lenguas de materia orgánica; límite gradual suave.
- B31 (100-130 cm); pardo (7,5YR 5/4) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura prismática fina débil; friable en húmedo; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; moderados barnices; pH 6,6; vestigios de raíces y canaliculos llenos de materia orgánica; límite gradual suave.
- B32 (130-180 cm); pardo fuerte (7,5 YR 5/6) en húmedo; franco arcillo limoso; friable en húmedo; no plástico, no adhesivo; escasos barnices; pH 6,5; vestigios de raíces; límite claro suave.
- B33 (180-220 cm); amarillo rojizo (7,5YR 6/6) en húmedo; franco limoso a franco arcillo limoso; estructura en bloques subangulares medios moderados; friable en húmedo; no plástico, no adhesivo; escasos barnices; moteados de Fe escasos finos débiles; concreciones de CO<sub>3</sub>Ca; pH 7,5; vestigios de raíces; límite gradual suave.
- C (220-240 cm +); amarillo rojizo (7,5YR 6/6) en húmedo; franco limoso; estructura masiva; friable en húmedo; no plástico, no adhesivo; pH 7,8; vestigios de raíces.

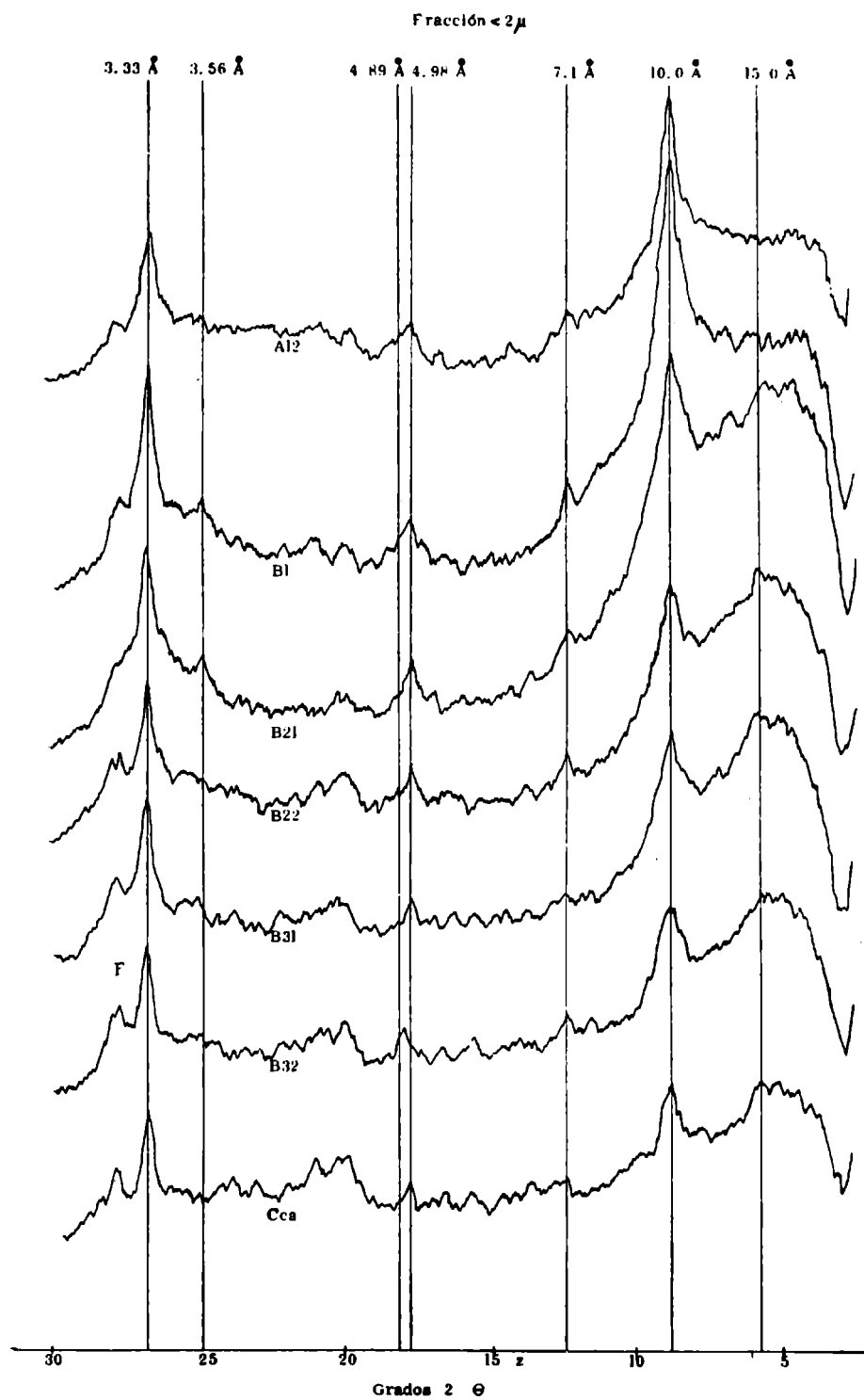


Fig. 3. — Difractogramas del Perfil de la serie Urquiza (muestras sin tratamiento)

## Clasificación

Argiudol típico.

## Mineralogía de la fracción arcilla

Los diagramas de difracción de esta serie (fig. 3 y tabla 2) nos muestran una variación similar a la del perfil correspondiente a Ramallo. La única diferencia estriba en que la proporción de montmorillonita (15 Å) se mantiene constante desde el horizonte B31 hasta el horizonte C. Por lo demás, la interpretación es idéntica a la de aquel.

## SERIE ARROYO DULCE

Geomorfológicamente se ubica en posición de lomas moderadamente convexas, constituidas por materiales loésicos franco limosos sobre un relieve de tipo normal. Se asocia a pendientes que varían entre 1 y 3 %, siendo suelos bien drenados (clase 4).

### Descripción del perfil

- Ap (0-12 cm); pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques subangulares medios moderados; friable en húmedo; no plástico, no adhesivo; pH 6,2; abundantes raíces; límite abrupto suave.
- A12 (12-30 cm); pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo; franco limoso; estructura en bloques subangulares y angulares medios moderados; friable en húmedo; no plástico, no adhesivo; pH 6,5; abundantes raíces; límite claro suave.
- B1 (30-41 cm); pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques subangulares finos débiles; friable en húmedo; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; escasos barnices; pH 6,5; abundantes raíces; límite claro suave.
- B21 (41-68 cm); pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo; arcillo limoso; estructura prismática media moderada; firme en húmedo; moderadamente plástico, moderadamente adhesivo; abundantes barnices; pH 6,7; límite claro suave.

