

945  
24

MINISTERIO DE GANADERIA Y AGRICULTURA  
DIRECCION DE SUELOS Y FERTILIZANTES

Contribución al estudio de caracterización y génesis  
de algunas "Praderas Arenosas Hidromórficas  
del Litoral".

Tesis de Ingeniero Agrónomo



FACULTAD DE AGRONOMIA

Daniel Panario

DEPARTAMENTO DE  
DOCUMENTACION Y  
BIBLIOTECA

Marzo, 1974

17 SET. 1976

## Indice

	<u>Pág.</u>
RESUMEN ANALITICO	1
INTRODUCCION	2
ANTECEDENTES	2
MATERIALES Y METODOS	3
Métodos de análisis	4
Análisis convencionales	4
Otros análisis	5
RESULTADOS Y DISCUSION	6
Composición granulométrica	
1. Suelos formados a expensas de material presuniblemente de Areniscas de Salto e incluido por él (suelos 1 y 2)	6
2. Suelos formados sobre materiales producto de la degradación de la escarpa de Asencio (Cretáceo) e influidos por él (suelos 3, 4 y 5)	7
3. Suelos formados sobre materiales producto del retroceso de la escarpa de Guichón (Cretáceo (suelo )	8
Propiedades químicas	9
1. Acidez	9
2. Materia orgánica	10
a. C.I.C. de la materia orgánica	10
b. Contenido de la Materia orgánica	12
c. Relación C/N	13
3. Capacidad de	14
4. Cationes intercambiables - % de saturación	16
5. Oxidos de hierro	17
Algunos procesos involucrados en el cambio de capacidad de intercambio catiónico en los distintos horizontes del perfil	18
Antecedentes	18
a. Mecanismos físicos	
b. Procesos químicos	19
Consideraciones generales en base a los datos obtenidos en el presente trabajo	24
BIBLIOGRAFIA	
APENDICE	
Padrón de suelos y algunas consideraciones de caracter geológico y geomorfológico del área	
Areniscas de Salto	
Areniscas de Asencio	
Areniscas de Guichón	
DESCRIPCIONES DE LOS SUELOS	
GRAFICAS	

## RESUMEN ANALITICO

Las Praderas Arenosas del litoral son predominantemente suelos profundos y muy profundos de horizonte A con texturas livianas, débilmente estructuradas y colores variables, predominando los pardo grisáceos y pardo grisáceo oscuros en la zona de Areniscas de Asencio y Salto. Los pardo rojizos y pardo rojizo oscuros en las Areniscas de Guichón, con algunos pardo grisáceos donde el hidromorfismo es más marcado. Los horizontes B2 son de texturas pesadas, fuertemente estructuradas, marcadamente iluviales, con oscurecimiento variable, tonalidades grisáceas más o menos intensas, moteados rojos y/o amarillos, denotando un hidromorfismo más o menos marcado, pero muy constante en todas las Praderas Arenosas del litoral también denominadas Praderas Arenosas hidromórficas. Son suelos con bajo contenido en materia orgánica, de reacción fuertemente ácida y medianamente ácida, con saturación de bases media a alta. Generalmente, al igual que en las Praderas Arenosas de Tacuarembó (A. Durán, 1973), el horizonte más desaturado y ácido del perfil es la parte superior del B o el horizonte AB, cuando lo hay. Presentan en algunos suelos un contenido medio a bajo de aluminio intercambiable, y una acumulación secundaria de materia orgánica coincidente con la determinada en las Praderas Arenosas de Tacuarembó-Rivera.

En su evolución ha habido un intenso lavado de bases de todo el perfil, concordante con el trabajo antes mencionado: una intensa lixiviación de arcillas y un índice de transporte de óxidos igual al de Ac o algo mayor en algunos suelos más hidromórficos. Esta desproporción entre el transporte de óxidos y el de arcillas unida al hecho de la no constancia de la relación Ac/óxidos en los horizontes del perfil y otro conjunto de evidencias tales como hidromorfismo, evolución de la capacidad de intercambio de la arcilla en el perfil, permite suponer que la lixiviación no se debe exclusivamente a procesos mecánicos pudiendo haber intervenido procesos químicos como el de la ferrolisis descrito por R. Brinckman (1970)

Se estudiaron 6 suelos para su caracterización que se correlacionan con los Molisoles, Alfisoles y Ultisoles de la clasificación de suelos de U.S.D.A. (1960). Como se ve, este grupo de suelos presenta diferencias muy significativas entre sí, a tal punto que suelos que se agruparon en los sistemas actuales de clasificación de suelos del Uruguay, dentro de un Gran Grupo, en el sistema del U.S.D.A. se separan al nivel de orden.

## INTRODUCCION

Como resultado de los trabajos realizados por la Dirección de Suelos y Fertilizantes en la actualidad se encuentran trazados los límites de todas las unidades de reconocimiento de suelos del país.

Por lo tanto se plantea como tarea prioritaria la caracterización y estudio de la génesis de los principales suelos de las unidades cartografiadas.

En este sentido se han realizado o se están realizando en forma cooperativa por parte de la Cátedra de Suelos de la Facultad de Agronomía y la Dirección de Suelos y Fertilizantes varios trabajos de clasificación y génesis sobre suelos arenosos, como: "Caracterización y Génesis de algunas Praderas Arenosas de Tacuarembó-Rivera (A. Durán, 1973), "Estudio detallado de Praderas Arenosas de Tacuarembó", (G. Sacco, no publicado), "Estudio detallado de Praderas Arenosas de Rivera" (A. Echevarría, no publicado), lo cual permite adelantar algunas conclusiones y establecer comparaciones.

## ANTECEDENTES

A. Durán (1973) cita a F.F. Riecken (1959) quien los incluyó en el Orden de suelos zonales y dentro de él, en el único Sub-orden de "Suelos Acidos de baja materia orgánica de Praderas bien drenadas".

De acuerdo a esta definición, las Praderas Arenosas del litoral, llamadas "Praderas Arenosas hidromórficas", no entrarían en el sub-orden. Sin embargo, define dentro del Gran Grupo a la serie Chapicuy con un B oscuro fuertemente moteado en rojo, lo cual podría evidenciar en este caso alguna deficiencia en el drenaje muy normal por otra parte en todos los suelos de la Unidad Chapicuy (CONEAT, 1973).

Particularmente C. Fynn (1962) incluyó en las Praderas Arenosas todos los suelos de texturas arenosas profundas del país con perfil bien drenado con fuerte acidez, baja materia orgánica, resistencia a la sequía, etc. Consideró que el proceso genético dominante era la podzolización.

Finalmente, E. Marchesi y A. Durán (1969) redefinen el Gran Grupo Praderas Arenosas como un suelo con horizonte A de 40 cm. a 1,20 m de color pardo más o menos oscuro, con tonalidades grisáceas o rojizas, texturas entre el franco arenoso y arenoso, débilmente estructurado, muy friable, fuertemente ácido, pHc 4.5-5, pudiendo presentar horizonte A2.

Horizonte B con espesores entre 50 cm. y 1.20 m. de colores variables, pardo rojizo oscuro a rojo oscuro, o pardo amarillento oscuro pasando a gris en profundidad, con moteados rojos y pardo amarillentos.

La textura de este horizonte es arcillo arenosa a franco arcillo arenosa, estructura en bloques de grado moderado, consistencia firme y reacción fuertemente ácida (4.7-5.5). Este horizonte es definido como iluvial (B textural).

El drenaje de estos suelos varía desde bueno a moderadamente bueno o imperfecto.

De acuerdo a esta última definición tampoco las denominadas "Praderas Arenosas del Litoral", entrarían en este Grupo dado que sus pH son menos ácidos, y en general sus horizontes menos espesos (se encuentran en el límite propuesto por dichos autores).

#### MATERIALES Y METODOS

Con el fin de tener un mayor conocimiento de las Praderas Arenosas del Litoral, sobre las cuales aún había muy poca información desde el punto de vista físico y químico y con la finalidad de contribuir a su caracterización, se eligieron 6 suelos diferentes:

<u>Suelos</u>	<u>Identificación del perfil</u>	<u>Formación Geológica (1)</u>
1	F51/ob.8	Areniscas de Salto
2	Coquimbo	" "
3	F43/ob.1	Areniscas de Asencio
4	F43/ob.2	" "
5	F43/ob.6	" "
6	F43/ob.11	Areniscas de Guichón

1) Según J. Bossi (1966)

Los dos primeros pertenecen a la unidad Coquimbo (cob). Los tres de Asencio a la unidad Algorta (AL) y el último a la unidad Chapicuy (Chy), del mapa de suelos a escala 1/100.000, actualmente en proceso de publicación por la Dirección de Suelos y Fertilizantes.

La elección de los perfiles no se hizo exclusivamente en base a su representatividad, sino que se tuvo en cuenta también su importancia desde el punto de vista taxonómico, para la clasificación de suelos del Uruguay actualmente en proceso. (A. Durán y A. Kaplán), y no pretende ser una muestra representativa de la enorme variabilidad de estos suelos.

## Métodos de análisis

### Análisis convencionales

Las muestras de cada horizonte del perfil fueron caracterizadas por las siguientes determinaciones:

#### 1. Análisis mecánico

Destrucción de la materia orgánica con peróxido de hidrógeno y dispersión de la muestra por agitado en agua, con agregado de un agente dispersante (hexametatosfato de sodio). Limo y Arcilla por el método internacional de pipeta y arena separada y fraccionada por tamizado. (modificado de Black, 1965).

#### 2. pH

Medido electrométicamente en potenciómetro con electrodo de vidrio. La determinación se hizo en agua y en cloruro de potasio 1N con relación tierra: líquido 1:2.5

#### 3. Carbono orgánico

Método de Walkley-Black; oxidación con bicromato de potasio y ácido sulfúrico, sin aplicación de calor (Black, 1965).

#### 4. Nitrógeno total

Método de Kjeldahl, sin adición de nitratos; digestión con ácido sulfúrico y destilación posterior, recogién-dose el destilado en ácido bórico y titulando con ácido clorhídrico.

5. Capacidad de intercambio catiónico (T)

Determinada a pH 7.0 por percolación con acetato de amonio normal lavado del exceso de solución desplazante con alcohol etílico, desplazamiento del amonio retenido con cloruro de sodio y determinación del amonio por destilación (Black, 1965).

6. Bases intercambiables (S)

Determinadas en el percolado de acetato de amonio normal y neutro, calcio y magnesio por complexometría (Black, 1965); sodio y potasio por fotometría de llama (Black, 1965).

7. Acidez titulable hasta pH 7.0

Determinada por diferencia entre la capacidad de intercambio catiónico a pH 7.0 y la suma de bases intercambiables.

8. Porcentaje de saturación de bases (V)

Calculada por la fórmula  $v = \frac{S}{T} 100$  a pH 7.0

Otros análisis

A estos análisis convencionales hechos por el equipo del Laboratorio del Programa de Suelos se agregaron:

9. Oxidos de hierro

Método de Kilmer, con ditionito de sodio como extractante y titulación con bicromato de potasio (Bornemisza e Igue, 1967).

A los horizontes A1 y B2 se les determinó además:

10. Materia orgánica, por el método de Schollemberger, en baño de ácido fosfórico antes y después de un ataque con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a temperatura 160°C.

11. Capacidad de intercambio catiónico, (id. 5), antes y después del ataque con  $H_2O_2$ .

Los análisis mecánicos fueron realizados en el laboratorio de la Facultad de Agronomía, los restantes análisis en la Dirección de Suelos y Fertilizantes.

## RESULTADOS Y DISCUSION

A los efectos de la discusión de los resultados, vamos a clasificar los suelos de acuerdo a los materiales geológicos sobre los que se supone están formados los suelos, por ser este uno de los criterios del mapa a escala 1/500.000, en proceso en la Dirección de Suelos y Fertilizantes, aunque si bien a los efectos del mapa esto es inevitable por la forma en que se dan asociados geográficamente, a los efectos de su clasificación, este criterio no es el más adecuado como surge de los presente resultados.

### Composición granulométrica

1. Suelos formados a expensas de material presumiblemente de Areniscas de Salto, o influido por él (suelos 1 y 2)

La fracción más importante es la arena media (0.5 mm 0.25 mm), en ambos suelos representando el 48% (1) en el Coquimbo (Suelo 2) y el 42% en el F51/ob.8 (suelo 1) Pero mientras en el Coquimbo le siguen en importancia, la fina (0.25mm-0.10mm), 30% y la gruesa 19%. En el F51/ob.8 las posiciones están invertidas (gruesa 31% y fina 19%).

Las demás fracciones en ambos suelos son de escasa importancia.

---

(1)

Valores expresados como porcentaje del total de arena



## Cuadro No.1, a

Análisis físico (textura)

Espesor	% A r e n a s					Total	Limo	Arcilla	Textura	Rel. AeB/ AeA
	2-1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.10	0.10-0.005		0.05-0.002	0.002		
0-30	1.2	25.4	32.5	13.5	2.1	74.7	13.0	12.3	Fr. are.	
30-41	2.8	25.7	32.7	14.4	2.1	77.7	9.3	13.0	Fr. are.	
41-56	1.5	19.2	25.5	12.4	2.2	60.8	12.2	27.0	Fr. arc. are.	
56-80	2.1	15.3	19.9	9.6	1.4	48.3	15.8	35.9	Arc. are.	2.91
80-100	1.9	16.4	21.2	9.9	1.9	51.3	15.7	33.0	Arc. are.	
100-120	2.7	16.3	21.6	9.7	2.1	52.4	16.4	31.2	Arc. are.	
0-20	0.2	12.3	44.6	30.7	0.1	87.9	6.0	6.1	Arc. Fr. a Are.	
20-45	0.6	16.3	38.8	23.9	0.1	79.7	11.3	9.0	Arc. Fr. a Fr. Are.	
45-60	0.8	14.2	34.4	21.8	0.4	71.6	13.9	14.5	Fr. are	6.19
60-71	0.6	10.0	22.6	13.4	0.1	46.7	15.5	37.8	Arc. are.	
71-90	0.6	10.5	27.2	17.6	--	55.9	14.6	29.5	Fr. arc. are.	
90-116	1.4	11.5	29.3	16.6	0.1	58.9	11.5	26.6	Fr. arc. are.	
116-166	2.3	22.8	15.9	7.2	4.8	52.9	10.7	36.4	Arc. Are.	
0-18	0.8	23.3	14.5	21.4	7.7	67.7	15.9	16.4	Fr. are.	
18-41	1.2	22.3	11.1	8.2	15.0	57.8	11.6	30.6	Fr. arc. are.	
41-80	1.2	17.8	10.1	16.6	7.3	53.0	14.9	32.1	Fr. arc. are.	1.96
80-101	1.1	16.8	10.0	10.7	7.4	52.0	17.4	30.6	Fr. arc. are.	
101-121	1.3	16.8	10.6	17.0	7.2	52.9	20.4	26.7	Fr. arc. are.	
0.-56	0.3	25.9	17.9	19.1	21.6	84.8	6.8	8.4	Are. Fr. a are.	
56-72	1.1	35.0	17.6	18.1	16.0	87.8	4.2	8.0	Are. a are. fr.	
72-84	1.1	31.9	15.4	15.4	15.2	79.0	4.1	16.9	Fr. are.	3.91
84-113	0.8	27.5	12.9	10.2	14.9	66.3	2.6	31.3	Fr. arc. are.	
113-126	0.8	23.3	14.3	13.5	21.5	73.4	2.6	24.0	Fr. arc. are.	

(Continúa)

Perfil	Horizonte	Espesor
F51/ ob. 8	A11	0-30
	A12	30-41
	B1	41-56
	IIB21†	56-80
	III22	80-100
	IIIB3ca	100-120
	Coquimbo	A1
	IIA12b	20-45
	IIA2b	45-60
	II32st	60-71
	IIIB3b	71-90
	IIIC1b	90-116
	IIIC2t	116-166
F43/ ob. 1	A1	0-18
	IIB1	18-41
	IIB2t	41-80
	IIIB3*	80-101
	IIIC ca	101-121
F43/ ob. 2	A1	0-56
	A2	56-72
	AB	72-84
	B2t	84-113
	B3	113-126

## Cuadro No. 1 (cont.)

Análisis físico (textura)

Z a r e n a s						Limo	Arcilla	Textura	Rel. AeP/ AeA
2-1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.10	0.10-0.005	Total	0.05-0.002	0.002		
0.1	11.2	23.5	35.1	9.7	79.6	11.2	9.2	Fr. are. a are. Fr.	
0.3	10.0	21.6	36.1	10.9	78.9	11.3	9.8	Fr. are. a are. Fr.	
0.3	9.1	15.4	24.3	7.3	56.4	8.8	34.8	Fr. arc. are. a arc. are.	3.78
0.2	7.4	14.3	25.6	8.7	56.2	9.1	34.7	Fr. arc. are. a arc. are.	
0.2	6.9	15.0	28.3	10.3	60.7	10.4	28.9	Fr. arc. are.	
0.1	0.7	18.7	62.2	7.6	89.3	5.0	5.7	Arenoso	
0.1	0.7	13.4	68.0	8.7	90.9	3.8	5.3	Arenoso	
0.3	1.2	10.5	52.7	7.3	72.0	6.2	21.8	Fr. arc. are.	
--	0.6	11.3	50.9	6.4	69.2	3.7	27.1	Fr. arc. are.	4.75
0.1	0.6	10.2	53.9	6.6	71.4	4.6	24.0	Fr. arc. are.	
--	0.4	12.3	56.9	6.6	76.2	3.5	20.3	Fr. arc. are. a Fr. are.	