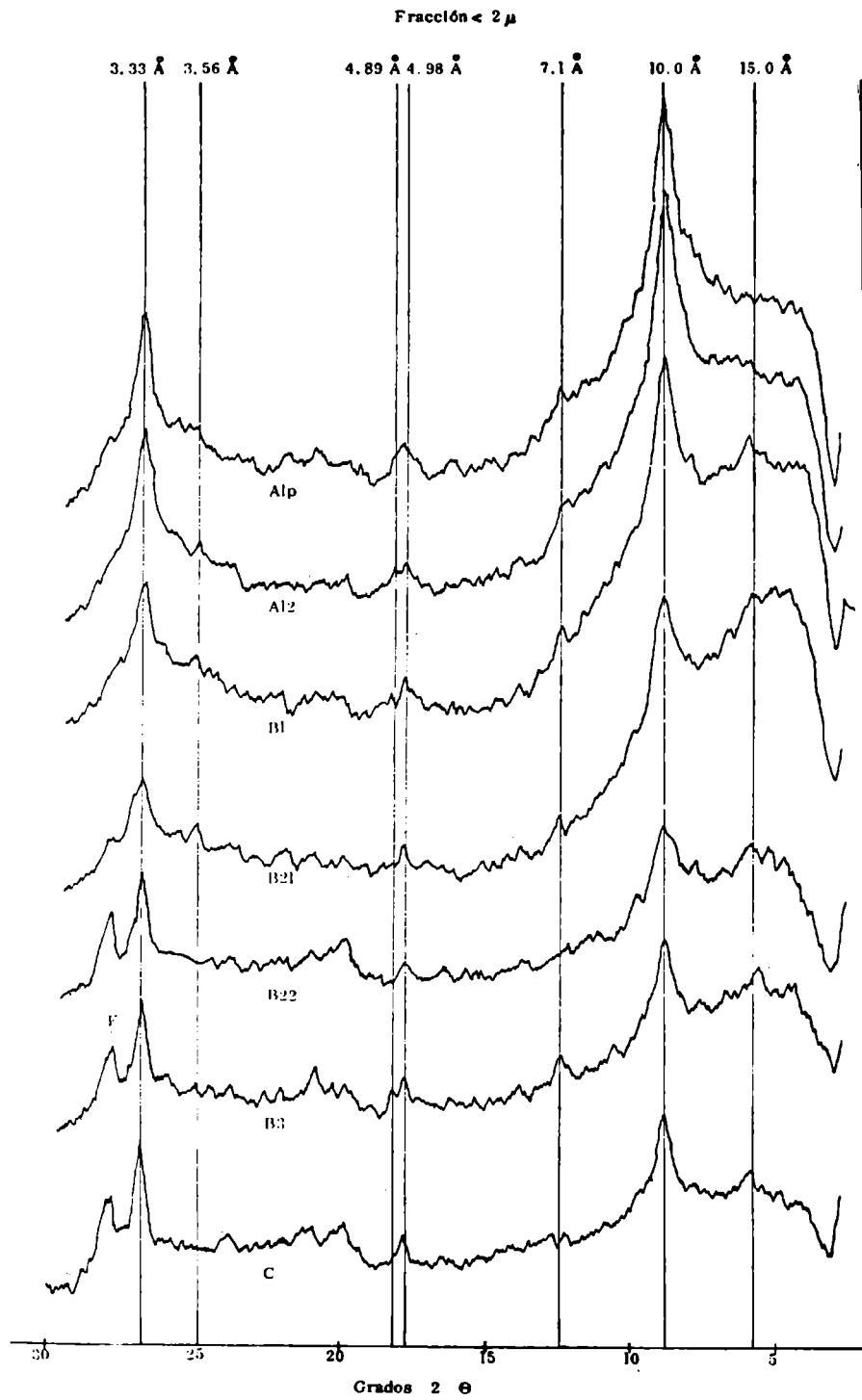


Fig. 4. — Difractogramas del Perfil de la serie Arroyo Dulce (muestras sin tratamiento)

**Análisis físico-químico del perfil de la Serie Arroyo Dulce**

Horizonte .....	Ap	Al <sup>2</sup>	B1	P21	B22	E3	C
Profundidad (cm).....	0-12	12-30	30-11	41-68	68-87	87-110	110-160
Factor de humedad .....	1,03	1,03	1,02	1,07	1,03	1,06	1,03
<b>Materia orgánica :</b>							
C (%) .....	2,03	1,60	1,01	0,68	0,29	0,23	0,13
N (%).....	1,88	0,162	0,100	0,079	0,034	—	—
C/N.....	11	10	10	8	8	—	—
<b>Textura %:</b>							
Arcilla (< 2 μ) .....	22,0	27,5	28,1	40,7	29,5	26,2	24,0
Limo (2-20 μ).....	25,7	25,7	23,8	20,8	24,1	24,4	24,1
Limo (2-50 μ).....	57,7	54,5	54,5	43,8	53,7	55,9	55,6
Arena muy fina (50-100 μ).....	19,6	17,4	16,9	15,0	16,2	17,0	19,6
» fina (100-250 μ).....	0,7	0,6	0,5	0,5	0,6	0,9	0,8
» arena media (250-500 μ) ..	0	0	0	0	0	0	0
» gruesa (500-1000 μ).....	0	0	0	0	0	0	0
» muy gruesa (1000-2000 μ) ..	0	0	0	0	0	0	0
CaCO <sub>3</sub> (%) V .....	0	0	0	0	0	0	0
Equivalente de humedad (%).....	24,5	26,4	25,9	31,4	29,1	27,2	24,1

**Análisis físico-químico del perfil de la Serie Arroyo Dulce (Concl.)**

Horizonte.....	A <sub>p</sub>	A <sub>12</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>21</sub>	B <sub>22</sub>	B <sub>3</sub>	C
Resistencia de la pasta Ohms/cm...	2983	4033	3562	2436	2595	2500	3707
pH en pasta .....	5,4	5,6	5,6	5,4	5,5	5,5	5,7
pH en H <sub>2</sub> O (1:2,5) .....	6,2	6,5	6,5	6,7	6,7	6,7	6,8
pH en 1 N KCl (1:2,5) .....	4,9	5,0	5,0	4,6	4,6	4,6	4,8
Conductividad (mmhos/cm) .....	<0,3	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
<b>Cat. de cambio (m. e./100 gr) :</b>							
Ca <sup>++</sup> .....	12,2	13,4	11,9	15,3	14,1	13,3	12,3
Mg <sup>++</sup> .....	3,8	3,7	3,9	5,5	5,9	5,3	5,0
Na <sup>+</sup> .....	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	1,4	0,8
K <sup>+</sup> .....	2,3	2,0	1,6	1,5	1,5	1,6	1,6
*%. agua de saturación .....							
Valor S (m. e./100 gr) .....	18,8	19,7	18,1	23,1	22,3	21,6	19,7
H cambio (m. e./100 gr) .....	6,0	5,9	4,9	6,0	4,3	5,1	3,3
Valor T (m. e./100) NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ó Na <sup>+</sup> ...	20,3	21,6	19,8	26,4	23,2	22,2	19,5
*%. de saturación :							
de T .....	93	92	92	89	96	97	100
de S + H .....	76	77	79	79	84	82	86

**TABLA 3**  
**Perfil Arroyo Dulce**

Horizonte	Profundidad	Mantmorillonita	Illita	Caolinita	Feldespatos
	cm	%	%	%	%
Alp.....	0- 12	5	85	10	—
A12 .....	12- 30	10	85	5	—
B1 .....	30- 41	15	75	10	—
B21 .....	41- 68	25	60	10	5
B22 .....	68- 87	20	70	—	10
B3 .....	87-110	15	65	10	10
C.....	110+	10	80	—	10

B22 (68-87 cm); pardo a pardo oscuro (7,5YR 3,5/2) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura prismática media moderada; friable en húmedo; moderadamente plástico, ligeramente adhesivo; moderados barnices; pH 6,7; moderadas raíces; límite gradual suave.

B3 (87-110 cm); pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo; franco limoso a franco arcillo limoso; estructura en bloques subangulares medios y finos moderados; friable en húmedo; no plástico, no adhesivo; pH 6,7; moderadas raíces; límite difuso suave.

C (110-160 cm +); pardo a pardo oscuro (7,5YR 4,5/4) en húmedo; franco limoso; estructura masiva; muy friable en húmedo; no plástico, no adhesivo; pH 6,8; vestigios de raíces.

#### Clasificación

Argiudol típico.

#### Mineralogía de la fracción arcilla

Es posible notar en los diagramas de difracción de Rayos X (fig. 4 y tabla 3) que existe una mayor concentración de montmorillonita (15 Å) en el horizonte B21, a partir del cuál disminuye progresivamente en ambos sentidos. Es decir, tanto hacia el horizonte A como hacia el horizonte C.

El comportamiento de la illita (10 Å) es más regular. Este mineral aumenta su proporción y cristalinidad hacia el horizonte A, mientras que la caolinita (7,1 Å) y la gibsita (4,89 Å) muestran una distribución irregular.

Finalmente, es posible deducir que la proporción de feldespato (F) disminuye marcadamente hacia el horizonte A, al contrario de los minerales interestratificados en los cuáles son más ricos los horizontes superiores.

### SERIE ROJAS

Se localiza en el paisaje en posición de lomas planas a débilmente convexas, cuya constitución es loésica de textura franca. El relieve es de tipo normal subnormal asociado a pendientes inferiores al 2 %, tratándose de suelos bien drenados (clase 4).

#### Descripción del perfil

- Ap (0-13 cm); pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco; estructura granular fina moderada; muy friable en húmedo; no plástico, no adhesivo; pH 6,0; abundantes raíces; límite abrupto suave.
- A12 (13-26 cm); gris muy oscuro (10 YR 3/1) en húmedo; franco; estructura en bloques angulares medios moderados; muy friable en húmedo; no plástico; no adhesivo; pH 6,0; larvas de dípteros abundantes; límite claro suave.
- B1 (26-36 cm); pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; bloques subangulares medios moderados; friable en húmedo; ligeramente plástico; ligeramente adhesivo; escasos barnices; pH 6,7; moderadas raíces; límite claro suave.
- B21 (36-62 cm); pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/2) en húmedo; franco arcilloso; estructura prismática media moderada; firme en húmedo; moderadamente plástico, moderadamente adhesivo; moderados barnices; pH 6,9; escasas raíces; límite gradual suave.
- B22 (62-78 cm); pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/2) en húmedo; franco a franco arcilloso; estructura prismática

**Análisis físico químico del perfil de la Serie Rojas**

Horizonte .....	Ap	A12	B1	B21	B22	B3	C1	C2ca
Profundidad (cm).....	0-13	13-26	26-36	36-62	62-78	78-115	115-235	235-275
Factor de humedad .....	1,04	1,05	1,06	1,07	1,07	1,04	1,03	1,03
<b>Materia orgánica :</b>								
C (%)	1,77	1,77	1,00	0,44	0,33	0,23	0,13	
N (%)	0,172	0,173	0,115	0,040	0,038	0,030	-	
C/N.....	10	10	9	9	8	7		
<b>Textura en % :</b>								
Arcilla (< 2 $\mu$ ).....	22,9	23,7	25,5	35,5	27,8	16,9	14,4	12,3
Limo (2-20 $\mu$ ).....	20,4	17,9	14,6	13,4	13,9	13,0	13,4	12,9
Limo (2-50 $\mu$ ).....	49,4	46,8	48,3	39,0	42,0	43,8	46,6	52,3
Arena muy fina (50-100 $\mu$ ).....	26,8	28,6	25,0	21,4	29,2	37,7	37,3	31,1
» fina (100-250 $\mu$ ).....	0,9	0,9	1,2	1,1	1,0	1,6	1,7	2,2
» media (250-500 $\mu$ ).....	0	0	0	0	0	0	0	0
» gruesa (500-1000 $\mu$ ).....	0	0	0	0	0	0	0	0
» muy gruesa (1000-2000 $\mu$ )	0	0	0	0	0	0	0	0
CaCO <sub>3</sub> (% ) V.....	0	0	0	0	0	0	0	2,1
Equivalente de humedad (% ).....	21,8	22,1	22,5	25,8	23,3	15,9	14,2	14,6

**Análisis físico químico del perfil de la Serie Rojas (Concl.)**

Horizonte .....	AP	A12	B1	B21	B22	B3	C1	C2ca
Resistencia de la pasta Ohms/cm..	3838	3798	5656	3798	4448	5656	6666	4616
pH en pasta .....	5,9	5,9	6,0	6,0	6,1	6,3	6,7	9,0
pH en H <sub>2</sub> O (1:2,5).....	6,0	6,0	6,7	6,9	6,7	7,1	7,2	8,4
pH en 1 N KCl (1:2,5).....	5,2	5,3	5,4	5,3	5,4	5,4	5,5	7,3
Conductividad (mmhos/cm).....								
<b>Cat. de cambio (m. e./100 gr):</b>								
Ca <sup>++</sup> .....	11,1	10,5	10,5	11,1	11,2	7,6	7,3	
Mg <sup>++</sup> .....	2,9	4,1	3,4	5,2	5,2	5,2	4,6	
Na <sup>+</sup> .....	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
K <sup>+</sup> .....	1,8	1,8	1,2	1,1	1,1	1,1	1,5	1,6
% agua de saturación.....	40	43	44	45	45	30	29	30
Valor S (m. e./100 gr).....	16,0	16,6	15,3	17,6	17,7	14,1	13,6	
H cambio (m. e./100 gr).....	6,3	5,9	4,9	4,5	3,7	2,9	1,8	
Valor T (m. e./100) NH <sub>4</sub> + 6 Na <sup>+</sup> ..	18,1	18,4	17,0	20,5	18,7	14,0	12,5	8,2
<b>% de saturación :</b>								
de T .....	88	90	90	86	95	100	100	—
de S + H .....	72	74	76	79	83	83	88	

**TABLA 4**  
**Perfil Rojas**

Horizonte	Profundidad	Montmorillonita	Illita	Caolinita	Feldespatos
	cm	%	%	%	%
A12 .....	13- 26	5	80	10	5
B1 .....	26- 36	10	80	5	5
B21 .....	36- 62	25	65	5	5
B22 .....	62- 78	15	75	10	10
B3 .....	78-115	15	70	5	10
C .....	115+	10	70	10	10

media débil; friable en húmedo; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; escasos barnices; pH 6,7; escasas raíces; límite gradual suave.

B3 (78-115 cm); pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo; franco; estructura en bloques angulares medios débiles; friable en húmedo; no plástico, no adhesivo; muy escasos barnices; pH 7,1; escasas raíces y manchas de materia orgánica; límite difuso suave.

C (115-200 cm +); pardo (7,5YR 5/4) en húmedo; franco; estructura masiva; suelto en húmedo; no plástico, no adhesivo; pH 7,2; vestigios de raíces.

#### Clasificación

Argiudol típico.

#### Mineralogía de la fracción arcilla

Los diagramas que corresponden al perfil de esta serie (fig. 5 y tabla 4) muestran la distribución y variación mineralógica siguiente: la montmorillonita (15 Å) tiene una máxima concentración en el horizonte B21, disminuyendo en forma más marcada hasta el horizonte A que hacia el horizonte C.

Por su parte, la illita (10 Å) aumenta ligeramente en proporción y cristalinidad hacia el horizonte A.