Perfil	Horizonte	Espesor	2-1
F43/ ob.6	A11	0-42	0.1
	A12	42-55	0.3
	B21t	55-76	0.3
	B22t	76-100	0.2
	B3	100-+	0.2
	F43/ ob.11	A1	0-8-
A2		80-88	0.1
A1		88-94	0.3
B2t		94-109	--
B3		109-147	0.1
C		147-207	--

## Cuadro No. 1 b

Porcentaje de las distintas fracciones de arena  
con respecto al total

Suelo	Horizonte	Análisis No.	Espesor cm	% del total de arena				
				2-1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.10	0.10-0.00
<b>1</b>								
F51/ob.8	A11	1509	0-30	1.6	34.0	43.5	18.1	2.8
	A12	1510	30-41	3.6	33.1	42.1	18.5	6.8
	B1	1511	41-56	2.4	31.6	42.0	20.4	3.6
	IIB21t	1512	56-80	4.3	31.7	41.2	19.9	2.8
	IIB22t	1513	80-100	3.7	31.9	41.3	19.2	3.7
	IIB3ca	1514	100-120	5.1	31.1	41.2	18.5	4.0
<b>2</b>								
Coquinbo	A1	1218	0-20	0.2	14.0	50.7	34.9	0.1
	IIA12b	1219	20-45	0.7	20.4	48.7	30.0	0.1
	IIA <sup>2</sup> b	1220	45-60	1.1	19.8	48.0	30.4	0.5
	IIB2b	1221	60-71	1.2	21.4	48.4	28.7	0.2
	IIB3b	1222	71-90	1.1	18.8	48.6	31.5	--
	IIC1b	1223	90-126	2.3	19.5	49.7	28.2	0.2
	IIIC2b	1224	126-166	4.3	43.1	30.0	13.6	9.0
<b>3</b>								
F43/ob.1	A1	1479	0-18	1.2	34.4	21.4	31.6	11.4
	IIB1	1480	18-41	2.1	38.5	19.2	14.9	25.9
	IIB <sup>2</sup> t	1481	41-80	2.3	33.6	19.0	31.3	13.8
	IIIB3	1482	80-101	2.1	32.3	19.2	32.1	14.2
	IIICca	1483	101-121	2.4	31.7	20.0	32.1	13.6
<b>4</b>								
F43/ob.2	A1	1484	0-56	0.3	30.5	21.1	22.5	25.5
	A2	1485	56-72	1,25	39.0	20.0	20.6	18.2
	AB	1486	72-84	1.4	40.4	19.5	19.5	19.2
	B2t	1487	84-113	1.2	41.5	19.5	15.4	22.5
	B3	1488	113-126	1.1	31.7	19.5	18.4	29.3
<b>5</b>								
F43/ob.6	A11	1489	0-42	0.1	14.1	29.5	44.1	12.2
	A12	1490	42-55	0.4	12.7	27.4	45.7	13.8
	B21t	1491	55-76	0.5	16.1	27.3	43.1	12.9
	B22t	1492	76-100	0.4	13.1	25.4	45.5	15.5
	B3	1493	100-+	0.3	11.4	24.7	46.6	16.9
<b>6</b>								
F43/ob.11	A1	1499	0-80	0.1	0.8	20.9	69.6	8.5
	A2	1500	80-88	0.1	0.3	14.7	74.8	9.6
	AB	1501	88-94	0.4	1.7	14.6	73.2	10.1
	B2t	1502	99-109	--	0.9	16.3	73.5	9.2
	B3	1503	109-147	0.1	0.8	14.3	75.5	9.2
	C	1504	147-207	--	0.5	16.1	74.7	8.6

El contenido de limo es bajo (inferior a 17%)<sup>(2)</sup> con un mínimo de 5% en horizonte A<sub>1</sub> del suelo 2 (Coquimbo). (Cuadro No. 1 b)

Es evidente que estos contenidos altos de arena y bajos en limo, se deben a la influencia del material subyacente de Areniscas de Salto, pero, mientras que en el suelo 2 no hay evidencias claras que en lo fundamental, el suelo no esté desarrollado a partir de dichas Areniscas. En el suelo 1 puede estar influyendo aporte alógeno y/o remobilizaciones eólicas posteriores, como surge del conocimiento geomorfológico del área. En cuanto al contenido de arcilla a través del perfil, comparativamente en estos 2 suelos debe depender más del contenido de arcilla del material generador que de su diferenciación, pues siendo ésta netamente mayor en el 2 tiene casi el mismo porcentaje de arcilla que en el 1.

En cuanto al índice de diferenciación textural, dado por el cociente contenido  $\frac{Ac B_2}{Ac A}$  (1)

para el primer suelo es de 2.91, y para el segundo 6.19 siendo este por lo tanto mucho más evolucionado, a pesar de encontrarse en una posición topográfica con más pendiente que el primero, y tener indicios de dos ciclos de pedogénesis.

2. Suelos formados sobre materiales, producto de la degradación de la escarpa de Asencio (Cretáceo) o influidos por él (Suelos 3,4,5)

En estos suelos no se puede hablar de una fracción dominante en común para los tres (Cuadro N° ) y a su vez parecen ser los peor clasificados de los tres grupos analizados, ya que de las 5 fracciones arena separadas por tamizado, 4 contribuyen con porcentajes importantes al total de arena del perfil, teniendo sólo en

---

(2)

Valores expresados como porcentaje del total en el suelo

(1)

Máximo del B2 y mínimo del A

común la escasa importancia de la fracción muy gruesa (2-1 mm), cosa común por otra parte, a todos los suelos estudiados en el presente trabajo.

El contenido de arcilla presumiblemente varía a través de los perfiles, de acuerdo al grado de diferenciación, y de la arcilla del material generador. Aunque en algunos suelos hay indicios de discontinuidades, de todas formas, de acuerdo al índice de diferencia textural a estos 3 suelos los podemos dividir en 2 grupos:

Grupo a) Suelo (3) con un valor de la relación de 1.96  
Grupo b) Suelo (4) y (5) con valores de 3.9 y 3.8 respectivamente.

3. Suelos formados sobre materiales, producto del retroceso de la escarpa de Guichón (Cretáceo)

El material que dió origen a este suelo es el mejor clasificado de los comparados en el presente trabajo, con predominio muy neto de la fracción arena fina, (más del 70% del total, porcentajes casi nulos/arena gruesa y muy gruesa (2-0.5 mm.) de

El índice de diferencia textural en arcilla es de 4.75, algo más alto que el del segundo grupo de suelos de Asencio, pero similar a ellos.

Por su composición granulométrica y su índice de diferenciación textural este es el único suelo similar a los estudiados por A. Durán (1973).

A. Por los valores del índice de diferenciación textural unidos a la presencia constante de películas de arcilla gruesas de origen iluvial, se puede inferir que todos los suelos estudiados presentan un B textural bien desarrollado, que cumple con los requisitos para clasificarlo como horizonte argílico según la clasificación de suelos de U.S.D.A. (1960-1967-1973).

Cuadro No. 3

Análisis químicos convencionales

Materia orgánica			CIC M.C/ 100 gr	Ca	Mg	K	Ng	H	Al	Bases totales	% Satur.
C%	Humus	C/N									
1.06	1.83	9.63	8.4	5.5	1.2	0.2	0.3	1.1		7.2	88.1
0.62	1.08	8.85	9.2	7.0	0.8	0.1	0.3	1.0		8.2	89.1
0.75	1.30	9.28	17.1	12.6	2.5	0.2	0.6	1.2		15.9	93.0
0.44	0.76	5.50	25.5	19.2	4.2	0.2	0.9	1.0		24.5	96.1
0.19	0.33	6.33	24.9	18.6	4.9	0.2	0.9	0.3		24.6	98.8
0.16	0.28	5.33	21.9	14.4	6.2	0.3	1.01	--		21.9	100.0
0.31	0.53	4.42	2.9	1.3	0.4	0.1	0.6	0.5		2.4	82.7
0.38	0.67	6.33	4.2	1.9	0.6	0.1	0.4	1.2		3.0	71.4
0.37	0.64	6.16	6.4	2.6	0.9	0.1	0.4	2.4		4.0	62.5
0.95	1.64	11.87	17.7	8.7	2.7	0.1	0.7	3.2	2.3	12.2	68.9
0.42	0.72	5.25	14.3	6.9	2.5	0.1	0.5	2.2	1.1	11.0	76.9
0.24	0.42	3.42	14.0	8.3	2.9	0.1	0.5	2.0	0.2	11.8	84.3
0.08	0.14	1.14	24.4	17.9	5.4	0.2	0.5	0.4		24.0	98.4
1.34	2.31	7.05	13.7	7.9	1.6	0.2	0.3	3.7		10.0	73.0
0.82	1.42	6.30	21.5	16.0	2.2	0.1	0.4	2.8		18.7	87.0
0.21	0.36	2.62	25.5	20.4	3.3	0.2	0.5	1.1		24.4	95.7
0.17	0.30	2.12	24.4	20.9	2.9	0.1	0.5	0.0		24.4	100.0
0.11	0.19	2.75	22.2	18.4	3.0	0.2	0.6	0.0		22.2	100.0
0.42	0.72	5.25	3.2	2.2	0.4	0.2	0.3	0.1		3.1	96.9
0.19	0.30	3.16	3.5	1.7	0.4	0.2	0.7	0.5		3.0	85.7
0.25	0.43	4.16	9.4	5.1	1.8	0.3	0.5	1.7		7.7	81.9
0.35	0.60	8.75	18.7	9.3	4.3	0.3	0.5	4.3		14.4	77.0
0.17	0.30	4.25	16.2	7.6	3.3	0.2	0.4	4.4	0.3	11.5	71.0

Continúa



Perfil	Horizonte	Espesor	pH	
			H <sub>2</sub> O	KClM
F51/ ob. 8	A <sub>11</sub>	0-30	5.4	4.1
	A <sub>12</sub>	30-41	6.2	5.1
	B <sub>1</sub>	41-56	5.4	4.4
	IIB <sub>21</sub>	56-81	6.35	5.1
	IIB <sub>22</sub>	80-100	7.2	6.1
	IIB <sub>2ca</sub>	100-120	7.3	6.2

### Coquialco

23	IIA <sub>11</sub>	0-20	6.2	4.9
	IIA <sub>12b</sub>	20-41	5.8	4.4
	IIA <sub>2b</sub>	45-60	4.0	3.6
	IIB <sub>2t</sub>	60-71	5.1	3.7
	III <sub>3b</sub>	71-91	5.3	3.8
	IIIC <sub>1b</sub>	90-126	5.4	4.0
	IIIC <sub>2b</sub>	126-166	6.3	5.0

3	F43/ ob. 1	A <sub>1</sub>	0-18	5.0	4.3
		IIB <sub>1</sub>	18-41	5.7	4.2
		IIB <sub>2t</sub>	41-80	6.4	4.8
		IIIB <sub>3</sub>	80-101	7.2	5.9
		IIIC <sub>ca</sub>	101-121	7.9	6.7

4	F43/ ob. 2	A <sub>1</sub>	0-56	6.0	4.7
		A <sub>2</sub>	56-72	5.7	4.4
		AB	72-84	5.4	4.1
		B <sub>2t</sub>	84-113	5.4	3.8
		P <sub>3</sub>	113-123	5.2	3.6

Cuadro No.3 (cont.)  
Análisis químicos convencionales

Materia orgánica			CIC M.C./ 100 gr	Ca	Mg	K	Ng	H	Al	Bases totales	% satur.
CZ	Humus	C/N									
1.02	1.76	9.27	5.8	5.1	1.1	0.2	0.5	1.8		6.9	82.3
0.55	0.94	0.68	5.4	2.9	0.7	0.1	0.3	1.7		4.0	74.1
0.71	1.22	8.87	20.0	10.3	3.3	0.3	0.4	5.7		14.3	71.5
0.60	1.04	12.00	18.0	9.8	3.8	0.2	0.3	3.9		14.1	78.3
0.21	0.36	7.00	17.1	9.8	3.1	0.2	0.5	3.5		13.6	79.5
0.56	0.28	8.00	3.8	2.0	0.4	0.1	0.2	1.1		2.7	71.0
0.16	0.22	8.00	2.7	1.1	0.3	0.1	0.3	0.9		1.8	66.7
0.30	0.53	6.0	9.1	5.9	1.0	0.2	0.3	1.7		7.4	81.3
0.38	0.66	7.6	17.0	11.1	2.0	0.2	0.4	3.3		13.7	80.6
0.26	0.44	5.2	16.4	11.6	2.2	0.2	0.4	2.0		14.4	87.8
0.17	0.30	3.4	17.6	13.0	2.0	0.7	0.4	1.9		15.7	89.2

Perfil	Hori- zonte	Espesor	pH	
			H <sub>2</sub> O	KClN1
5 P43/ ob.6	A11	0-42	5.4	4.7
	A12	42-55	5.4	4.6
	B21t	55-76	5.2	4.1
	B22t	76-100	5.4	4.2
	I3	100-+	5.8	4.5
6 P43/ ob.11	A1	0-80	6.3	5.1
	A2	80-88	6.0	4.7
	AB	88-94	5.5	4.5
	F?t	94-109	5.4	3.9
	B3	109-147	5.4	3.9
	C	147-207	5.6	4.0

## Propiedades químicas

### 1. Acidez

#### Areniscas de Salto, suelo 1 y 2

También en este sentido ambos suelos tienen un comportamiento distinto, en tanto el suelo 1 (Coquimbo) evolucionaría de extremadamente ácido, pH 4 (valor muy raro por otra parte en los suelos del Uruguay, e inferior a todos los suelos indicados por A. Durán, 1973) hasta fuertemente ácido, pH 5.4 (1)

El suelo 1 evoluciona de 5.4, fuertemente ácido a 7.3 débilmente alcalino.

#### Cretáceo- Asencio. Suelos 3, 4 y 5

También en lo que se refiere a la acidez, los suelos sobre materiales de Asencio retransportados, pueden dividirse en dos grupos:

Grupo 1) Suelo 3: El pH de este suelo varía de muy fuertemente ácido, pH 5 en el horizonte A, a alcalino en el horizonte IIIB3Ca, pH 7.9, siendo más similar al suelo 1 que a los otros suelos sobre Asencio retransportado.

Grupo 2) Suelo 4 y 5: Los pH de estos suelos varían entre valores de 5.2 y 6, fuertemente ácido a medianamente ácidos, pero su comportamiento a través del perfil es opuesto, mientras en el suelo 4 el pH evoluciona de 6.0 en el A a 5.2 en el C, en el suelo 5 el pH del horizonte A es de 5.4 y evoluciona en profundidad a valores de 5.8

En general considerando los datos obtenidos por J.C. Sganga (1973) sobre 30 muestras de horizontes A, y otros 8 suelos analizados por la Dirección de Suelos y Fertilizantes en esta región se puede decir que el pH de estos suelos tiene una amplia gama de variaciones, que va desde un mínimo de 4.8 a un máximo de 7.0 para

(1)

El valor del segundo horizonte debe estar influido por las bases lixiviadas del primero, como lo denota el porcentaje de saturación.

los horizontes A, y de 5.2 a 7.9 para los horizontes C. Si bien en el caso de los A, lo normal es que no sobrepasen 6.3 y para los C que no sean más bajos de 5.8.

#### Guichón - Suelo 6

Este suelo varía desde débilmente ácido, pH 6.3 para el horizonte A1, hasta fuertemente ácido, pH 5.4 para el horizonte B2, que es el más ácido del perfil.

De lo visto se desprende, que a excepción hecha del suelo (2) (Areniscas de Salto "in situ"), los restantes suelos tienen pH en promedio más elevados que los suelos de Tacuarembó-Rivera, situándose la mayoría de ellos entre fuertemente ácidos pH 5.1-5.5, y medianamente ácidos, pH 5.6-6.0.

## 2. Materia Orgánica

Para el estudio de la materia orgánica sólo se cuenta con los datos de carbono total, no habiéndose hecho fraccionamiento de la misma

### a. C.I.C. de la M.O.

Se fracasó al intentar calcular su capacidad de intercambio por el método de la diferencia utilizada por C. Victora y J. Zamalvide (1972) para 39 suelos del Uruguay, por lo que esta sólo pudo ser caracterizada por su relación C/N.