La caolinita (7,1 Å), la gibsitita (4,89 Å) y los inter-

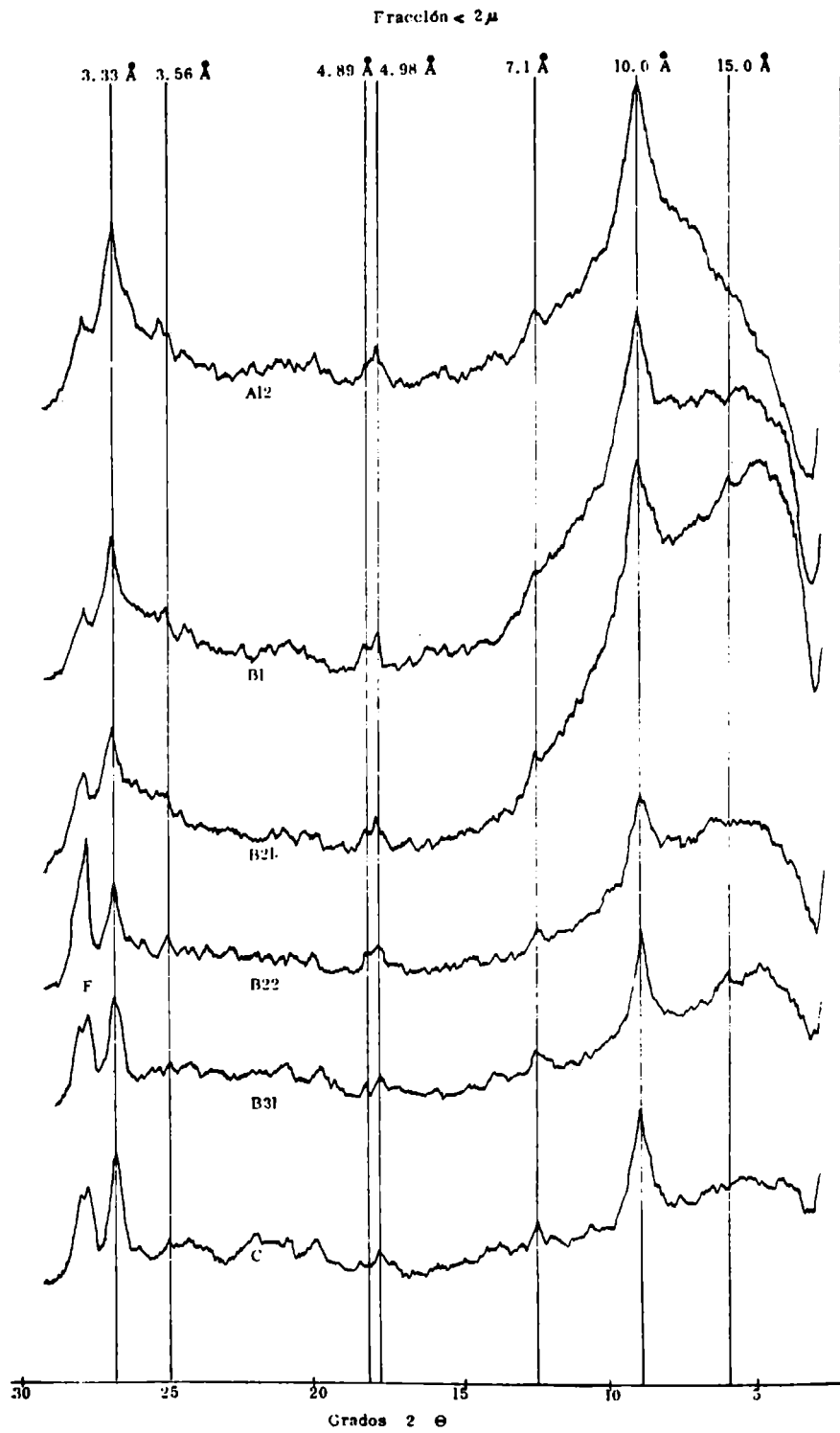


Fig. 5. — Difractogramas del Perfil de la serie Rojas (muestras sin tratamiento)

estratificados se encuentran presentes prácticamente en todos los horizontes. El feldespato (F), si bien es más abundante en los horizontes inferiores, se encuentra en todo el perfil.

### SERIE JUNIN

Se ubica sobre lomas débilmente convexas de un paisaje eólico estabilizado, de sedimentos franco arenosos, cuyo relieve es normal, con pendientes de 0 a 3 %. Se trata de suelos bien drenados a algo excesivamente drenados (clase 4-5).

#### Descripción del perfil

- Ap (0-16 cm); pardo grisáceo a pardo grisáceo oscuro (10 YR 4,5/2) en seco; pardo muy oscuro (10 YR 2/2) en húmedo; franco arenoso; estructura en bloques subangulares finos moderados que rompen a granular; friable en húmedo; ligeramente plástico, no adhesivo; pH 6,1; abundantes raíces; límite abrupto suave.
- A12 (26-30 cm); pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en seco; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco arenoso; estructura en bloques subangulares medios moderados que rompen a bloques finos; friable en húmedo; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; pH 5,9; abundantes raíces; límite claro suave.
- B2 (30-70 cm); pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en seco; pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; franco arenoso; estructura en bloques subangulares medios gruesos moderados que rompen a bloques finos; friable en húmedo; ligeramente plástico, no adhesivo; pH 7,3; moderadas raíces; escasas krotovinas; límite claro suave.
- B3 (70-126 cm); pardo amarillento (10YR 5/4) en seco; pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo; franco arenoso; estructura en bloques subangulares medios débiles que rompen a grano simple; muy friable en húmedo; no plástico, no adhesivo; pH 7,5; moderadas raíces; límite gradual suave.
- C (126-150 cm +); pardo amarillento claro (10YR 6/4) en

**Análisis físico químico del perfil de la Serie Junín**

Horizonte.....	A11	A12	B2	B3	C
Profundidad (cm).....	0-16	16-30	30-70	70-126	126-
Factor de humedad.....	1,03	1,03	1,05	1,03	1,03
<b>Materia orgánica :</b>					
C (°/o).....	1,15	1,03	0,91	0,16	0,10
N (°/o).....	0,113	0,103	0,092	—	—
C/N.....	10	10	10		
<b>Textura en % :</b>					
Arcilla (< 2 $\mu$ ).....	15,2	16,3	16,3	11,8	11,3
Limo (2-20 $\mu$ ).....	9,5	9,1	8,4	8,6	6,4
Limo (2-50 $\mu$ ).....	26,3	25,0	24,4	21,6	21,5
Arena muy fina (50-100 $\mu$ )....	53,3	53,1	54,1	60,5	59,9
» fina (100-250 $\mu$ ).....	5,2	5,6	5,2	6,1	7,3
» media (250-500 $\mu$ ).....	0	0	0	0	0
» gruesa (500-1000 $\mu$ ) ...	0	0	0	0	0
» m. gruesa (1000-2000 $\mu$ )	0	0	0	0	0
CaCO <sub>3</sub> (°/o) V.....	0	0	0	0	0
Equivalente de humedad (°/o) ..	14,4	14,4	14,1	12,1	10,4
Resistencia de la pasta Ohms/cm	4531	7486	7092	9850	14381
pH en pasta.....	5,6	5,9	6,2	6,5	6,8
pH en H <sub>2</sub> O (1 : 2,5).....	6,1	6,4	7,3	7,5	7,9
pH en 1 N KCl (1 : 2,5).....	5,3	5,5	5,5	5,7	5,9
Conductividad (mmhos/cm)....					
<b>Cat. de cambio (m. e./100 gr) :</b>					
Ca <sup>++</sup> .....	9,2	9,9	9,0	8,4	6,6
Mg <sup>++</sup> .....	1,7	1,5	2,2	2,5	3,6
Na <sup>+</sup> .....	0,5	0,9	0,3	0,6	0,6
K <sup>+</sup> .....	1,2	1,3	0,6	0,6	0,8
% agua de saturación.....	30	28	30	25	25
Valor S (m. e./100 gr).....	12,6	13,6	12,1	12,1	11,6
H cambio (m. e./100 gr).....	4,5	4,7	2,7	1,9	1,6
Valor T (m.e./100) NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> + 6 Na <sup>+</sup> ..	14,2	14,8	12,6	11,7	10,8
<b>% de saturación :</b>					
de T.....	88	92	96	100	100
de S + H.....	74	75	82	87	88

*Observaciones :* Horizonte C, arenas.

**TABLA 5**  
**Perfil Junín**

Horizonte	Profundidad	Montmorillonita	Illita	Caolinita	Feldespato
	cm	%	%	%	%
A1p .....	0- 16	—	85	—	15
A12 .....	16- 30	10	70	10	10
B2 .....	30- 70	10	75	—	15
B3 .....	70-126	20	65	—	15
C .....	126+	10	75	—	15

seco; pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo; franco arenoso; bloques subangulares medios y finos débiles que rompen a grano simple; suelto en húmedo; ligeramente duro en seco; no plástico, no adhesivo; pH 7,9; moderadas raíces.

Clasificación

Hapludol típico.

Mineralogía de la fracción arcilla

En este perfil (fig. 6 y tabla 5), la montmorillonita (15 Å) tiene una máxima concentración en el horizonte B3, a partir del cuál disminuye en ambos sentidos.

La illita (10 Å) permanece constante, y la caolinita (7,1 Å) sólo se presenta definida en el horizonte A12.

El feldespato (F) es abundante en todos los horizontes.

Se puede notar además en el diagrama una inflexión en la zona de los 4,45 Å, que se atribuye a la presencia de material amorfo.

SERIE SAFORCADA

Se desarrolla en las crestas de un relieve medanoso constituido por materiales de textura areno franca, cuyo tipo de relieve es normal, con pendientes que oscilan entre 3 y 5 %. Son suelos algo excesivamente drenados (clase 5).

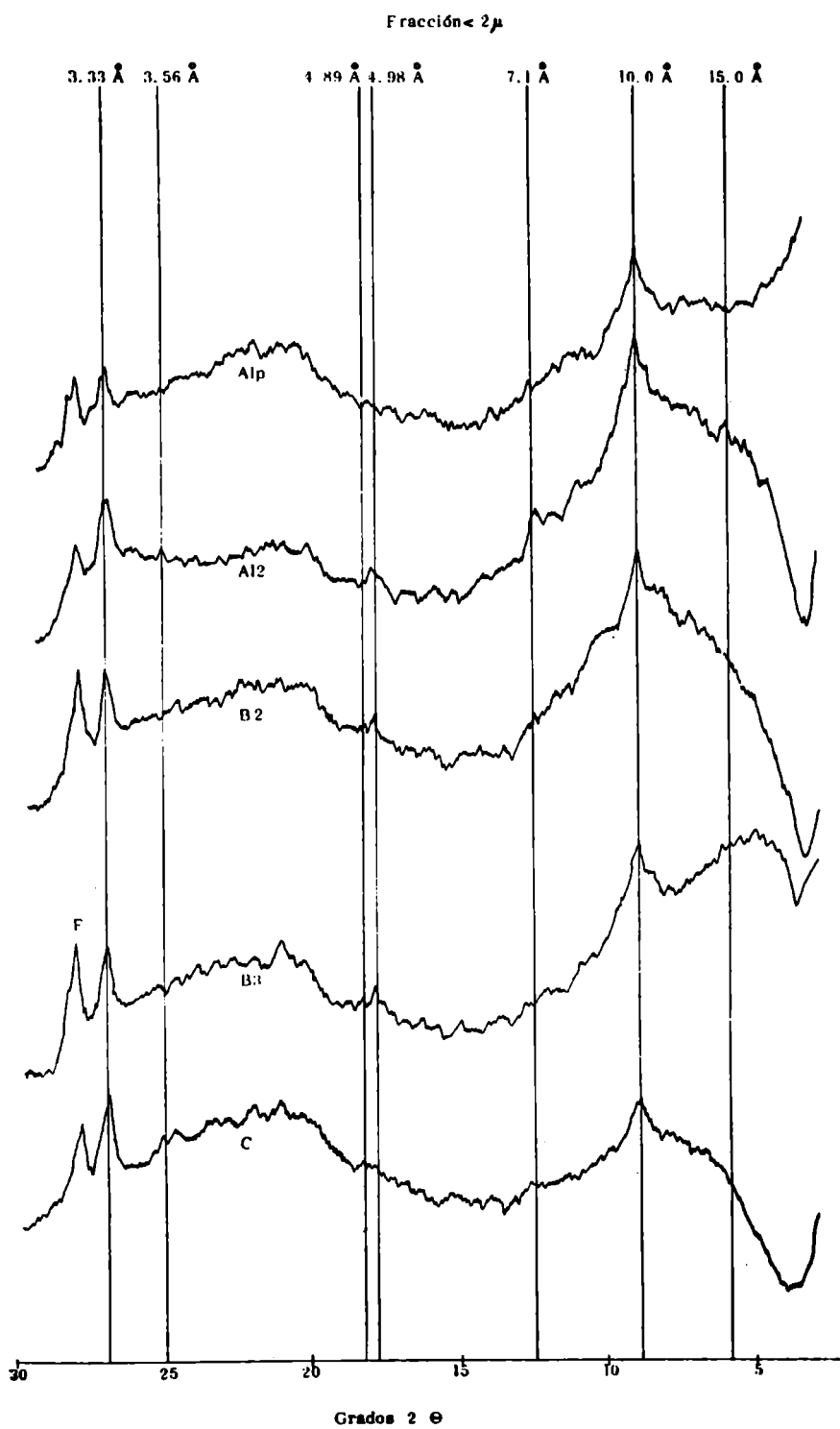


Fig. 6. — Difractogramas del Perfil de la serie Junín (muestras sin tratamiento)

### Descripción del perfil

- Ap (0-16 cm); pardo grisáceo (10YR 5/2) en seco; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; areno franco; estructura granular media moderada rompe a grano simple; pH 6,1; suelto en húmedo; no plástico, no adhesivo; abundantes raíces; krotovinas escasas; límite abrupto suave.
- A12 (16-38 cm); pardo grisáceo a pardo grisáceo oscuro (10YR 4,5/2) en seco; pardo grisáceo muy oscuro a pardo muy oscuro (10YR 2,5/2) en húmedo; estructura en bloques medios débiles que rompen a granular; pH 6,7; muy friable en húmedo; no plástico, no adhesivo; abundantes raíces; krotovinas; límite claro suave.
- AC (38-73 cm); pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en seco; pardo grisáceo oscuro a pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3,5/3) en húmedo; areno franco; estructura en bloques subangulares medios débiles que rompen a granular y grano simple; pH 6,7; muy friable a suelto en húmedo; no plástico, no adhesivo; abundantes raíces; límite claro suave.
- C (73-140 cm +); pardo amarillento (10YR 5,5/4) en seco; pardo amarillento (10YR 5,5/4) en húmedo; areno franco; estructura en bloques subangulares medios moderados que rompen a grano simple; pH 7,5; no plástico, no adhesivo; raíces moderadas.

### Clasificación

Hapludol éntico.

### Mineralogía de la fracción arcilla

En los diagramas correspondientes a esta serie (fig. 7 y tabla 6) no se observa ninguna variación de tipo cualitativo o cuantitativo, manteniéndose sus componentes en forma constante y uniforme desde el horizonte C hasta el horizonte A1.

**Análisis físico químico del perfil de la Serie Saforcada**

Horizonte .....	Ap	A12	A/C	C
Profundidad (cm).....	0-16	16-38	38-73	73-140
Factor de humedad .....	1,02	1,03	1,03	1,03
<b>Materia orgánica :</b>				
C (°/o).....	0,84	0,69	0,21	0,09
N (°/o).....	0,082	0,064	0,034	—
C/N.....	10	11	6	
<b>Textura en % :</b>				
Arcilla (< 2 $\mu$ ) .....	8,5	9,5	8,8	8,0
Limo (2-20 $\mu$ ) .....	4,6	3,4	3,9	2,6
Limo (2-50 $\mu$ ) .....	9,3	9,5	8,0	6,4
Arena muy fina (50-100 $\mu$ ) .....	67,7	66,4	67,6	69,4
» fina (100-250 $\mu$ ).....	14,5	14,6	15,6	16,1
» media (250-500 $\mu$ ).....	0	0	0	0
» gruesa (500-1000 $\mu$ ).....	0	0	0	0
» muy gruesa (1000-2000 $\mu$ )	0	0	0	0
CaCO <sub>3</sub> (°/o) V .....	0	0	0	0
Equivalente de humedad (°/o).....	9,6	10,3	8,6	7,3
Resistencia de la pasta Ohms/cm..	3891	9231	9231	9955
pH en pasta .....	5,7	6,0	6,2	6,8
pH en H <sub>2</sub> O (1 : 2,5).....	6,1	6,7	6,7	7,5
pH en 1 N KCl (1 : 2,5) .....	5,0	5,0	5,4	5,8
Conductividad (mhos/cm).....				
<b>Cat. de cambio (m. e./100 gr) :</b>				
C <sup>++</sup> .....	8,4	6,4	6,4	5,3
Mg <sup>++</sup> .....	1,4	1,6	2,9	2,6
Na <sup>+</sup> .....	0,2	0,2	0,3	0,4
K <sup>+</sup> .....	1,3	1,3	0,9	1,4
% agua de saturación .....	33	33	30	27
Valor S (m. e./100 gr).....	11,3	9,5	10,5	9,7
H cambio (m. e./100 gr).....	5,4	5,0	3,1	1,7
Valor T (m. e./100) NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ó Na <sup>+</sup> ..	12,9	13,1	11,0	10,5
<b>% de saturación :</b>				
de T .....	88	73	95	92
de S + H.....	68	65	78	85