La enumeración de los posibles factores que pueden haber incidido en el fracaso de la técnica para estos suelos es la siguiente:

- I. contenidos de M.O. muy bajos
- II. destrucción total de la M.O. por ataque con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.
- III. contenidos muy bajos de arcillas en los horizontes A1
- IV. ataque a la arcilla por el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.
- V. liberación de cargas bloqueadas por la M.O. y/o por óxidos de Fe.
- VI. error del factor de conversión de C a M.O.
- VII. error de submuestreo.

Los contenidos de M.O. muy bajos, unido al hecho de haber sido ésta eliminada totalmente por H2O2 hicieron que cualquier mínimo error experimental o incluso error del método, incidieran mucho en la C.I.C., atribuible a esta fracción.

La destrucción total de la M.O. se deduce del hecho de que independientemente del valor inicial de la misma, luego del ataque con H2O2, todos los horizontes analizados, excepción de 2 de ellos, tenían entre 0.04% y 0.06% independientemente del valor inicial de la misma, por lo que la media de los resultados obtenidos (0.05) se tomó como error de método (ver cuadro N° 4 b).

Los otros 2 horizontes en los cuales quedó algo de materia orgánica, el método de Schollenberger determinó 0.1 por lo que restado 0.05 (error del método), quedaría sólo 0.05, lo cual es a todos los efectos, despreciable.

/además/

Por esta razón, no hay posibilidad de que se anulen los errores de determinación (otros/del mencionado) como en el caso de los suelos analizados por C. VICTORA y J. ZAMALVIDE (1973).

Los contenidos muy bajos de arcilla, en los horizontes A1, hacen que un pequeño error del método, o del operador, que no influye mayormente en la determinación de la C.I.C. del suelo si se lo lleva a arcilla pura, cuando lo que se valoró fueron contenidos de 6 a 9% en algunos suelos origina un error importante que al atribuírsele la diferencia de C.I.C. a la M.O. da resultados muy erróneos, aún cuando para limitar ese error se duplicó la toma de muestras. En algunos suelos, se vió un descenso de la C.I.C. de la arcilla, que no puede ser atribuído a la oxidación de la M.O.

En otros suelos al parecer la M.O. o algún otro compuesto, presente en el suelo al oxidarse, liberaron más cargas intercambiadoras que las que tenía cuando la M.O. estaba presente. Esto sucedía más notablemente en los horizontes B2, (Cuadro N° 5) donde dada su pequeña proporción con respecto al total del complejo intercambiador, sus posiciones de cambio debían estar ocupadas mayoritariamente en uniones con la arcilla.

## Cuadro No. 4

Resultados comparativos

Materia orgánica por Schollemberger, Walkley y Black, residuo de  
materia orgánica luego de ataque con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Horizontes A<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>

Suelo No.	Análisis No.	M.O. % Walkley y Black	M.O. % Schollemberger	M.O. atacada % Schollemberger
1	1509	1.83	1.51	0.05
	1512	0.76	0.68	0.10
2	1218	0.53	0.43	0.06
	1221	1.64	1.28	0.10
3	1479	2.31	2.27	0.06
	1481	0.31	0.20	0.05
4	1484	0.72	0.55	0.05
	1487	0.60	0.43	0.04
5	1489	1.76	1.60	0.04
	1491	1.22	1.30	0.06
6	1499	0.97	0.88	0.05
	1502	0.66	0.69	0.05

En estos casos, el valor de la C.I.C. de la M.O. tal cual se la encuentra en el complejo coloidal, sería negativa, siempre y cuando esto no se deba a otros elementos potencialmente oxidables, como  $Fe^{++}$ , que en estos suelos tiene posibilidades de encontrarse ocupando posiciones de cambio, y que el  $H_2O_2$  puede oxidar y/o hidratar, desplazándolos de estas posiciones.

Una discusión mayor del tema se hará cuando se discutan los valores de la C.I.C. obtenido, y de óxidos de hierro titulados. Cabe destacar que C. Víctora y J. Zamalvide (1973) arribaron también a conclusiones similares, trabajando precisamente con suelos arenosos con bajos contenidos de M.O. aunque estos efectos en los suelos que ellos estudiaron no tuvieron tanta magnitud.

Dados los inconvenientes arriba descritos se propone para suelos con estas características, el método propuesto por Addiscott (1970), citado por C. Víctora y J. Zamalvide, que se basa en la selectividad diferencial de la M.O. y la arcilla, para retener los cationes mono y divalentes. De esta forma se evita el error que introduce el  $H_2O_2$ , y el error del submuestreo que puede ser importante en suelos arenosos.

b. Contenido de la M.O.

El contenido de M.O. expresado en carbono, es muy bajo, considerando los datos aquí analizados, más los horizontes A analizados por J.C. Sganga y datos proporcionados por el Programa de Estudio y Levantamiento de Suelos. La materia orgánica expresada en C% no supera valores de 1.3, ni en los horizontes A1.

Los suelos se pueden separar por la distribución de la materia orgánica en el perfil, en dos grupos:

- Suelos 1, 3 y 5, con contenidos más altos de M.O. en los suelos 1 y 3 el mayor contenido de M.O. se da asociado a contenidos de Ca de intercambio altos y presencia de  $CO_3Ca$  libre en los horizontes inferiores.

De estos 3 suelos, los más livianos (1 y 5) presentan acumulaciones secundarias de M.O. en el B2.



- Los restantes suelos (2,4 y 6) tienen contenidos extremadamente bajos de M.O. en el horizonte A (entre 0.31 a 0.56 C%) y acumulaciones secundarias, en el B2.

El suelo 2 presenta mayor contenido en el B (0.95%) que en el A (0.31%) y más en el A<sub>12</sub> que en el A<sub>11</sub> lo cual hace pensar que responde a 2 ciclos de pedogénesis con truncamiento del A<sub>1</sub> del primer ciclo, o de lo contrario, que evolucionó en un paleo-clima y vegetación muy diferentes a las actuales con humus ácido y evolución del tipo spódico, dado que el horizonte IIA2 es extremadamente ácido (pH 4.0).

Se puede opinar por lo expuesto que el contenido de M.O. de las denominadas Pradera Arenosas hidromórficas del litoral, es en promedio de acuerdo a los suelos hasta el momento estudiados, tan baja como la de las Praderas Arenosas de Tacuarembó-Rivera y presenta también una acumulación secundaria de M.O. La existencia de un segundo máximo de M.O. en el horizonte B según A.Durán (1973) es atribuible a una traslocación mecánica, desde los horizontes superiores asociada a la arcilla (complejo arcilla-humus) cuyo índice de transporte es muy elevado.

En apoyo de esta teoría se podría agregar que las películas de los Horizontes iluviales, son en general de un color más oscuro que la matriz, lo cual estaría evidenciando un transporte conjunto.

c. Relación C/N

En lo que respecta a la relación C/N, esta es normalmente muy variable, entre 5 y 10 para la mayoría de los horizontes A de los 36 análisis revisados, siendo en general más alta (7 a 10) para los suelos con mayor contenido porcentual de C y más baja (5 a 7) para los de menor contenido porcentual de C.

En promedio la relación C/N es algo más baja que la de los suelos de Tacuarembó-Rivera que A.Durán considera más bajos que los del resto del país.

DEPARTAMENTO DE  
DOCUMENTACION Y

BIBLIOTECA

Esta tendencia el autor la explica tentativamente por el hecho de que la textura liviana del horizonte superficial lo hace muy aerado, lo cual posibilitaría una buena mineralización de los restos orgánicos, pero en este caso no se da la segunda condición que señala el autor, pues la permeabilidad de estos suelos es lenta, de donde el transporte de sustancias nitrogenadas hacia el interior del perfil se varía algo retardado, contrariamente a lo que ocurre en los suelos de Tacuarembó-Rivera; por lo que esta explicación no resulta tan satisfactoria para estos suelos. Por otra parte se produce generalmente un aumento de la relación en los horizontes B, que puede incluso superar a la del horizonte A (suelos 2, 4 y 5) por lo que la explicación para este caso habría que buscarla más bien en el tipo de humus formado en iluviación diferencial del mismo o las transformaciones por alteración con los años que hace que aumente la proporción de carbono con respecto al oxígeno F.J. Stevenson citado por M.L. Jackson y F.D. Hole 1969 y Gerasimov citado por los mismos autores lo cual podría explicar además la menor actividad del humus en el horizonte B determinada por C. Vítora -J. Zamalvide (1972) en este tipo de suelos.

### 3. Capacidad de Intercambio Catiónico

Al estudiar la capacidad de intercambio catiónico de la fracción mineral del suelo, se vió que no era uniforme en todo el perfil sino que tenía variaciones de diversa importancia en los diferentes horizontes.

A su vez hubo diferencias de magnitud variable cuando se calculó la C.I.C. de los coloides minerales del suelo por la fórmula:

$$\text{C.I.C. suelo} = (K \times \% \text{ M.O.}) \times 100$$
$$\text{C.I.C. Ac} = \frac{\text{C.I.C. suelo}}{\% \text{ Ac}}$$

Cuadro No. 5

Capacidad de intercambio de la fracción arcilla  
y porcentaje de óxidos libres

Perfil	Horizonte	me/100 gr de arcilla atacada	me/100 gr de arcilla corregida	F <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %
F51/ob8	A11	50.1	53.4	0,2
	A12		62.4	0,25
	B1		58.5	0,3
	II B21	69.7	68.9	0,6
	II B22		74.4	0,23
	II B3ca		69.29	0,3
Coquinbo	A1 <sup>1</sup>	49.8	38.8	0,15
	II A12b		39.2	0,25
	II A2b	47.7	41.6	---
	II B2b		42.5	1,5
	II B3b		46.03	1,5
	II C1b		51.05	0,9
III C2b	66.64	0,2		
F43/ob.1	A1	56.52	69.4	0,45
	II B1		65.6	0,4
	II B2c	71.8	78.3	0,5
	III B3		78.7	0,4
	III Cca		82.4	0,45
F43/ob2	A1	36.30	29.5	0,4
	A2		40	0,32
	AB	56.0	53.1	0,7
	B2t		57.8	1,2
	B3		66.2	0,9
F43/ob.6	A11	46.73	43.9	0,4
	A12		45.5	0,6
	B21t	61.6	54.0	1,6
	B2t		48.8	1,4
	B3		57.9	1,5
F43/ob.11	A1	67.4	61.7	0,7
	A2		46.8	0,4
	AB	69.1	39.3	---
	B2t		60.3	1,90
	B3		66.5	1,40
	C		65.2	1,30

que cuando se la determinó directamente por percolación con acetato de amonio normal, luego de la destrucción de la M.O. con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Aún cuando para disminuir en lo posible la fuente de error que significa el bajo contenido de Ac de los horizontes A, se duplicó el tamaño de la toma, así como las proporciones de los distintos reactivos y se establecieron repeticiones hasta obtener resultados comparables.

La capacidad de intercambio catiónico en las Praderas Arenosas hidromórficas, resulta ser en general baja, en comparación con otros suelos del Uruguay, aunque no tanto como en las Praderas Arenosas Rojas de Tacuarembó-Rivera.

Los valores más altos pertenecen a los suelos 1 y 3 que pueden pertenecer a la misma formación geológica (Libertad de base), entre 8,4 y 25.5 me/100 gr. para el horizonte A (de menor C.I.C.) y los B<sub>21</sub> de ambos suelos respectivamente. Los valores más bajos corresponden a los suelos 2, 4, 5 y 6 que no superan los 20 me/100 gr. (el horizonte III C2b del suelo 2, Coquimbo), es una excepción atribuida a una clara discontinuidad con el material geológico subyacente.)

Estos valores bajos de C.I.C. se deben fundamentalmente al bajo contenido de arcilla, bajo contenido de M.O., la cual a su vez debe tener baja capacidad de intercambio, del orden de 100 me/100 gr. (C.Victoria y J.Zamalvide, 1972).

A su vez los horizontes en que la capacidad de intercambio catiónico de la M.O., dio resultados lógicos, ésta no superó los 200 me/100 gr, estando en general por debajo de 100 me/100 gr.

El otro motivo, válido fundamentalmente para los suelos 2, 4, 5 y algunos horizontes del suelo 6, es la baja capacidad de intercambio de los minerales arcillosos.

Los suelos 1 y 3 tienen los valores más altos, como ya fue dicho y esto coincide con el hecho de ser los 2 suelos menos evolucionados, las diferencias entre ellos a pesar de que puedan provenir de un mismo material geológico, se puede deber a que éste sufrió la influencia del material preexistente en la zona cuando se depositó el que dió origen a los suelos, este hecho se hace aún más evidente en lo que respecta a los óxidos de hierro como ser verá más adelante.

CUADRO No.6

Calcio como porcentaje de total de bases

más aluminio

Suelo	Horizonte	Ca porcentaje del total de base + aluminio
1 F51/ob.8	A11	76.4
	A12	85.4
	B1	79.2
	IIB21	78.4
	IIB22	75.6
	IIIB3ca	65.7
2 Coquimbo	A11	54.16
	IIA12b	63.3
	IIA2b	65.0
	IIB2bt	59.6
	IIB3b	57.0
	IIC1b	69.2
	IIIC2b	74.6
3 F43/ob.1	A1	79.0
	IIB1	85.6
	IIIB2. t	83.6
	IIIB3	85.6
	IIIC2b	82.9
4 F43/ob.2	A1	71.0
	A2	56.7
	AB	66.2
	B2t	64.6
	B3	64.6
5 F43/ob.6	A11	73.9
	A12	72.5
	B21t	72.0
	B22t	69.5
	B3	72.6
6 F43/ob.11	A1	74.1
	A2	61.1
	AB	79.72
	B2t	81.02
	B3	80.5
	C	82.8

#### 4. Cationes intercambiables - % de saturación

Al igual que en los restantes suelos del Uruguay (no alcalinos), los cationes intercambiables dominantes son el Ca y Mg, correspondiendo los valores más altos (cuadro No. 3), a los suelos menos diferenciados (1 y 3) con valores entre 7 y 20.9 me/100 gr para el Ca, Al y B2 respectivamente y entre 1.3 y 13 me/100 gr para el Al del suelo 2 y el C del suelo 6 respectivamente.

La relación Ca/Mg a su vez es máxima en los suelos menos diferenciados, siendo errática en el suelo 1 con un valor máximo en el Al de 9 y un mínimo de 2.3 en el Cca. En los demás suelos esta relación oscila entre 2.5 y 4.2.

El K tiene valores bajos en todos los suelos, en general menor de 0.3 y el Na, algo mayor que el K, no supera en general el valor de 0.9 con un valor próximo a 0.5

Estos resultados son en general algo más altos que los de las Praderas Arenosas de Tacuarembó-Rivera y coincidentes con los de los horizontes A, presentados por J.C. Sganga (1973).

El contenido de aluminio intercambiable es sólo significativo en el suelo 2.

La importancia del Ca con respecto a las demás bases intercambiables es superior en los suelos 1 y 3 coincidente con el carácter de Molisoles de los mismos. (ver Cuadro No. 6)

En lo que respecta al porcentaje de saturación, se pueden clasificar los suelos en 3 grupos:

- a. suelos 1 y 3 en que aumenta progresivamente hasta llegar a 100% de saturación;
- b. Suelo 4 en el que ocurre lo inverso, pasa de 96.9% en el horizonte Al, a 71% en el horizonte B3;
- c. Suelos 2, 5 y 6, en los que el mínimo porcentaje de saturación se encuentra a algún nivel de horizonte B o en el horizonte AB. Este fenómeno ya observado en las Praderas Arenosas de Tacuarembó-Rivera, según A. Durán (comp.pers.), puede deberse a un reciclaje de elementos por las raíces de la vegetación pratense, a nivel del horizonte A.

Podría deberse a su vez, si hubiera ferrolisis, a la sustitución de bases por Al en posiciones no intercambiables o difícilmente intercambiables (Brickman, 1969).

## 5. Oxidos de hierro

El tenor en óxidos de hierro en los suelos analizados es bajo, y muy bajo en comparación a otros suelos del país, especialmente a los del área basáltica (C.Velozo, C.Alvarez, 1974), pero similares a los de Tacuarembó-Rivera (A. Durán).

El índice de transporte, salvo para los suelos 2 y 3, es bastante similar al del transporte de la arcilla, y las curvas donde se grafican porcentajes de arcilla y óxidos (ver gráficas) en líneas generales se puede decir que son relativamente paralelas, salvo especialmente el suelo 3. Para la relación arcilla/óxidos, horizonte por horizonte, dentro de un mismo suelo, sólo es relativamente constante para los suelos 4 y 5, siendo muy diferente en todos los demás, lo cual hace suponer un mecanismo de transporte, diferente al de migración conjunta con los coloides minerales del suelo, por porcosos puramente físicos.

En el suelo 1, este comportamiento anormal puede deberse a errores en la determinación, dado que los contenidos de hierro son muy bajos y en estas condiciones el método volumétrico utilizado es poco sensible, según F.N.Eard, H.W.Lakin, F.C.Canney y otros (1963) que recomiendan para tenores inferiores al 1%, el método colorimétrico de la O-fenantrolina.

Para el caso del suelo 3, el comportamiento de los óxidos no parece tener que ver con los coloides, ni orgánicos ni minerales.