**Observaciones :** Horizonte C, arenas.

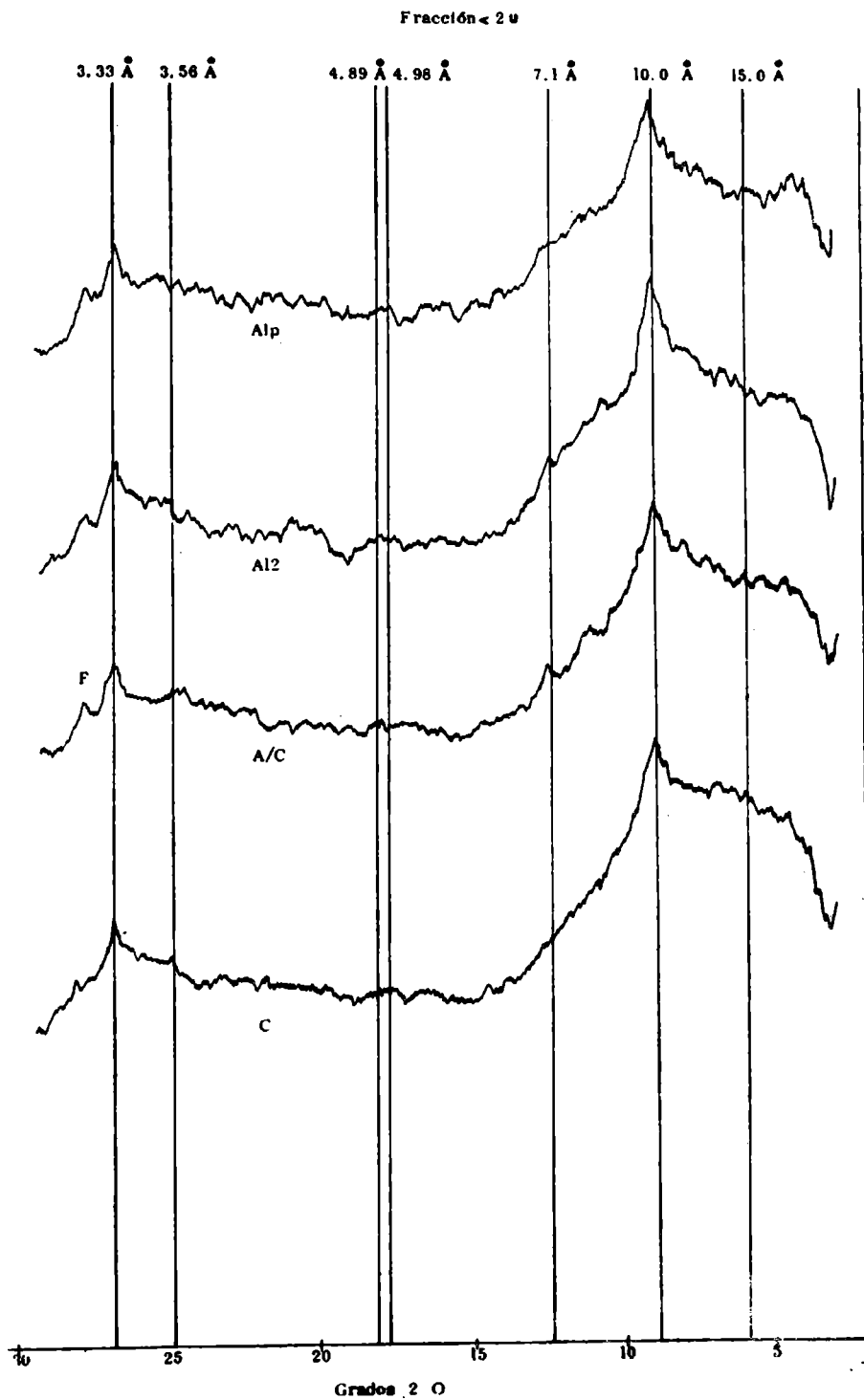
**TABLA 6**

Horizonte	Profundidad	Montmorillonita	Illita	Caolinita	Feldespatos
	cm	%	%	%	%
A1p .....	0- 16	10	85	—	5
A12 .....	16- 38	10	75	10	5
A/C.....	38- 73	10	75	10	5
C .....	73+	10	80	5	5

**INTERPRETACION**

En los perfiles Ramallo y Urquiza (tabla 7) el predominio de montmorillonita en los horizontes inferiores y su progresiva desaparición hacia el horizonte A, en relación inversa al aumento en proporción y grado de cristalinidad de la illita y de los minerales de arcilla interestratificados, nos está indicando un pasaje gradual de la montmorillonita a illita por medio de las interestratificaciones (illita-montmorillonita y montmorillonita-clorita). Esto se ve facilitado por los procesos edáficos y de alteración, que serían los más importantes, lo que no desecha la posibilidad de que, además de este fenómeno, se produzca la lixiviación de la fracción muy fina, la cuál, generalmente, es muy rica en montmorillonita. El proceso de alteración en estos suelos también está dado por el aumento de caolinita hacia la superficie, vinculado a una desaparición de los feldespatos, que se encuentran en la fracción menor de 2 micrones. Este mismo proceso de transformación de la montmorillonita fué encontrado por Klages y Southard (1968).

Los perfiles de Arroyo Dulce y Rojas (tabla 7) muestran una concentración de montmorillonita en el horizonte B21, a partir del cuál decrece en forma más marcada hacia el horizonte A que hacia el horizonte C. En estos suelos es posible que exista una lixiviación de la montmorillonita, que se con-



**Fig. 7.** — Difractogramas del Perfil de la serie Saforcón (muestras sin tratamiento)

**TABLA 7**

Horizonte	Profund.	Arcilla	C. E. C. calculada meq/100 gr de arcilla	Montmori- llonita	Illita	Caolinita	Feldesp.
	cm	%		%	%	%	%
<i>Perfil Ramallo</i>							
A1p . . . .	0- 15	25,1	47,01	15	75	10	—
A12 . . . .	15- 28	31,7	48,74	15	75	10	—
B1 . . . . .	28- 38	54,8	43,96	20	70	10	—
B21 . . . .	38- 75	53,6	64,36	25	67	8	—
B31 . . . .	107-130	44,1	70,52	35	50	5	10
B32ca . .	130-220	26,4	162,50	40	50	—	10
<i>Perfil Urquiza</i>							
A12 . . . .	14- 28	26,0	55,38	10	85	5	—
B1 . . . . .	28- 38	31,7	48,26	15	75	10	—
B21 . . . .	38- 70	43,2	57,40	20	72	8	—
B22 . . . .	70-100	37,5	72,80	25	65	5	5
B31 . . . .	100-130	35,6	72,19	30	65	—	5
B32 . . . .	130-180	31,4	76,11	30	60	5	5
Cca . . . .	220+	24,0	103,33	30	65	—	5
<i>Perfil Arroyo Dulce</i>							
A1p . . . .	0- 12	22,0	55,45	5	85	10	—
A12 . . . .	12- 30	27,5	55,27	10	85	5	—
B1 . . . . .	30- 41	28,1	52,22	15	75	10	—
B21 . . . .	41- 68	40,7	58,23	25	60	10	5
B22 . . . .	68- 87	29,5	74,91	20	70	—	10
B3 . . . . .	87-110	26,2	81,29	15	65	10	10
C . . . . .	110+	24,0	79,16	10	80	—	10
<i>Perfil Rojas</i>							
A12 . . . .	13- 26	23,7	44,72	5	80	10	5
B1 . . . . .	26- 36	25,5	51,79	10	80	5	5
B21 . . . .	36- 62	35,5	52,95	25	65	5	5
B22 . . . .	62- 78	27,8	62,58	15	75	10	10
B3 . . . . .	78-115	16,9	77,51	15	70	5	10
C . . . . .	115-235	14,4	83,33	10	70	10	10

**TABLA 7 (Concl.)**

Horizonte	Profund.	Arcilla	C. E. C. calculada meq/100 gr de arcilla	Montmori- llonita	Illita	Caolinita	Feldespatos
	cm	%		%	%	%	%
<i>Perfil Junín</i>							
A1p ....	0- 16	15,2	63,15	—	85	—	15
A12 ....	16- 30	16,3	65,64	10	70	10	10
B2 .....	30- 70	16,3	55,21	10	75	—	15
B3 .....	70-126	11,8	94,06	20	65	—	15
C .....	126+	11,3	92,03	10	75	—	15
<i>Perfil Saforcada</i>							
A1p ....	0- 16	8,5	112,94	10	85	—	5
A12 ....	16- 38	9,5	109,47	10	75	10	5
A/C ....	38- 73	8,8	115,90	10	75	10	5
C .....	73+	8,8	125,0	10	80	5	5

centra en el horizonte B, coincidiendo con el mayor porcentaje de arcilla. Pero además existe la transformación de montmorillonita hacia illita, con un aumento en el grado de cristalinidad y proporción de esta última hacia el horizonte A. En ambos perfiles, la caolinita, la gibsita y los feldespatos se encuentran presentes a lo largo de todo el perfil, siendo estos últimos más abundantes en el de la serie Rojas.