Según A. Durán (com.pers.) podría deberse a que los óxidos estuvieran recubriendo las partículas de arena y no las de arcilla. En este caso, esta puede ser la explicación, más por el hecho de que las Areniscas de Asencio pueden haber sufrido un proceso de ferrificación posterior a su deposición, pudiendo conservar parte del hierro, luego de su retransporte y no haberlo cedido aún, dado que no se trata de un suelo muy evolucionado.

En lo que respecta a los demás suelos, no parece haber ocurrido un fenómeno como el descrito, Mattson (1931) citado por G.W. Robinson, de movilización conjunta por solvatación del humus formado en condiciones de contenido básico alto.

Cuadro No. 7

Porcentajes de las distintas fracciones coloidales del suelo, capacidad de intercambio de la arcilla corregida por materia orgánica (K=1), índices de transporte de arcillas y óxidos y relación arcilla:óxidos de Fe

Suelo	Horizonte	Arcilla %	M.O. %	Oxidos libres %	C.I.C. arcilla	Indice transpo arcilla	Indice transp. óxidos	Relación arcilla: óxidos Fe
1 43/ob.8	A11	12,3	1,83	0,2	53,4			61,5
	A12	13,0	1,08	0,25	62,4			52,0
	B1	27,0	1,30	0,3	58,5	2,91	3,00	90,0
	II B21t	35,9	0,76	0,6	68,9			59,8
	II B22t	33,0	0,33	0,23	74,4			143,5
	II B3ca	31,2	0,28	0,3	69,29			104,0
2 Quimbo	A1	6,1	0,53	0,15	38,85			40,7
	II A12b	9,0	0,67	0,25	39,22			36,0
	II A2b	14,5	0,64	--	41,58			--
	II B2b	37,8	1,64	1,5	42,48	6,19	10,0	25,2
	II B3b	29,5	0,72	1,5	46,03			19,7
	II C1b	26,6	0,42	0,9	51,05			29,6
	III C2b	36,4	0,14	0,2	66,64			18,2
3 43/ob.1	A1	16,4	2,31	0,45	69,45			36,4
	II B1	30,6	1,42	0,4	65,62			76,5
	II B2t	32,1	0,36	0,5	78,3	1,96	1,25	64,2
	III B.3	30,6	0,30	0,4	78,75			76,5
	III Cca	26,7	0,19	0,45	82,4			59,3
4 43/ob.2	A1	8,4	0,72	0,4	29,48			21,0
	A2	8,0	0,30	0,32	40,0			25,0
	AB	16,9	0,43	0,7	53,07	3,91	3,75	24,1
	B2t	31,3	0,60	1,2	57,82			26,1
	B3	24,0	0,30	0,9	66,25			26,7
5 43/ob.6	A11	9,2	1,76	0,4	43,91			23,0
	A12	9,8	0,94	0,6	45,5			16,3
	B21t	34,8	1,22	1,6	53,96	3,78	4,0	21,8
	B22t	34,7	1,04	1,4	48,8			24,8
	B3	28,9	0,36	1,5	57,92			19,26
6 43/ob.11	A1	5,7	0,28	0,7	61,75			8,14
	A2	5,3	0,22	0,4	46,76			13,25
	AB	21,8	0,53	--	39,31	4,75	4,75	
	B2t	27,1	0,66	1,9	60,29			41,1
	B3	24,0	0,44	1,4	66,50			17,1
	C	20,3	0,30	1,3	85,22			15,6



Sería interesante, en los horizontes A2 y AB, estudiar si la proporción de Fe amorfo es muy importante, como ocurrió con la Pradera gris amarillenta analizada por R. Puentes y R. Cayssials (1974) que los autores explicaban tentativamente por la "existencia de mecanismos físico-químicos, de intenso ataque a los minerales en presencia de hidromorfismo" condiciones estas similares a los suelos 2, 4 y 6 fundamentalmente, y que aquí, se sospecha pueden deberse a procesos de ferrolisis.

Estos resultados llevaron a hacer una revisión de los diversos autores acerca del comportamiento de la fracción arcilla, durante los procesos de pedogénesis.

### ALGUNOS PROCESOS INVOLUCRADOS EN EL CAMBIO DE CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO EN LOS DISTINTOS HORIZONTES DEL PERFIL

#### Antecedentes

##### a) Mecanismos físicos

Lixiviación diferencial. C. Viçtora y J. Zamalvide (1972) estudiaron la C.I.C. de la M. O. de diversos suelos del Uruguay, y observaron que la C.I.C. de la arcilla aumentaba en los horizontes iluviales del suelo, proceso que explicaban por la migración diferencial de las arcillas (migración de las fracciones de menor tamaño dentro de un mismo mineral arcilloso, y/o cambios de composición del mineral arcilloso iluviado) o por discontinuidades litológicas.

A. Durán (com.pers.) trabajando con J. Zamalvide determinaron en un suelo de la Cuenca de la Laguna Merín, dividiendo la fracción arcilla en 2 tamaños de partículas, que la fracción fina era más de un 50% mayor en el horizonte iluvial que en el eluvial.

La publicación preliminar del U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, "Soil Taxonomy" (1973) al caracterizar el horizonte argílico, expresa que la arcilla que se mueve, no difiere usualmente en mineralogía con la arcilla del mismo tamaño que no se mueve.

Por otra parte se indica que en mezclas de arcillas, hay seguras evidencias que la montmorillonita debida a su menor tamaño se remueve/completamente del Horizonte A, que los otros componentes de la mezcla.

/más/

De otra manera, si la relación sílice/sesquióxidos de la fracción arcilla se mantiene más o menos constante, esto indicaría la ausencia de grandes diferencias en la composición química de las arcillas en los diferentes horizontes del perfil.

Finalmente, en dicha publicación, se muestran datos analíticos de distintos suelos en los cuales se ve que la relación arcilla fina/arcilla total, aumenta significativamente en los horizontes B argílicos de 3 suelos de texturas finas, de lo cual se puede concluir una migración diferencial, por lo menos en lo que tiene que ver con el tamaño de partícula y por lo tanto con la C.I.C. que es un fenómeno de superficie.

K.W. Flach, N.B. Nettleton, C.H. Gils y G. Cady (1970) muestran la evolución conjunta de la C.I.C. y la concentración de las partículas menores de arcilla.

Estos autores afirman que la supuesta disminución del contenido de arcilla, de ciertos horizontes eluviales puede ser explicada por el concrecionamiento de parte de la arcilla presente por la acción de agentes cementantes.

#### b) Procesos químicos

Según S. Caillere y S. Henin (1963) la capacidad de intercambio de las arcillas más comunmente presente en los suelos es la siguiente:

Montmorillonita 100-130 me/100 gr  
 Beidellita-montronita 100-120 me/100 gr  
 Cardenita 91 me/100 gr  
 Saponita 50-60 me/100 gr  
 Illita 20-30 me/100 gr  
 Halloysita 10-25 me/100 gr  
 Cloritas 10-15 me/100 gr  
 Caolinita, menos de 20 me/100 gr (alrededor de 12 me/100 gr para otros autores).

Según G. Millot (1964) si el suelo es muy evolucionado y si están en él presentes minerales muy vulnerables como la montmorillonita y la clorita, pueden aparecer diferencias importantes de la composición de la mezcla de arcillas, a lo largo del perfil y presenta datos de disminución proporcional o desaparición de estos minerales vulnerables de la parte superior del perfil y aumento de los más estables.

Según este autor, el orden de desaparición del perfil en función del tiempo y de la evolución del mismo (lixiviación, dispersión y fraccionamiento químico) sería: montmorillonita, vermiculita, interestratificados, cloritas, illita y caolinita).

Duchauffour (1973) dice que la montmorillonita es muy poco estable en medio ácido, lo cual importa por ser ésta la característica de estos suelos. Según J.A. McKeague, G.A. Baurbean y D.B. Conn (1967) citados por J.A. McKeague y M. A. Renaud (1969), la alteración in situ podría ser la causa del aumento de arcilla fina en algunos horizontes argílicos, aunque estos les resulta poco probable.

Citan a su vez que algunos suelos no tienen relación arcilla fina a total, mayor en el horizonte argílico.

Neogénesis. G. Pedro, M. Janagna y J.C. Bergon (1969) señalan que por "solubilización" la sílice y los cationes alcalinos solubilizados, pueden ser eliminados del medio, mientras que el aluminio permanece in situ, por lo que de la misma manera la naturaleza de las filitas neogénicas depende del ritmo de eliminación de sílice que se deposita en capas tetraédricas y de cationes como Na, K, Ca que pueden adsorberse dentro de las intercavas.

Por lo que para estos suelos, para la misma capa de gibbsita, pueden concebirse la formación de tres clases de minerales arcillosos, según el grado de lixiviación:

1. Bisialización: Formación de esmectitas (montmorillonita, etc.)

Lixiviación débil: suficiente cantidad de SiO<sub>2</sub> en el horizonte iluvial para permitir neoformación de filitas 2/1 con una parte de los cationes retenida en intercava (eliminación de SiO<sub>2</sub>, menor que las bases).

2. Caolinización: Si la lixiviación es más fuerte, la desilisificación es más intensa, permitiendo la génesis de filitas con una sola capa tetraédrica (1/1) caolinitas

3. Alitización: Con lixiviación más intensa aún, la desilisificación es completa de manera que las capas octaédricas permanecen libres (gibbsitas).

Por lo que estos autores concluyen que la neoformación geológica en horizontes eluviales depende de la velocidad de eliminación de la sílice con respecto a la de los cationes.

De esta forma, la C.I.C. de los minerales arcillosos de los horizontes superficiales, puede depender en parte de la predominancia de algunos de estos procesos descritos.

G. Millot (1964), describe otro fenómeno, que puede ocurrir sólo en ciertos horizontes de acumulación iluviales de los suelos, que llama agradación, que describe como inverso a la degradación. De manera simplificada, en presencia de un catión confinado, las esmectitas pueden adsorber K, Na, etc. y pierden la capacidad de expandirse en proceso reversible, dependiente de la concentración de estos cationes; de esta forma en estos horizontes altamente saturados, podría por agradación, disminuir la capacidad de intercambio catiónico.

B. Sillfert y R. Weg (1961) citados por Duchaufour mostraron el rol de los complejos húmicos en la evolución de la neoformación de arcillas.

El aluminio en forma de aniones complejos  $Al(C_2O_4)_3^{-3}$  puede directamente o en presencia de sílice en solución, dar una forma paracristalina de la caolinita.

A.C. Oertel (1968) determinó que en algunos suelos la alteración in situ era el factor principal que explica el contenido mayor de Aluminio en el A (con respecto al B) de algunos Solonetz solidizados y del B de tierras rojas pardas (dado que la densidad era menor donde aumentaba la arcilla y el cociente de los tenores de Al y Fe en un suelo era constante para todo el suelo y para la fracción arcilla).

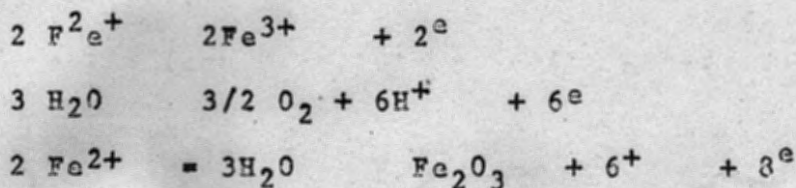
Según J.M. Williers (1969) los recubrimientos superficiales de material hidroxipolímico (especialmente aluminio) tienen profundas consecuencias físico-químicas entre las que están la reducción de la C.I.C., cierta inmunidad a la alteración ácida y acidez latente o titulable.

R. Briechman (1969), describe un mecanismo en que está involucrado el hierro, que puede modificar la C.I.C. de la arcilla del suelo, y que puede ayudar a explicar lo que ocurre en los suelos analizados en el presente trabajo.

El mecanismo sería esquemáticamente el siguiente:

1. Fase anaerobia, el hierro libre es reducido con oxidación de M.O. y formación de  $(OH)^-$ ; El hierro ferroso desplaza cationes que son lixiviados
2. Fase aerobia, el  $Fe^{++}$  se oxida produciendo hidróxido férrico e iones hidrógeno. Estos iones desplazan el  $Fe^{++}$  de las posiciones de intercambio y atacan las capas octaédricas y los bordes de las arcillas con "difusión equivalente de hidrógeno contra aluminio" y otros iones de borde/capas octaédricas, con destrucción de una parte de la red cristalina de las arcillas.

Según P. Segalen (com.pers.) la reacción podría ser la siguiente:



Brickman reconoce tres estados en la ferrolisis:

1. Estado inicial. Eliminación de bases intercambiables reemplazadas por aluminio proveniente de la estructura cristalina. El pH de la fase oxidada es bajo y el de la reducida, alto.

El  $H^+$  sustituye al potasio lentamente intercambiable de las illitas que se vuelven expansibles, aumentando transitoriamente su capacidad de intercambio catiónico. Se pueden hidrolizar algunos minerales fácilmente meteorizables reponiendo el porcentaje de saturación y acelerando la ferrolisis.

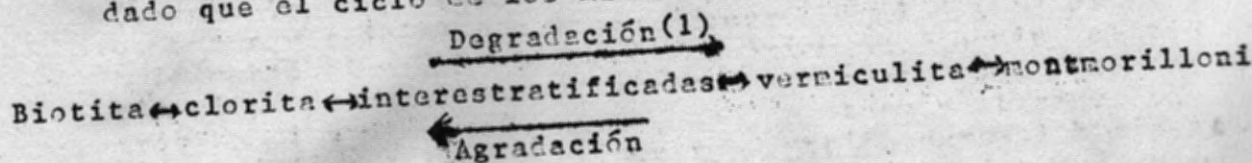
2. Estado principal. El aluminio intercambiable y otros iones son eliminados por destrucción de arcilla con lixiviación de la sílice. Las arcillas de mayor C.I.C. son destruidas más fácilmente, y las del tipo 1/1 prácticamente no se modifican.

Según el volumen de agua que pasa a través del perfil, arrastra el aluminio que es lixiviado y que precipita al aumentar el pH, situándose sobre y entre las capas

de los minerales 2:1, bloqueando su capacidad de intercambio, formando cloritas de baja capacidad. De esta forma, en la parte superior del perfil (horizontes eluviales ferrolizados), se produce un fenómeno de degradación de la arcilla; en cambio en el horizonte iluvial, se produce un fenómeno del tipo descrito por Millot como de agradación con caída de la C.I.C. en ambos horizontes. Las capas inferiores se van acidificando a medida que el agua percola.

3. Estado terminal. Poco contenido de arcilla (fundamentalmente en el A) y la arcilla presente (fundamentalmente en el B) convertida en clorita.

El autor no aclara la diferencia entre lo que ocurre en el A (degradación) que difícilmente termina en clorita, dado que el ciclo de los minerales arcillosos según Millot:



(Cuando la montmorillonita se degrada este proceso ya no es más reversible) con lo que ocurre en el B (más similar a la agradación de Millot (2) que Brickman denomina clorización, proceso inverso y por tanto susceptible de ocurrir en el sentido contrario, en una etapa posterior, en forma similar a lo que el autor describe para el horizonte A, en la primera etapa de la ferrolisis y de donde se desprende la posibilidad de la existencia de una 4a. fase (que cronológicamente no tiene por que ser después de la tercera), con degradación de las cloritas de la parte superior del B2, nuevo posible aumento de la C.I.C., nueva degradación con formación de horizontes B, atacados.

- 
- (1) El ciclo aquí mostrado es sólo un ejemplo y depende de los minerales que estén presentes.
- (2) En este caso, el ion confinado sería aluminio.

Por otra parte, las cloritas formadas en estas condiciones deben ser cloritas secundarias, las cuales según G. Pedro, M. Jamagne y J.J.C. Begon (1969) "este constituyente (2/2) no puede ser considerado muy estable en la escala de los tiempos del Cuaternario", y agregan a su vez que puede despolimerizarse y evolucionar a caolinita.

Consideraciones generales en base a los datos obtenidos en el presente trabajo

De acuerdo a los datos vistos en el cuadro No. 5, en lo que se refiere a la evolución de la C.I.C. a través del perfil en los suelos 1 y 3, esto puede ser explicado sin mayor dificultad, por fenómenos de lixiviación diferencial de la arcilla tanto en lo que se refiere al tamaño de partícula dentro de un mismo mineral arcilloso, como en lo que se refiere al tamaño de los distintos minerales arcillosos (más pequeña la montmorillonita con mayor C.I.C. que otras arcillas) así como la menor estabilidad de la montmorillonita, en medio ácido. (Duchaufour, P.1970)

En el SUELO 1 parecen entrar en juego todos estos factores, es decir en una primera etapa, migración de los minerales arcillosos de menor tamaño en profundidad. Contrariamente a los datos presentados por Soil Survey Staff del U.S. Dep. of Agriculture, Soil Conservation Service (1973), esta migración va más allá del horizonte más pesado pero esto es lógico, dado que la textura muy liviana del material original pudo haber permitido una migración a mayor profundidad de los coloides en las etapas iniciales de la diferenciación, y está de acuerdo con la teoría universalmente aceptada del crecimiento de los horizontes de acumulación hacia arriba y con los resultados obtenidos por A. Durán en algunas Praderas Arenosas de Tacuarembó-Rivera, así como en los datos analíticos de la C.L.M. (área de Yaguaron), donde se observan los 3 tipos de resultados aquí obtenidos, es decir: máxima C.I.C. de la arcilla en el horizonte B2, en el horizonte B3 y en algunos suelos muy diferenciados (Planosoles), en el C, de donde no se descarta un cierto paralelismo en la génesis de estos suelos limosos con los arenosos aquí estudiados.

Es lógico por otra parte que en suelos formados en materiales más finos, esta migración no vaya más allá, o por lo menos sea máxima en el horizonte más pesado del perfil.

En lo referente a este suelo podría ocurrir que posteriormente y por lavado de cationes se fueron acidificando los horizontes superiores, siendo mayor esta acidificación en el horizonte A11 y B1 que en el A12. Por otra parte la mayor acidez de los horizontes A11 y B1 puede deberse al mayor contenido de materia orgánica de los mismos (1).

El movimiento de la arcilla en el SUELO 3 es similar al SUELO 1, la diferencia puede radicar en un transporte más profundo de los materiales más finos y/o una posible discontinuidad en el horizonte B1, que se nota tanto en el porcentaje de las distintas fracciones de la arena, como en un mayor tenor de óxidos de hierro en dicho horizonte, por tanto, la composición de los minerales arcillosos puede ser distinta o los óxidos de hierro pueden estar bloqueando algunas posiciones de cambio, aunque esta razón no parece en este caso muy convincente dado que en este perfil los óxidos de hierro parecen comportarse de manera independiente de la arcilla, lo que se discutirá más adelante.

En los restantes suelos mucho más maduros (mayor índice de transporte de arcilla) parece claro que los cambios en la C.I.C. de las arcillas están más ligados a la evolución de los mismos, que a posibles diferencias inherentes al material generador, por lo menos en los horizontes en los que la pedogénesis fue más intensa.

Estos suelos tienen C.I.C. de las arcillas similar a los gris amarillentos de la zona Tacuarembó-Rivera, pero su comportamiento (exceptuando el suelo 5) parece difícil de explicar por los mecanismos descritos para los suelos anteriores.

El SUELO 5 parece tener una discontinuidad al nivel del horizonte B3, si nos atenemos a la variación errática de la C.I.C. de la arcilla y el cociente arcilla/óxidos, pero esta no se vio reflejada en variaciones de las fracciones del suelo en el análisis mecánica, razón por la cual serían necesarios análisis mineralógicos antes de adelantar una hipótesis.

(1) No se descarta la posibilidad de una etapa inicial de ferrolisis dado que hay algunos indicios de hidromorfismo.



En lo demás el comportamiento es similar al 1 y 3, pero no se puede descartar que hayan ocurrido otros fenómenos dado que su descripción presenta señales claras de hidromorfismo y los valores de la C.I.C. son similares a los de los otros suelos (2, 4 y 6) para los cuales parece necesario buscar explicar su génesis por otros mecanismos más complejos que los de los suelos 1 y 3.

Las razones para ello son:

1. Presencia de horizonte AB en los suelos 4 y 6 y un A2 más pesado que el A1 (suelo 2);
2. Señales de hidromorfismo acentuada (noteados, concreciones, horizonte álbico, napa colgada, etc.);
3. Valor más elevado de la C.I.C. de la arcilla en el horizonte C, de los suelos 2 y 6 que en los horizontes de acumulación;
4. Baja capacidad de intercambio en todo el perfil;
5. Descenso del pH en profundidad (suelo 4 y 6);
6. Movilización muy importante de óxidos con un índice de transporte más alto que el de la arcilla para el SUELO 2, curvas no paralelas y relación arcilla/óxidos de hierro no constante a través del perfil exceptuando los suelos 4 y 5.
7. Parece difícil poder explicar la pérdida arcilla en los horizontes superiores por la acumulación producida en los horizontes iluviales. Por no conocerse la densidad aparente de estos suelos, no se pudo calcular las posibles pérdidas de arcilla.

Este conjunto de elementos hacen suponer que existe un fenómeno del tipo del descrito por Brickman, analizado con anterioridad en el presente trabajo.

Esto podría explicar además la formación del horizonte AB, que podría deberse a un ataque de la parte superior del horizonte B2 por el hierro en una 4ta. fase de la ferrolisis que no tiene porque darse cronológicamente después de la tercera descrita por Brickman, sino concomitante con las últimas fases de la segunda.

Otra explicación de ña formación de este horizonte que no excluye la posibilidad de la ferrolisis estarñada segñ G. Elizalde (com.pers.) por migración lateral de la arcilla.

En este caso y en especial dado el hecho anteriormente mencionado, de que en condiciones de mal drenaje una vez que los agregados de arcilla y óxidos de fe son destruidos, ésta puede migrar muy fácilmente y dado que estos suelos se presentan en zonas con pendientes más o menos fuertes, mas de 4%, el agua que se mueve entre el A y el B puede arrastrar cierta cantidad de arcilla produciéndose a lo largo de la ladera, una zona de pérdida de coloides, una de equilibrio y finalmente, una de acumulación, donde se formaría dicho horizonte, esto podría ser fácilmente comprobado, mediante la realización de un corte o por un estudio micromorfológico de la orientación de los cristales de arcilla en su deposición.

Sería interesante además, completar los presentes análisis con los de la fracción arcilla, por difracción de Rayos X, lo cual daría indicios más claros de si se están produciendo procesos del tipo de la cloritización, descritos por Brickman.

\*

Encontrándose redactado el presente informe se recibió los resultados de análisis de arcillas de algunos suelos del Uruguay proporcionados por P. Segalen entre los que se encontraba el horizonte B<sub>2</sub> del suelo 2 Coquinbo y que dió como resultado : "Illita, un poco de montmorillonita e interestratificados (posiblemente illita-clorita) y trazos de metahalloysita. "

## APENDICE

### Padrón de suelos y algunas consideraciones de caracter geológico y geomorfológico del área

#### Areniscas de Salto

Son areniscas y areniscas conglomerádicas ocasionalmente sili-  
cificadas de origen fluvial, con facies lacunares, que según  
J.Bossi (1966) datarían de fines del Terciario, principios del  
Cuaternario,

D. Antón (com.pers.) opina que podrían encontrarse algo más  
atrás dentro del Terciario.

La zona en estudio pertenece a los yacimientos situados más al  
sur de dicha Formación (Norte del Río Negro) y presenta un re-  
lieve ondulado a ondulado suave, con formas netamente desiné-  
tricas, sobre las vías de drenaje que podrían deberse, según  
M.Ecochard (com.pers.) a la influencia de un viento predomnan-  
te.

Se distinguen claramente dos tipos de materiales que evolucionan  
gradualmente del uno al otro. Las pendientes más fuertes  
están ocupadas por el material litológicamente más arenoso,  
dando por esta razón suelos más diferenciados y las laderas  
más suaves, por materiales más finos, dando suelos menos evo-  
lucionados e incluso Grumosoles.

Si se hiciera un corte en estas zonas, se vería inferiormente  
el material típico de Areniscas de Salto, que hacia arriba va  
enriqueciéndose en arcilla, hasta llegar en una transición muy  
gradual, al material arcilloso, que dio lugar a los Grumosoles.

Esta visión es un poco simplificada porque la presencia de  
facies lacunares dentro de la formación Salto, permite el desa-  
rrollo de lentes de arcillas verdes dentro de las areniscas  
descritas, que pueden originar suelos pesados estos sí forma-  
dos "in situ". Por lo antedicho, se supone que los únicos sue-  
los formados "in situ" (además de los anteriormente citados)  
son los arenosos de pendientes más pronunciadas y situadas  
cronoestratigráficamente por debajo de los primeros citados.  
A medida que se asciende en la columna cronoestratigráfica, el  
material ha sido más retransportado y ha recibido influencia  
creciente de material alóctono eólico. Este transporte y aporte  
concomitante, se deben situar en la base del Cuaternario,  
(formación Libertad), muy extendida en todo el litoral y di-  
fícilmente identificable en su base, cuando se desarrolla en  
la proximidad de sedimentos no o poco consolidados.

Los suelos 2 (Coquimbo) y 1 (F51/ob.8) son respectivamente buenos ejemplos de ambas situaciones

### Areniscas de Asencio

Son areniscas de origen posiblemente eólico, de clima árido, depositadas durante el período Cretáceo. Esta Formación es dividida por J. Bossi (1966) en dos miembros: Miembro del Palacio, facies ferrificada con posterioridad a su deposición, según las teorías más aceptadas y Miembro Yapeyú, de areniscas no ferrificadas.

El retroceso fundamentalmente de la escarpa menos ferrificada, de esta Formación dió origen al material sobre el que se desarrollan los suelos arenosos de la Asociación Algorta.

Los suelos menos maduros y más pesados, como el caso anterior, deben pertenecer también a la formación Libertad, siendo muy difícil distinguir el origen cuando es muy próximo a la base del segundo.

Todo parece indicar que el suelo 3 pertenece a Libertad, en tanto el 4 y el 5 al retroceso de la escarpa de Asencio.

### Areniscas de Guichón

Según J. Bossi (1966), son areniscas de grano fino y bien redonda, bien clasificada, con cemento arcilloso de naturaleza montmorillonítica y de origen mayoritariamente eólico. También en este caso, el retroceso de la escarpa de Guichón dió origen a la Unidad Chapicuy, de relieve ondulado suave y padrón de suelo en lo referente a su diferenciación, similar al de las otras dos unidades estudiadas, es decir, los suelos más diferenciados coinciden en las litologías más arenosas y topografía más energética.

El suelo 6 pertenece a una situación extrema en este sentido:

Descripción N°8

N°de análisis 1509 a 1514

Fotoíndice LI

Fotos: 24-114

Suelo: Pradera arenosa de mediana lixiviación

Localización: 1 Km. al NE de Pueblo Sánchez

Condiciones del tiempo de muestreo: sol

Instrumento usado: máquina hidráulica

Material Madre: Lodolita arenosa. Formación Salto

Relieve: Ondulado, interfluvio ligeramente convexo

Posición topográfica: Ladera alta.

Pendiente: 1 - 2%

Drenaje externo: Moderadamente lento

Profundidad de napa: No se encontró

Erosión: Nula

Rocosidad: No existe

Uso Actual: Pastoril (estival) y cultivos estivales

Vegetación: Pastura pratense.

- 0 - 30 cm.      Color 10 YR 2/1.6 (pardo muy oscuro); textura franco arenoso pesado (arena media y gruesa); friable, débilmente plástico y débilmente pegajoso; estructura en bloques subangulares de 5 a 20 mm. de grado débil; pH 5.6. Transición gradual.
- A<sub>11</sub>
- 30 - 40 cm.      Color 10 YR 2/1.6 (Pardo muy oscuro), textura franco arenoso (arena media y gruesa); friable a firme, débilmente plástico y pegajoso; estructura en bloques subangulares 5 a 20 mm. de grado débil; pH 6.2. Transición gradual.
- A<sub>12</sub>
- 40 - 56 cm.      Color 10 YR 2/2 (Pardo muy oscuro) con moteados color 10 YR 5/6 (pardo amarillento) poco comunes de 1 a 2 mm., contraste tenue y límites difusos. Textura franco arcillo arenoso (arena media y gruesa); consistencia firme en húmedo, plástico y pegajoso en mojado. Películas de arcilla 10 YR 2/1.4 (negras) delgadas y discontinuas. Concreciones de Fe y Mn de 2 a 5 mm. pocas y duras; pH 5.4. Transición clara.
- B<sub>1</sub>

Descripción N° 8

- 56 - 80 cm. Color 10 YR 4/1 (gris oscuro) con moteados 10 YR 4/4 (pardo amarillento oscuro) comunes, de 1 a 5 mm., contraste neto y límites claros.  
IIB22 Textura arcillo arenoso (arena media y gruesa) con gravilla de tamaño 2 a 50 mm. abundantes, consistencia muy firme muy plástico y pegajoso.  
\* Películas de arcilla 10 YR 3/1 (gris muy oscuras) medias y gruesas, continuas concreciones de Fe y Mn de 2 a 5 mm comunes pH 6.3.  
Transición gradual.
- 80 - 100 cm. Color 10 YR 5/1.4 (gris a pardo grisáceo), textura franco arcillo arenoso (arena media y gruesa) con gravilla de tamaño 2 a 50 mm., abundantes, consistencia muy firme, muy plástico y pegajoso.  
IIB22 Películas 10 YR 4/2 (pardo grisáceo oscuras) y pH 7.2.  
Transición difusa.
- 100 - 120 cm. Color 10 YR 6/3 (pardo claro), textura arcillo arenoso (con arena media y gruesa) y gravilla de 2 a 50 mm., abundantes. concreciones de carbonato de calcio de 5 a 15 mm., friables y pocas; pH 7.3.  
IIB3ca

\* gravas y gravillas abundantes

Descripción N°7

N° de análisis: 1218 a 1224

Coquimbo

Fotoíndice: LII - Paysandú

Foto: 24-046

Suelo: Planosol

Localización: 3 Bocas, 4 Km. al Sur de la radial ruta 24 a Yung

Condiciones del tiempo en el muestreo: Sol, suelo húmedo

Instrumento usado: Corte de camino

Material Madre: Areniscas con cemento arcilloso- Salto

Relieve: Ondulado suave

Posición topográfica: Ladera convexa parte alta

Pendiente 4%

Drenaje externo

Profundidad de napas:

Erosión: Nula

Rocosidad: No existe

Uso actual: Pastoril

Vegetación: Pastura pratense

Descripción: A.Kaplán, A. Durán

0 - 20 cm.

A<sub>11</sub>

Color en seco, 10 YR 5/2 (pardo a pardo grisáceo); en húmedo 10 YR 4/2 (pardo grisáceo oscuro); textura arenosa franco a arenoso. Estructura en bloques sub-angulares de 10 a 20 mm. débil, blando a suelto en seco; pH 4.5; transición clara.

2- - 45 cm.

II A<sub>12b</sub>

Color en húmedo 10 YR 3/2 (pardo grisáceo muy oscuro) textura arenoso franco a franco arenoso; estructura en bloques angulares de 10 a 20 mm., débiles y consistencia en húmedo; muy friable, pHc 5.5; transición gradual, no plástico no pegajoso.

45 - 60 cm.

II A<sub>2b</sub>

Color en seco, 10 YR 5/2.5<sub>p</sub> (pardo a pardo grisáceo) y en húmedo 10 YR 3/2 (pardo grisáceo oscuro) con motas comunes grandes, color 10 YR 5/6 (pardo amarillento) y 10 YR 3/2 (pardo grisáceo muy oscuro), de textura franco arenosa y estructura en bloques subangulares de 20 a 50 mm. débiles con consistencia en húmedo muy friable. duro en seco con moteados comunes grandes contraste neto color pardo amarillento (10 YR 5/6) y pocos, medianos, tenues de color pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2). pHc 4.8

## Descripción N°7

60 - 71 cm.

II  
b2bt

Color en húmedo 7.5 YR 3/2 (pardo oscuro) con notas grandes, comunes, color 5 YR 5/8 (rojo amarillento) y 2.5 YR 4/8 (rojo), textura arcillo arenoso estructura en prismas de más de 100 mm., que rompen en bloques angulares de 10 a 20 mm., fuertes. La consistencia en húmedo es muy firme películas de arcilla medias, continuas en todas las caras y color rojo (2.5 YR 4/8). pH 4.8 Transición gradual.

71 - 90 cm.

IIB 3b

IIB3b

Color 2.5 Y 5/2 (pardo grisáceo) en húmedo con notas 7.5 YR 5/6 (pardo fuerte) y 2.5 YR 4/8 (rojo) abundantes, grandes, textura franco arcillo arenoso. Estructura en bloques angulares de más de 50 mm., fuerte, consistencia en húmedo muy firme; en seco muy duro con películas de arcilla gruesas discontinuas en todas las caras de color 4.5/2) pHc 5. Transición difusa.

10 YR

90 - 126 cm.

IIC1b

Color pardo grisáceo (2.5 YR 5/2) en húmedo con notas pardo fuerte (7.5 YR 5/8) pocas muy pequeñas y de contraste tenue y rojas (2.5 YR 4/8) abundantes grandes de contraste sobresaliente y límite claro, textura arcillo arenosa, estructura en prismas muy grandes fuertes, consistencia en húmedo muy firme, en seco muy duro, presenta concreciones de Fe Mn medias, pHc 5.5. Transición difusa.

126 - 166 cm.

IIIC2b

Color en húmedo 2.5 Y 6/2 (gris pardusco claro) con moteados comunes 7.5 YR 5/8 (pardo fuerte); textura arcillo arenosa de consistencia en húmedo muy firme; pHc. 6.3

166 - y más cm.