En el caso del perfil de Junín (tabla 7), la mineralogía de las arcillas es completamente diferente a las anteriores y excepto una pequeña concentración de montmorillonita en el horizonte B3, no se observan mayores variaciones a lo largo del perfil, estando integrada, casi exclusivamente, por illita y feldespatos. Llama la atención la presencia de una inflexión en la zona de los 4,45 Å, que indicaría la presencia de material amorfo. Finalmente, en el perfil de Saforcada no es posible observar ninguna variación, ni en composición ni en grado de cristalinidad de los componentes, como se puede ver en la tabla 7.

Es decir que, en estos dos últimos perfiles (Junín y Saforcada) no existe ninguna variación marcada, y por lo tanto no se puede indicar ninguna transformación desde el horizonte C hasta el horizonte A.

Los suelos Ramallo, Urquiza, Arroyo Dulce y Rojas, desarrollados sobre materiales de un mismo ciclo sedimentario, deberían presentar una distribución similar a los minerales de arcilla. Sin embargo, como se vió anteriormente, esto no sucede, pues la montmorillonita, por ejemplo, se encuentra a distintos niveles.

Los feldespatos por su parte (tabla 7) incrementan su proporción y constancia hacia la superficie en los perfiles, en el siguiente orden: Ramallo, Urquiza, Arroyo Dulce y Rojas.

Esta distribución mineralógica es coincidente con la dirección del cambio granulométrico observado en sus materiales parentales, que varían desde franco arcillo limosos en Ramallo hasta francos en Rojas. Motiva este cambio de los minerales de arcilla el hecho de que la alteración de los materiales originarios, en su proceso de transformación en suelo desde una misma época, no ha sido similar. Ello se debe a que los sedimentos, por ser más finos, presentan una mayor superficie específica, lo que contribuye a una alteración más intensa de los minerales primarios que lo integran. Tal hecho se pone en evidencia también en los caracteres morfológicos dados por el grado de desarrollo (espesor y contenido de arcilla del horizonte B2t) que estos cuatro suelos presentan.

Así Ramallo, por ejemplo, con un horizonte B2t que presenta un contenido de arcilla del 53,6 %, tiene características morfológicas tales como grietas de desecación y superficies de deslizamiento entre agregados (slicken sides) que permiten diferenciarlo de los otros tres a nivel de subgrupo. Estos rasgos, que se deben a la presencia de arcillas de retículo expandible, como montmorillonita, no concuerdan con el porcentaje encontrado de este mineral, ya que en los cuatro suelos es el mismo (25 %), en el horizonte illuvial con mayor concentración de fracción arcilla. Esta distinta característica morfológica obedece a que el contenido total de arcilla es mayor en el suelo de Ramallo. Es posible deducir entonces que los suelos de las series Urquiza, Arroyo Dulce

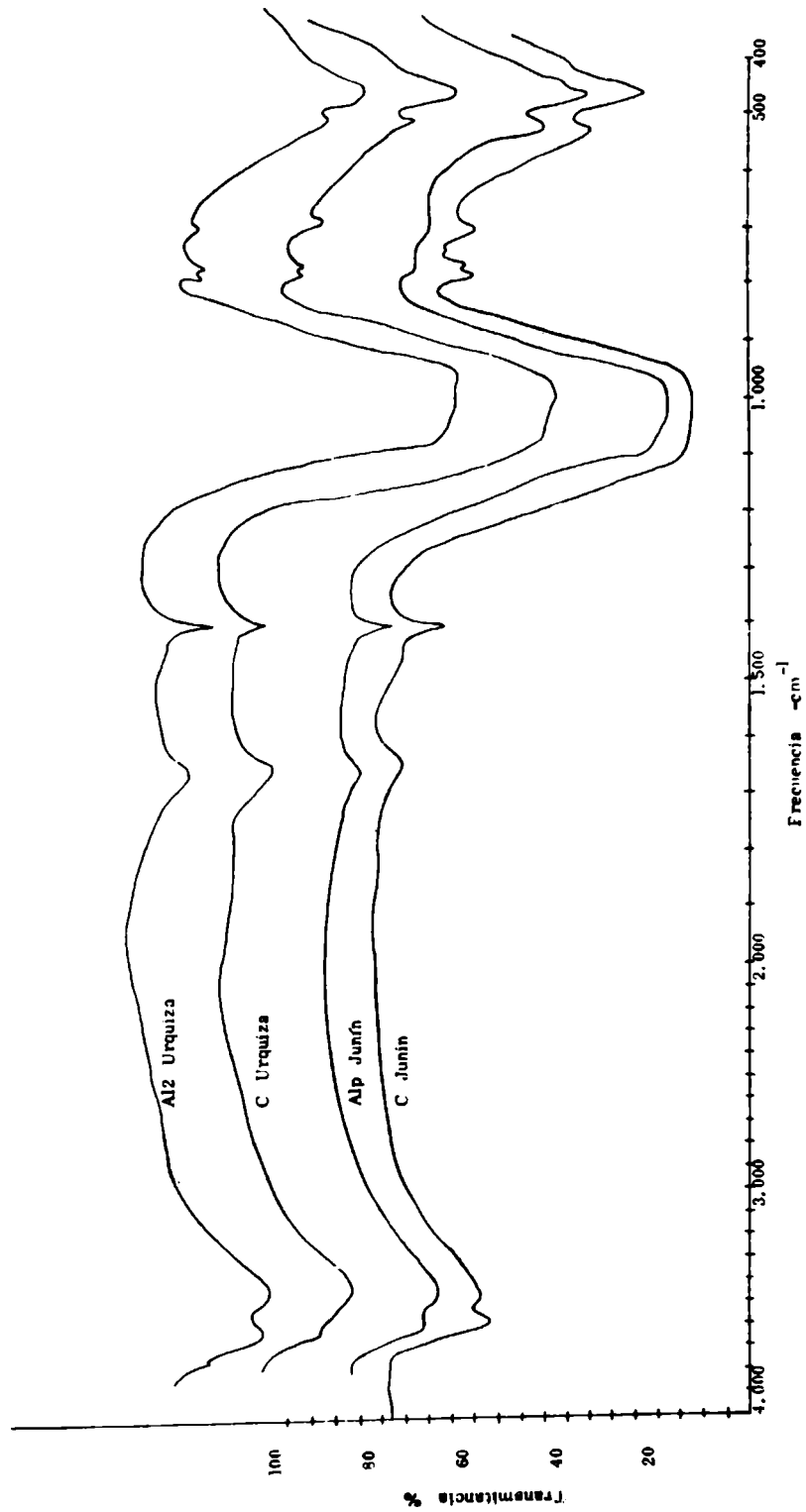


Fig. 8.- Espectros de Absorción de Infrarrojo de la Fracción Arcilla

Rojas presentarían una morfología similar si su total de arcilla superara el 45 %, aproximadamente, para la concentración de montmorillonita encontrada.