IIIC3b

Color 5 Y 6/2 (gris oliva claro) y 7.5 YR 6/3 (oliva pálido). se debe a nódulos arcillosos en una matriz arenosa. pHc 6.2



Descripción N°1

N° de análisis: 1479 a 1483

Fotoíndice XLIII- Paysandú

Foto: 24-87

Suelo: Pradera de lixiviación media

Localización: Norte de Ruta 90 - Colonia 19 de abril

Condiciones del tiempo de muestreo: Día de sol; suelo seco.

Instrumento usado: Máquina hidráulica.

Material Madre: Arenisca con cemento arcilloso del Período Cretáceo.

Relieve: Ondulado

Posición Topográfica: ladera alta de forma convexa

Pendiente: 3-a 5%

Drenaje externo: Moderado rápido

Profundidad de napa: No se encontró

Erosión: Nula

Roccosidad: No existe

Uso actual: Pastoril

Vegetación: Pastura pratense

- 0 - 18 cm. Color en seco 10 YR 4.6/2 (pardo grisáceo) en húmedo 10 YR 2/2 (pardo muy oscuro); textura franco arenoso, ligeramente duro en seco, friable, debilmente plástico y pegajoso; pH 5.  
A<sub>1</sub> Transición gradual
- 18 - 41 cm. Color en seco 10 YR 3.6/1 (gris oscuro) en húmedo 10 YR 2.4/1.4 (próximo a negro); textura franco arcillo arenoso pesado, muy duro en seco, firme en húmedo y plástico y pegajoso en mojado, pH 5.7.  
IIB<sub>1</sub> Transición clara.
- 41 - 80 cm. Color 10 YR 4.6/1 (gris), moteados 2.5 YR 4/8 (rojos) poco comunes de 2 a 5 mm. de contraste sobresaliente y límites claros, y 10 YR 3/8 (pardo amarillento oscuro) comunes de 2 a 5 mm. de contraste neto y límite difuso; textura franco arcillo arenosa, muy duro en seco, firme en húmedo y plástico y pegajoso en mojado; pH 6.4.  
IIB<sub>2t</sub> Transición gradual.
- 80 - 101 cm. Color 7.5 YR 5.6/4 (pardo claro), textura franco arcillo arenosa; muy duro en seco, firme, plástico y pegajoso; pH 7.2. y reacción moderada al HCl  
IIIB<sub>3</sub> Transición gradual.
- 101 - 121 cm. Color 7.5 YR 5.6/2 (pardo); textura arcillo arenoso a franco arcillo arenoso, concreciones de carbonato de calcio de 2 a 5 mm, 2 a 5% del material y friables; pH 7.2 reacción al HCl fuerte.  
IIIC<sub>ca</sub>

Fotoíndice LXIII Paysandú

Foto: 27-139

Suelo: Pradera arenosa muy lixiviado (planosol)

Localización: Ruta 90 antigua a 6 Kms. al Este de Piedras Coloradas

Condiciones del tiempo de muestreo- Día de sol, suelo seco.

Instrumento usado: máquina hidráulica.

Material madre: Arenisca con cemento arcilloso, período cretáceo.

Relieve ondulado de formas de disección.

Posición topográfica: ladera alta.

Pendiente : 3%

Drenaje externo: Por la rápida infiltración y la capacidad del horizonte A de almacenar agua, se interpreta que no existe practicamente escurrimiento superficial.

Profundidad de la napa: no se encontró

Erosión : nula

Rocosidad: no existe

Uso Actual: cultivos estivales

Vegetación: Prtatanse estival

- 0 - 56 cm.      Color en seco 10 YR 5.5/2 (pardo grisáceo claro) y en  
A<sub>1</sub>              húmedo 3.4/2 (pardo grisáceo muy oscuro). textura  
arenoso franco a arenoso con arena media, gruesa, duro en seco, muy friable en húmedo, no plástico ni pegajoso en mojado; pH 6.0  
Transición clara.
- 56 0 72 cm.      Color en seco 10 YR 7/2 (gris claro) en húmedo 10 YR  
A<sub>2</sub>              4.4/3 (pardo) textura arenoso a arenoso franco (media y gruesa), duro en seco muy friable, no plástico ni pegajoso, pH 4.8 .  
Transición clara.
- 72 - 84 cm.      Color pardo grisáceo (10 YR 5/2) con moteados 10 YR  
AB              5/6 (pardo amarillento), textura franco arenoso (gruesa y media), firme, plástico y pegajoso, pH 5.9  
Transición clara.
- 84 - 113 cm.      Color 10 YR 6/2 (pardo grisáceo claro) moteados 10  
B2b              YR 3/6 (pardo amarillento oscuro), textura franca. Arcillo arenosa (Arena . media), películas de arcilla gris oscuras, gruesas en todo el agregado y continuas, pH 6.2. Transición gradual.

Descripción N°2

- 113 - 130 cm. Color 10 YR 4/6 (pardo amarillento oscuro y  
B3 10 YR 7/2 (gris claro), textura franco arcillo  
llo arenoso (Siena \* media), pH 6.2  
Transición gradual.
- 130 y más cm. Color 10 YR 4/6 (pardo amarillento oscuro),  
C textura franco arcillo arenoso y pHc 6.2

Fotoíndice: XLIII - Paysandú

Foto: 6 - 165

Suelo: Pradera arenosa de máxima lixiviación

Localización- Ruta 25 a 8 1/2 Kms. al sur de Algorta

Condiciones del tiempo de muestreo: sol, suelo seco.

Instrumento usado: Máquina hidráulica

Material Madre: Arenisca con cemento arcilloso- Período Cretáceo

Relieve: Ondulado de forma de disección

Posición topográfica: Ladera media

Pendiente: 3%

Drenaje externo: de poca importancia, alta infiltración y capacidad de almacenar agua en el suelo

Profundidad de napas: No se encontró

Erosión: No existe

Rociedad: No existe

Uso Actual: Pastoral

Vegetación: Pratense estival

- 0 - 42 cm.            Color en seco 10 YR 4/1 (gris oscuro) y húmedo 10 YR 3/2 (pardo grisáceo muy oscuro), textura franco arenosa a arenoso franco, ligeramente duro en seco, muy friable en húmedo y no plástico ni pegajoso en mojado, pH 5.4.  
A<sub>11</sub>                    Transición gradual.
- 42 - 55 cm.            Color en seco 10 YR 5.4/2 (pardo grisáceo) y en húmedo 10 YR 4.4/2 (pardo grisáceo oscuro), textura arenoso franco franco arenoso; ligeramente duro en seco, muy friable, no plástico, ni pegajoso, pH 5.4.  
A<sub>12</sub>                    Transición clara.
- 55 - 76 cm.            Color 10 YR 3/1 (gris muy oscuro) con moteados 7.5 YR 5/6 (pardo fuerte), comunes de 2 a 5 mm. sobresaliente y límites claros de 10 R 4/6 (rojas), pocas de 1 a 2 mm., sobresalientes y límites abruptos; textura arcillo arenosa franco arcillo arenosa (media y gruesa), firme, plástico y pegajoso, películas de arcilla y pH 5.2.  
B<sub>21t</sub>                    Transición gradual.

Descripción N°6

76 - 100 cm.

B<sub>22t</sub>

Color 10 YR 5/1.4 (gris a pardo grisáceo) con moteados 7.5 YR 5/6 (pardo fuerte) abundantes 5 a 15 mm., sobresalientes de límites claros y 10 YR 4/6 (rojo) comunes 2 a 15 mm., sobresalientes de límites abruptos. Texturas franco arcillo arenoso a arcillo arenosos (media y gruesa) firme, plástico y pegajoso; películas de arcilla y pH 5.4 Transición difusa.

100 - y más  
cm.

B<sub>3</sub>

Color 10 YR 6/2 (pardo grisáceo claro) con bandas 10 R 3/6 (rojo oscuro) y 7.5 YR 5/6 (pardo fuerte), textura franco arcillo arenoso (media y gruesa), concreciones de Fe y Mn de 2 a 5 mm. en descomposición pH 5.8

Descripción N°11

N° de análisis: 1499 a 1504

Fotoíndice XLIII - Paysandú

Foto: 29-57

Suelo: Pradera arenosa (planosol)

Localización: NW de Guichón; 3 1/2 Km. al N. de Estación Guayabos

Condiciones del tiempo de muestreo: Día seminublado, suelo seco.

Instrumento usado: Máquina hidráulica

Material Madre: Arenisca con cemento arcilloso- Período Cretáceo.

Relieve: Ondulado de forma de disección

Posición topográfica: Ladera alta (divisoria de aguas) fuertemente convexa.

Pendiente: 7%

Drenaje externo: No existe aguas de escurrimiento

Profundidad de napa: No se encontró

Erosión: Nula

Rociedad: No existe

Uso Actual: Pastoral (estival) y cultivos de verano.

Vegetación: Pastura pratense (estival).

- 0 - 80 cm.      Color en seco 7.5 YR 4.6/2 (pardo) y en húmedo  
A<sub>1</sub>              7.5 YR 4/4 (pardo a pardo oscuro), textura arenoso pH 6.3.  
Transición gradual.
- 80 - 88 cm.      Color en seco 10 YR 7.4/2 (gris claro) y en húmedo  
A<sub>2</sub>              7.5 YR 4.4/4 (pardo), textura arenoso pH 6  
Transición clara.
- 88 - 94 cm.      Color 10 YR 3.6/4 (pardo amarillento oscuro) textura franco arcillo arenoso, pH 5.55  
AB              Transición clara.
- 96 - 109 cm.      Color 10 YR 4.6/1 (gris), con moteados 10 R 4/6  
B<sub>2t</sub>              (rojos) comunes de 2-5 mm., contraste sobresaliente y límites abruptos y 10 YR 6/3 (pardo amarillento) comunes de 2 a 5 mm. sobresaliente y límites claros.  
La textura es franco arcillo arenosa, presenta películas de arcilla 5 YR 4/1 (gris oscuro), gruesas, continuas y en todos los agregados: pH 5.4  
Transición gradual.
- 109 - 147 cm.      Color 5 YR 5/2 (gris rojizo) y 10 R 3/7 (rojo oscuro), textura arcillo arenoso liviano, pH 5.4  
B<sub>3</sub>              Transición gradual.
- 147 - 207 cm.      Color 10 Y 3/7 (rojo oscuro), textura franco arcillo arenoso: pH 5.6  
C

## BIBLIOGRAFIA

- Alvarez, C. y C. Velozo (1974). Contribución a la caracterización de suelos del área basáltica.
- Black, C.A. (1965). Methods of Soil Analysis 9 An. Soc. of Agron., Wisconsin.
- Bossi, J. (1966). Geología del Uruguay. Universidad de la República. Departamento de publicaciones. Montevideo.
- Brickman, R. (1969). Ferrolisis, un proceso hidromórfico de formación del suelo. PELS (Rep. mimeogr. Uso Interno).
- Caillere y Henin (1963) Mineralogie des Argils. Masson y Cia. Paris.
- Cayssials, R. y Puentes R. (1974) Determinación y Fraccionamiento de hierro y aluminio libre en algunos suelos del Uruguay (rep. mimeogr.)
- Conick F. de Herbillon. Evolution minéralogique et chimique des fractions argileuses dans des alfisols et des spodosols de la Campine (Belgique). Pédologie - Bulletin de la Société Belge de Pédologie (1969).
- Duchaufour P. (1965) Précis de Pédologie- Masson y Cia. Paris.
- Durán A. (1973) Caracterización y génesis de algunas praderas Arenosas de Tacuarembó-Rivera. Minist. de Ganadería y Agric. Dirección de Suelos y Fertilizantes, Montevideo.
- Flach, K.W., Nettleton W.D., Gile, L.M. Cady, J.G. Pedocementación: induración por sílice, carbonatos y sesquióxidos en el Cuaternario (Soil Sci. Jun. 1970).
- Jackson, M.L. (1964) Análisis Químico de Suelos. Edic. Omega Barcelona.
- McKeague, J.A. y Arnaud, R.J. Pedotranslación: Eluviación - iluviación de suelos durante el Cuaternario (Soil Science No. 6, junio 1969).
- Millot, G. (1964) Géologie des Argiles. Masson y Cia. Paris.
- Pedro, G., Jamagne M., Begon, J.C. Interacción y transformaciones minerales en relación con la pedogénesis durante el Cuaternario. Soil Science. Vol. 107 (jun. 1969).

- Robinson, W.R. (1960) Los suelos. Ed. Omega S.A. Barcelona.
- Segalen, P. (1973) Importancia del hierro y del aluminio en los suelos de las regiones cálidas y húmedas. ORSTOM - Services Scientifiques Centraux, Bondy.
- Sganga, J.C. (1973) Relación entre el crecimiento de Eucaliptus umbellata y las propiedades de algunos suelos de la "Asociación Algorta" de Areniscas Cretáceas en Piedras Coloradas (Paysandú) Rep. mimeogr.
- Soil Taxonomy. A Basic System of Soil classification for Making and Interpreting Soil Surveys. U.S. Department of Agriculture-Soil Conservation Service - Washington D.C. Oct. 1973.
- Víctora, C. y J. Zamalvide (1972) Contribución de la Materia orgánica a la capacidad de intercambio catiónico (Rep. mimeogr.).
- Villiers, M. de. Pedosesquióxidos - Composición e interacciones coloidales en la génesis del suelo durante el Cuaternario. Soil Sci. Vol.107 (Jun.1969)
- Ward, F.N. Lakin, H.W., et al. (1963) Analytical Methods used in Geochemical Exploration by the U.S. Geological Survey. Geological Survey Bulletin 1152.
- 

Joseph A. Rauer

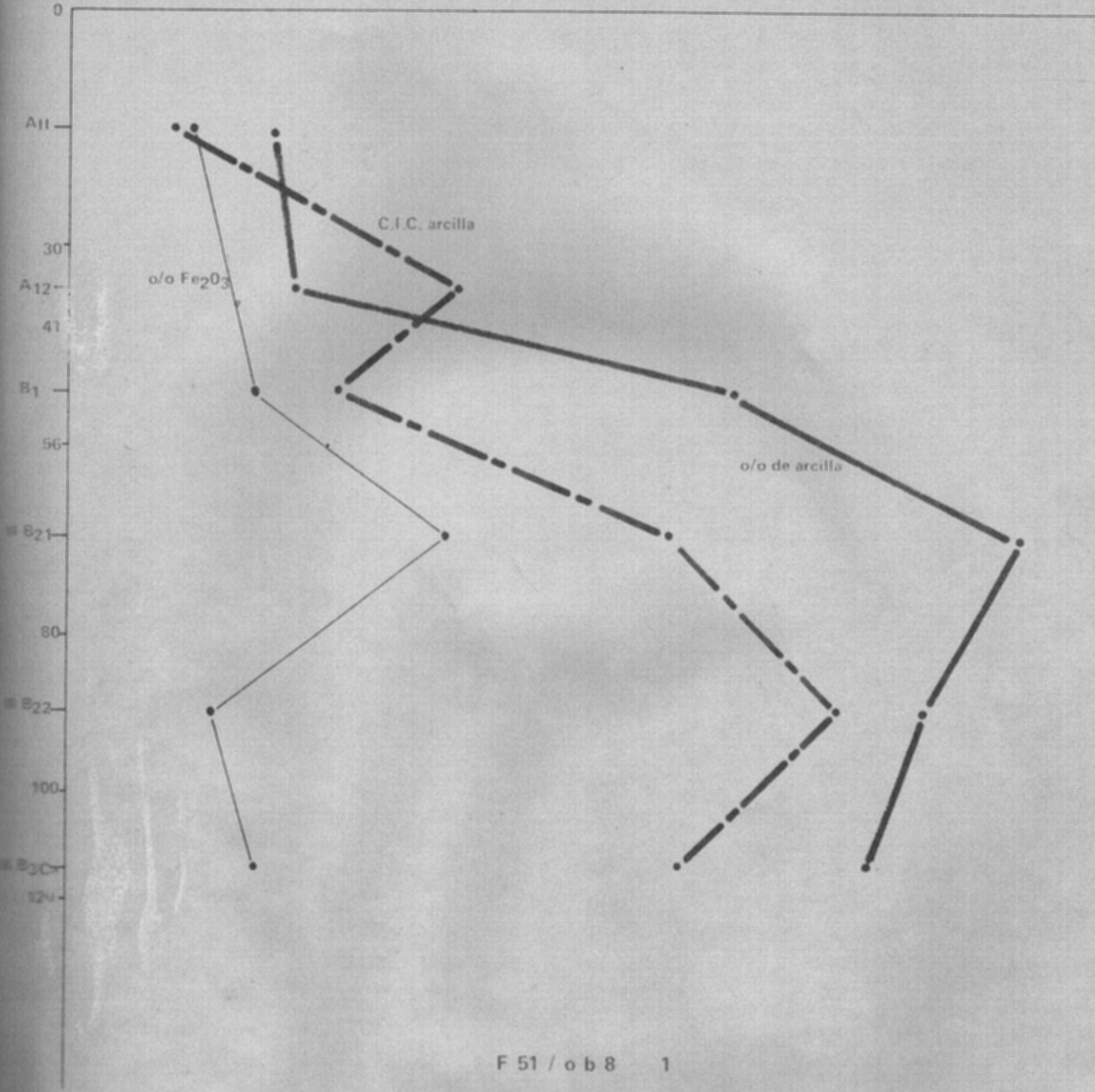
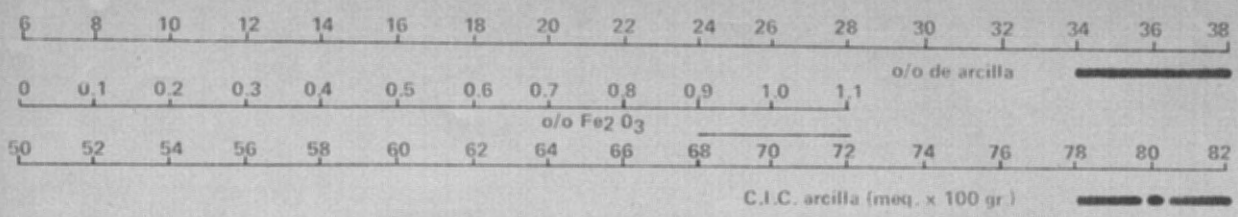


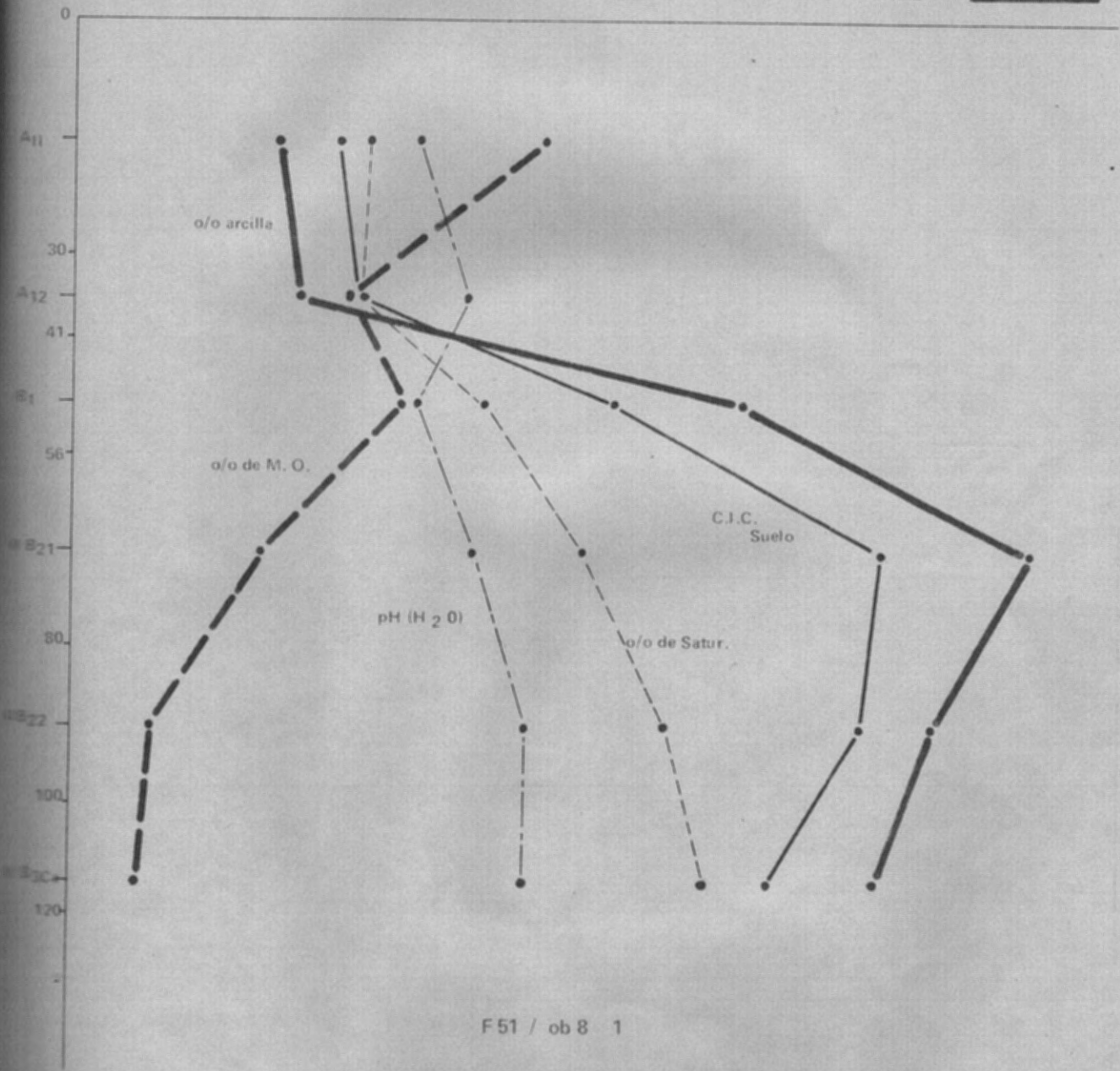
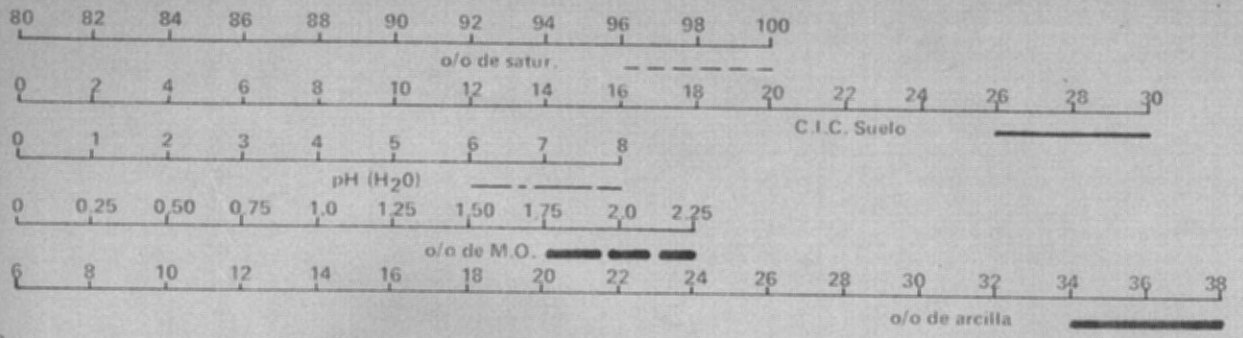
### Agradecimientos

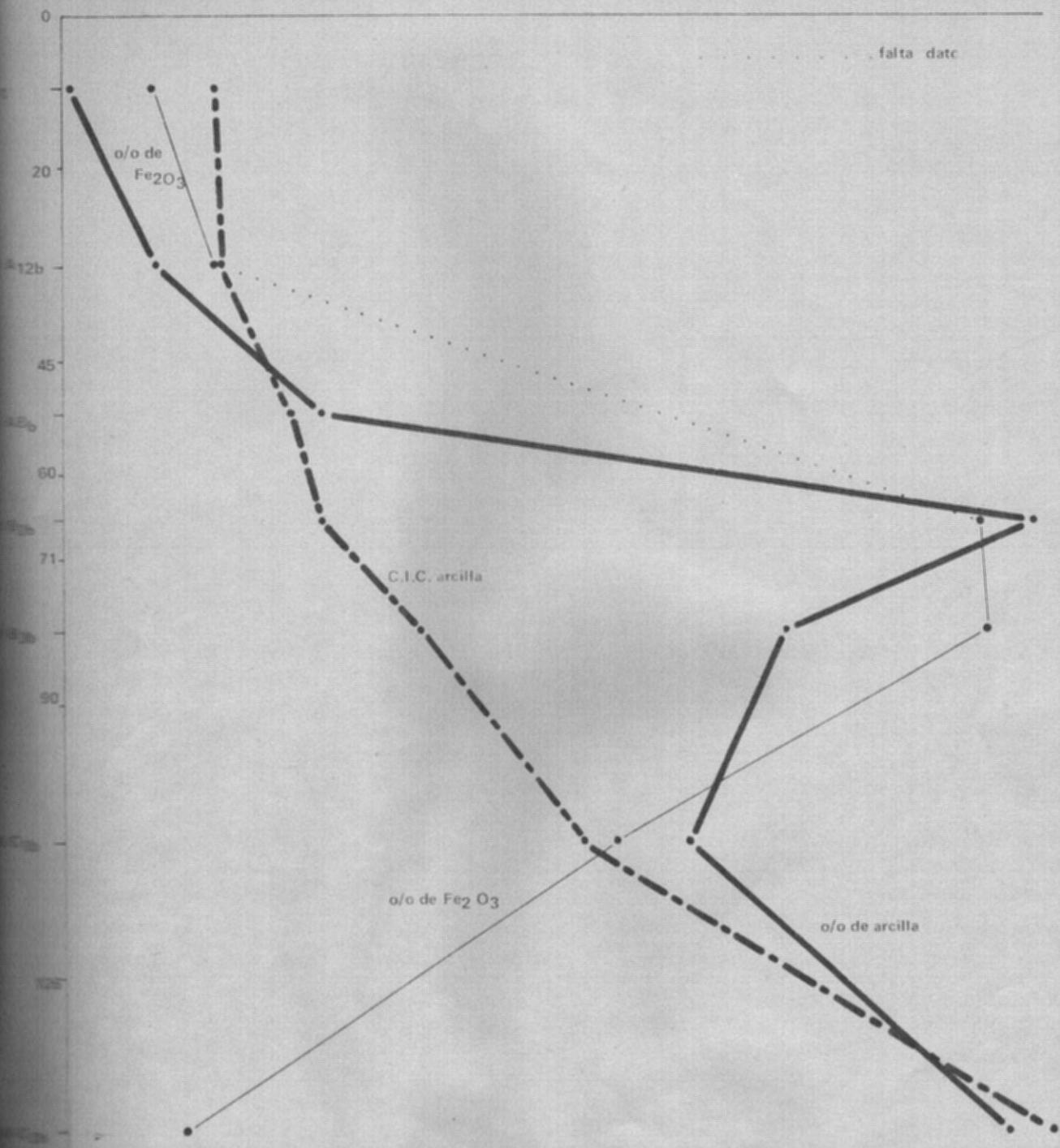
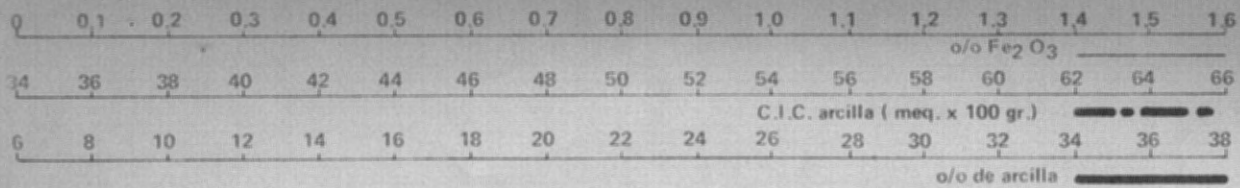
El autor agradece al Director de la Dirección de Suelos y Fertilizantes, Ing. Agr. Artigas Durán por haberle permitido realizar este trabajo en la Dirección, así como también por la colaboración que le prestó, al Jefe del Sector Laboratorio, Quím. Ruben Doti y especialmente a los Sres. A. Teixeira, C. González y J. di Muro, quienes realizaron los análisis convencionales y al resto del personal de ese Sector.

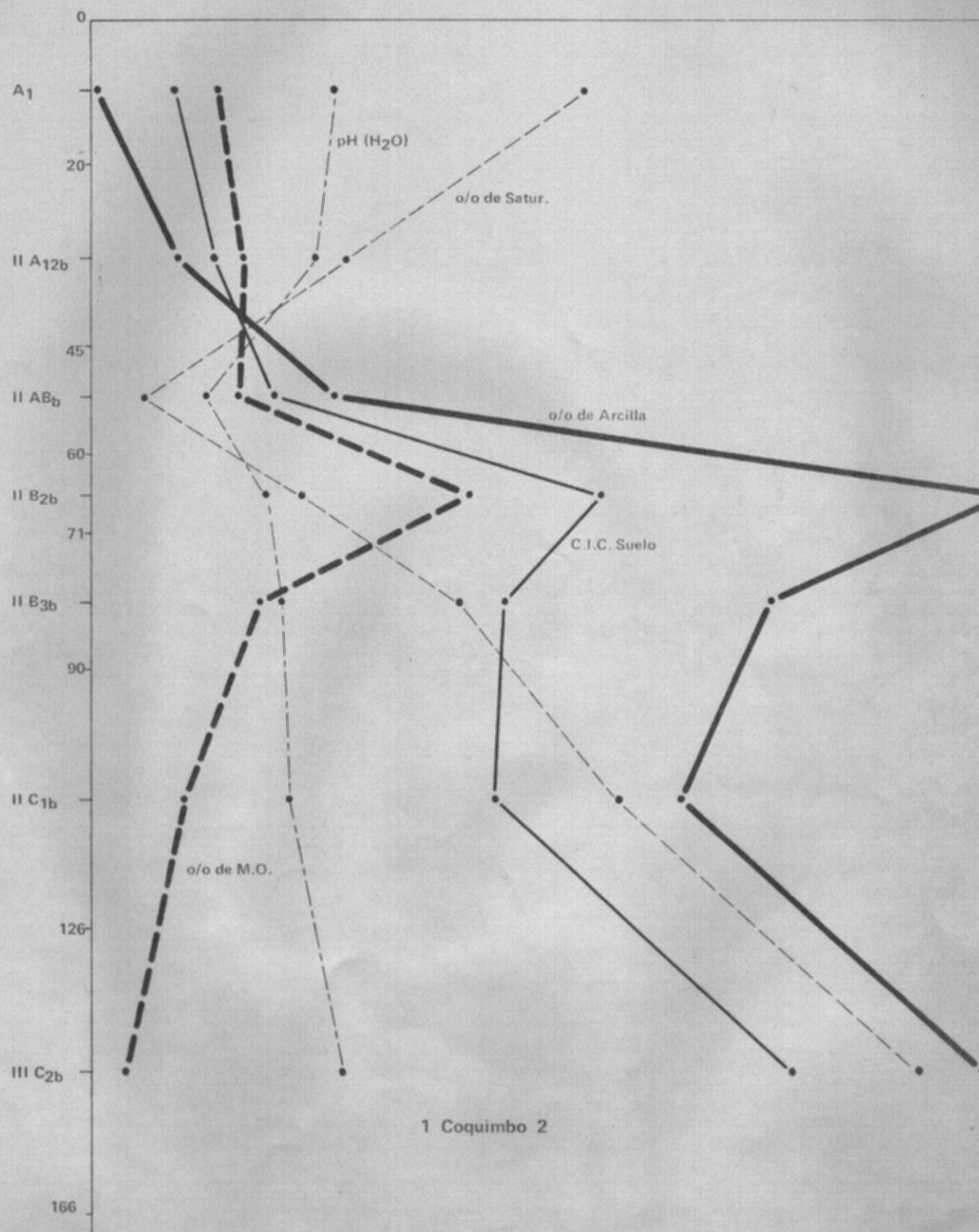
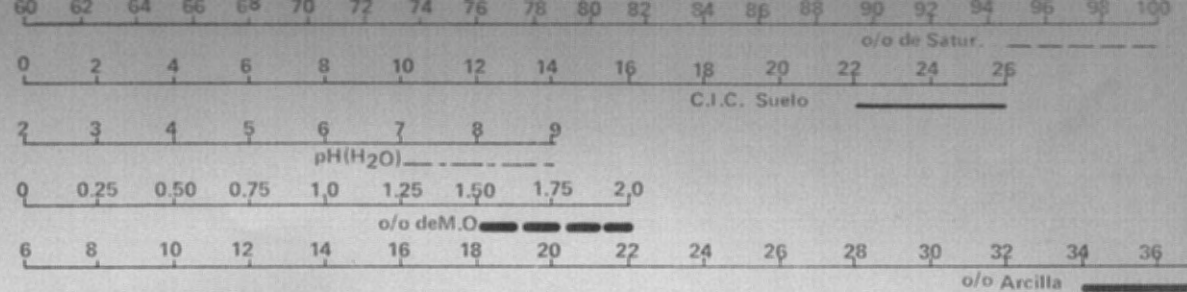
También manifiesta su agradecimiento a los colegas del Grupo de Suelos por el apoyo brindado y al personal de los Sectores Cartografía e Imprenta y Secretaría por toda su cooperación.