Los suelos de las series Junín y Saforcada, cuya mineralogía de arcillas es uniforme a través de todos los horizontes que componen el perfil, evidencian que su desarrollo se realizó a partir de materiales originarios más jóvenes y de textura más gruesa, por lo que su alteración y grado de desarrollo han sido menores.

En general, se puede decir que la mineralogía de las arcillas en los seis suelos analizados demuestra que su diferenciación se debe a la edad y textura de los materiales que los originaron.

En todos los perfiles estudiados se observa que la capacidad intercambiable, calculada para 100 g de arcilla (tabla 7), aumenta en profundidad, hecho este común en muchos suelos de la Región Pampeana.

Esta capacidad de intercambio alcanza valores muy superiores a los reconocidos para los minerales de arcilla identificados.

Si bien en los perfiles de Ramallo y Urquiza aumenta el porcentaje de montmorillonita en profundidad, esto no justifica los valores que se obtuvieron, dada la capacidad de intercambio reconocida para este mineral. Teniendo en cuenta, además, la riqueza en vidrio volcánico que poseen los materiales parentales de estos suelos, reconocida por varios autores, se hizo necesario investigar la presencia de alofano, cuya alta capacidad de intercambio es bien conocida.

Con tal objeto, se realizaron los espectros de absorción de infrarrojo de cuatro muestras, correspondientes a los horizontes A12 y C, y A1p y C, de las series Urquiza y Junín, respectivamente. Estas se consideran como elementos centrales de los dos ciclos principales de sedimentación.

En la fig. 8 se han representado los cuatro espectros de absorción de infrarrojo, correspondientes a las muestras mencionadas. En la zona de los 950 a 1200  $\text{cm}^{-1}$  de frecuencia, se observa una amplia banda de absorción, que

Mejía, Kohnke y White (1968) asignan a la presencia de alofano en muestras estudiadas en Colombia. En nuestro caso, dado que tenemos minerales de arcilla tales como illita, montmorillonita e interestratificaciones, la identificación se hace difícil, ya que todos ellos poseen una banda de absorción en la zona antes indicada. Sin embargo, podemos observar que en el perfil Junín el alofano sería más abundante que en el Urquiza, ya que en los diagramas de difracción se observa una inflexión en la zona de los 4,45 Å, que se asigna a material amorfo.

Por lo tanto deben existir factores de otra naturaleza que hacen subir tan marcadamente este valor en profundidad. Uno de estos factores podría ser la naturaleza y composición de la fracción limo, con capacidad de intercambio. A este efecto se podría sumar la composición mineralógica de la fracción más gruesa, con la presencia de trizas de vidrio volcánico y feldespatos con superficies alteradas, que motivarían este aumento. Asimismo, este incremento de la capacidad intercambiable de la arcilla se vería justificado por la presencia de minerales amorfos, tales como el alofano, en el caso de poder comprobarse fehacientemente su presencia.

Por último, un factor que debe tenerse en cuenta, por ser muy frecuente en los suelos de la Región Pampeana, es la presencia de pequeños nódulos, parcialmente cementados. Estos agregados, que son de naturaleza arcillosa, resisten en muchos casos a la dispersión y pasan, durante el análisis mecánico, como integrantes de la fracción mayor de 2 micrones, conservando su específica capacidad de intercambio.

---

## CONCLUSIONES

---

Del análisis mineralógico se pueden obtener las siguientes conclusiones:

I. La composición y relaciones mineralógicas permiten diferenciar los seis suelos en tres grupos:

- 1) Suelos con mayor concentración de montmorillonita en profundidad. Son los suelos de las series

Ramallo y Urquiza, clasificados como Argiudol vértico y Argiudol típico, respectivamente. Se observa un enriquecimiento en montmorillonita hacia los horizontes inferiores. La illita aumenta su proporción y grado de cristalinidad en sentido inverso, o sea hacia los horizontes superiores. El aumento de caolinita se produce también en este último sentido, aunque en menor proporción. El porcentaje de feldespato se incrementa en profundidad y prácticamente no se aprecia en superficie.

- 2) Suelos con concentración de montmorillonita coincidente con los horizontes más abundantes en arcilla. Son los correspondientes a las series Arroyo Dulce y Rojas, clasificados como Argiudoles típicos. Poseen la mayor proporción de montmorillonita en el horizonte B textural. El comportamiento de la illita es similar al observado en los suelos del grupo 1. El feldespato aumenta en proporción y es, en su totalidad, mayor que en los suelos Ramallo-Urquiza.
- 3) Suelos con concentración de Montmorillonita uniforme en todo el perfil. Son los suelos de las series Junín y Saforcada, clasificados como Hapludol típico y Hapludol éntico, respectivamente. Muestran uniformidad en su composición mineralógica a través de todo el perfil.

II. La disminución de montmorillonita hacia los horizontes superiores se realiza por el proceso de transformación a illita mediante interestratificaciones. Contribuiría además el proceso de lixiviación para su concentración en los horizontes inferiores.

III. Los perfiles de las series Arroyo Dulce y Rojas, ubicadas en el mismo período sedimentario de Ramallo y Urquiza, deberían tener la montmorillonita concentrada en los niveles inferiores, como ocurre en aquellos. La razón de que esta concentración no se produzca es granulométrica, ya que al ser de textura más gruesa los materiales parentales, su alteración ha sido menor. Avala esta aseveración el aumento de las proporciones de feldespato.

IV. El estudio mineralógico de las arcillas revela la diferenciación existente entre las distintas series de suelos analizadas, cuyo responsable genético es la distinta textura y edad de los materiales originarios.

V. La presencia de caracteres morfológicos, tales como grietas de desecación y superficies de deslizamiento entre agregados (slicken sides) se produce cuando el porcentaje total de arcilla en sus horizontes supera el 45 %, aproximadamente, para la mineralogía encontrada.

VI. El aumento de la capacidad intercambiable de la fracción arcilla en profundidad no se encuentra en relación con la composición mineralógica de las arcillas estudiadas. Este incremento se debería a presencia de trizas de vidrio volcánico, superficies de alteración de los feldespatos, fracción limo con capacidad de intercambio, defectos en la dispersión de las muestras o una eventual presencia de mineral alofano.

---

#### LISTA DE TRABAJOS CONSULTADOS

---

Arens, P. L. y Etchevehere, P.H., 1966.- Normas de reconocimiento de suelos. I.S.A., INTA, Buenos Aires.

González Bonorino, F., 1965.- Mineralogía de las fracciones arcilla y limo del Pampeano en el área de la ciudad de Buenos Aires y su significado estratigráfico y sedimentológico. Rev. de la Asociación Geológica Argentina, XX, nº 1, pp. 67-148. Buenos Aires.

Johns, W. D., Grimm, R. E. and Bradley, W. F., 1954.- Quantitative estimation of clay minerals by diffraction methods. Journal of Sedimentary Petrology, 24, 4, pp. 242-251, Baltimore.

Klages, M. G. and Southard, A. R., 1968.- Weathering of montmorillonite during formation of a solodic soil and associated soils. Soil Science, 106, 5, pp. 363-368. Boston.

Mejía, G., Kohnke, H. and White, J. L., 1968.- Clay Minera-

logy of certain soils of Colombia. Soil Science Proceedings, 32, 5, pp. 665-670.

Pecora, E. J. y Guedes, O. J., 1966.- Minerales de arcilla de algunos perfiles de suelos de Buenos Aires, Santa Fe y Entre Ríos. Rev. de Inv. Agr., S. 3. Clima y Suelo, vol. III, nº 3. Buenos Aires.

Soil Science Society of America, 1968.- Mineralogy in soil Science and engineering. SSCA Special Publication, nº 3, Madison, Wisconsin.

Soil Survey Staff, 1960.- Soil classification. A comprehensive system (7th Approximation). S.C.S., U.S.D.A., Washington D.C.

Soil Survey Staff, 1967.- Supplement to soil classification system (7th Approximation). S.C.S., U.S.D.A., Washington D.C.

Nota.- Este trabajo fué publicado en la Revista de Investigaciones Agropecuarias (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), Serie 3, Clima y Suelo, Vol. VII, nº 1.