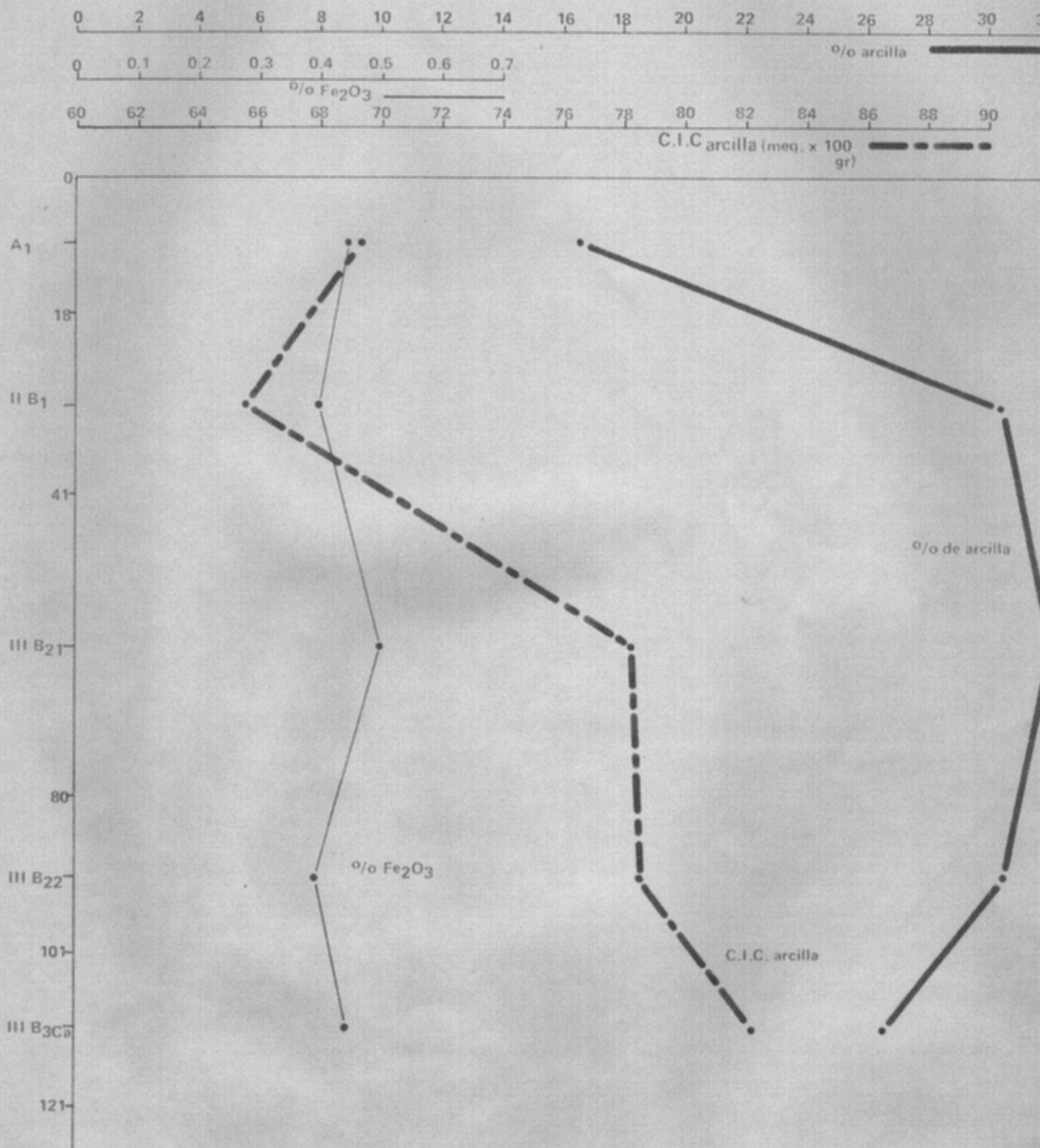
D.S.F.  
marzo 1974  
sd-ea

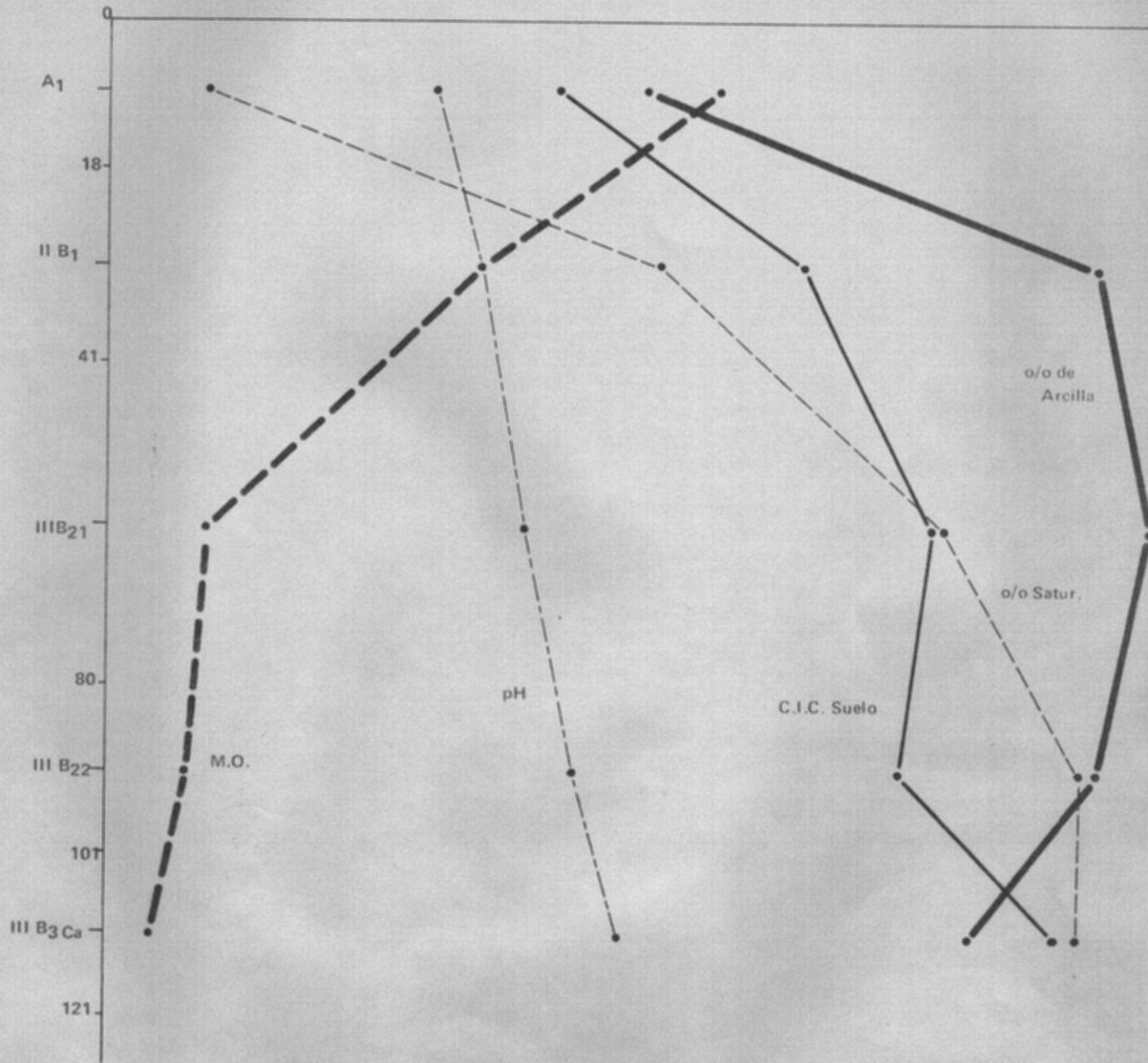
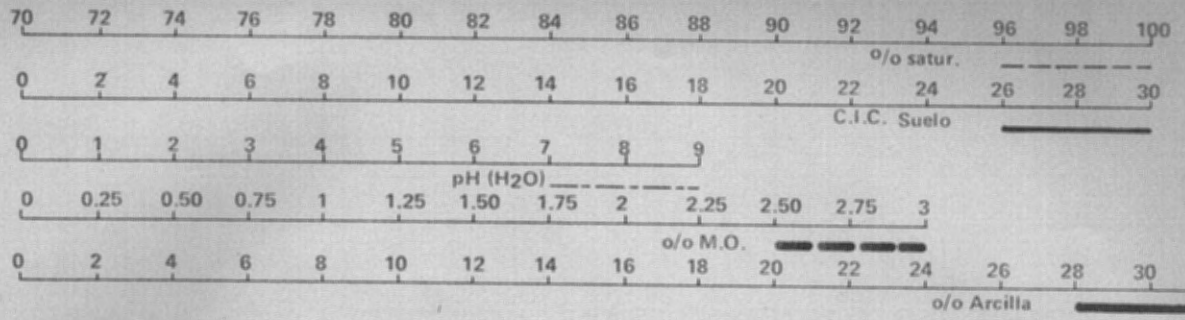


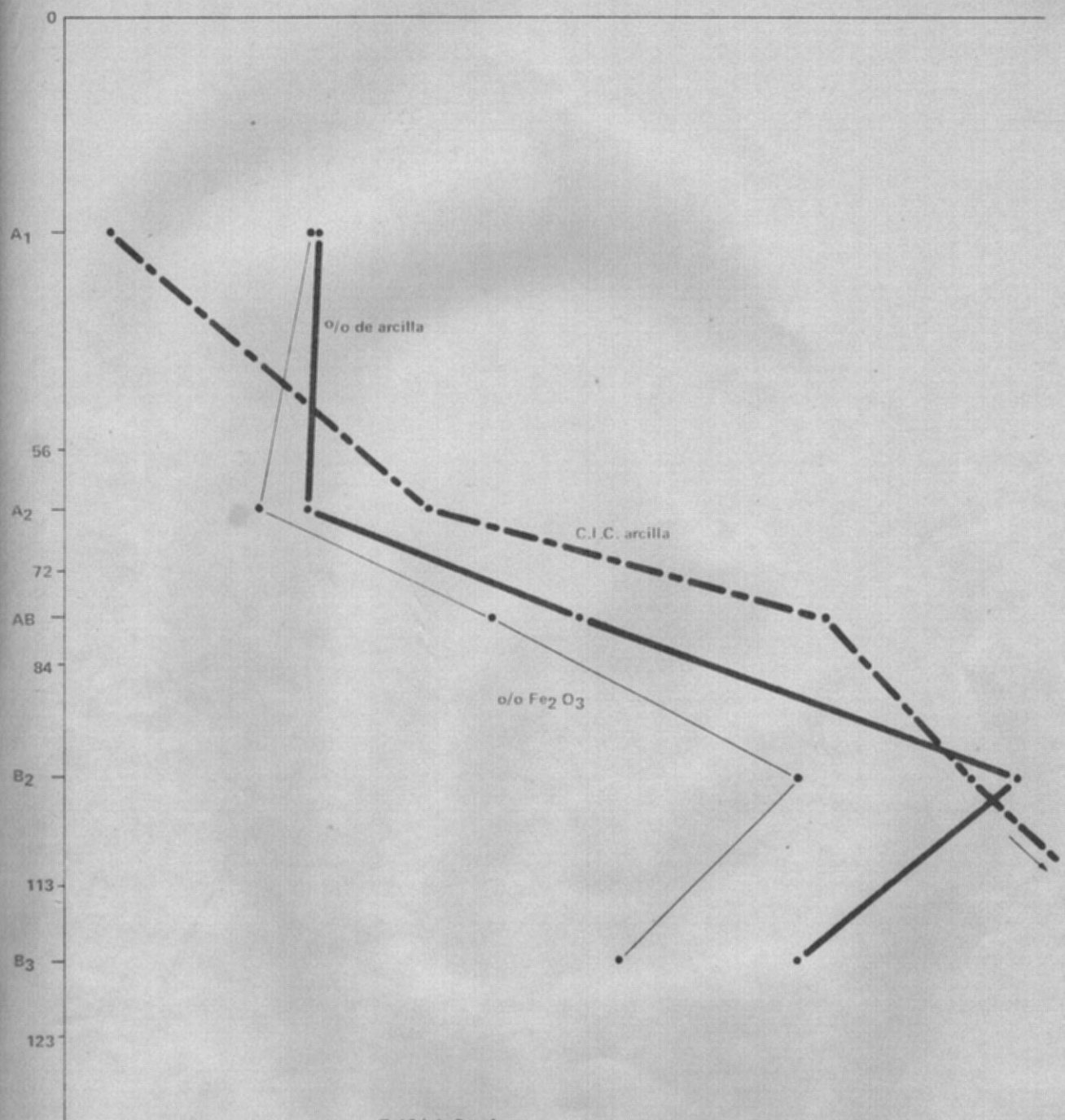
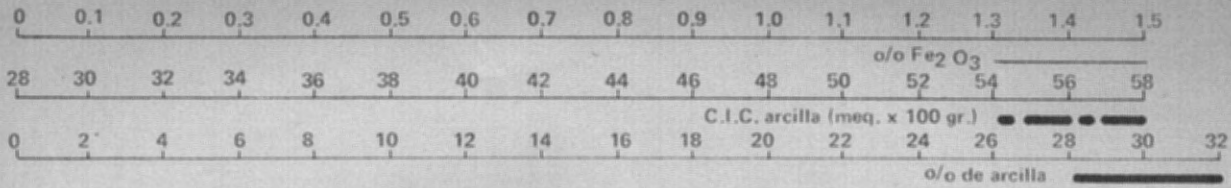






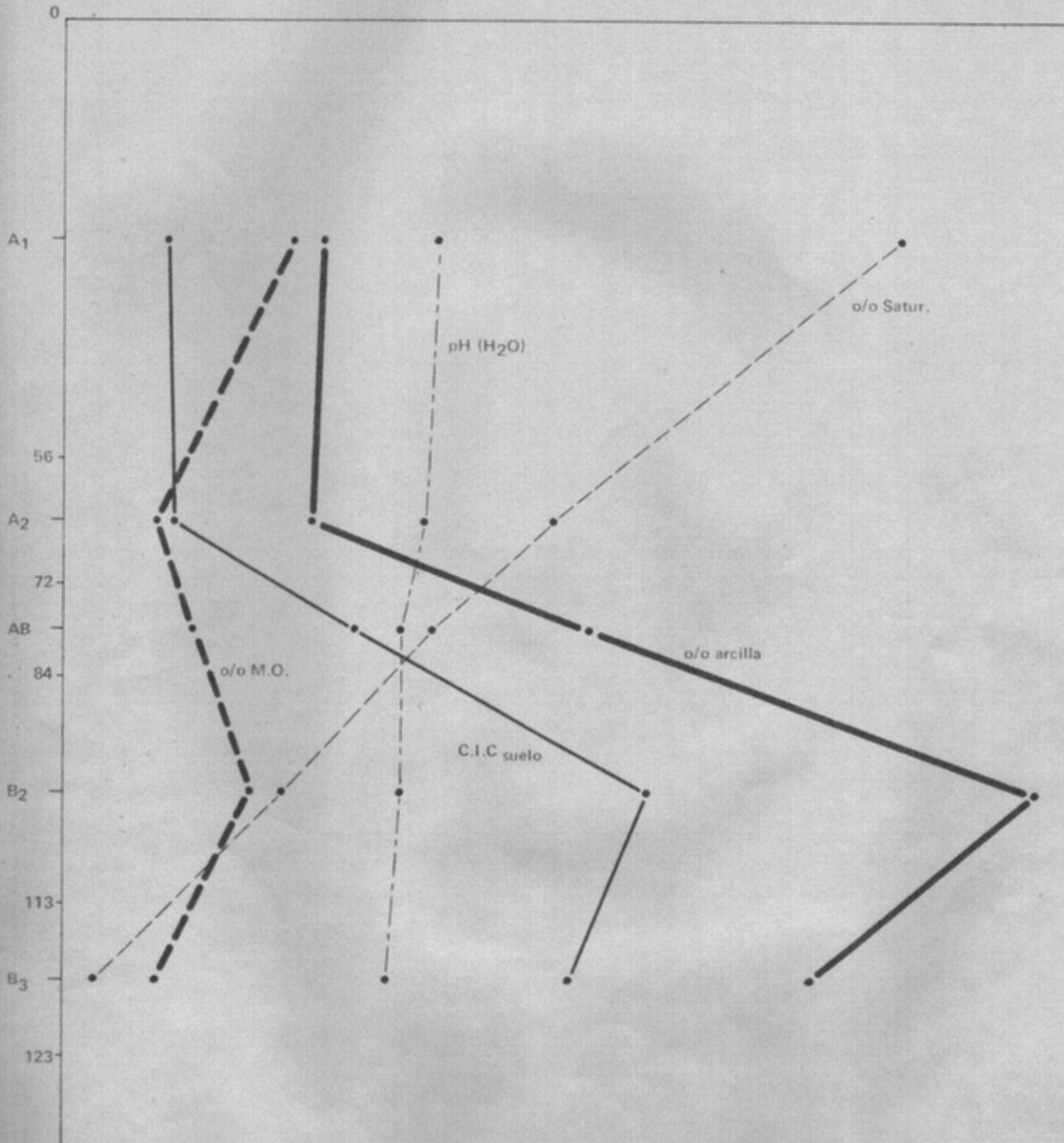
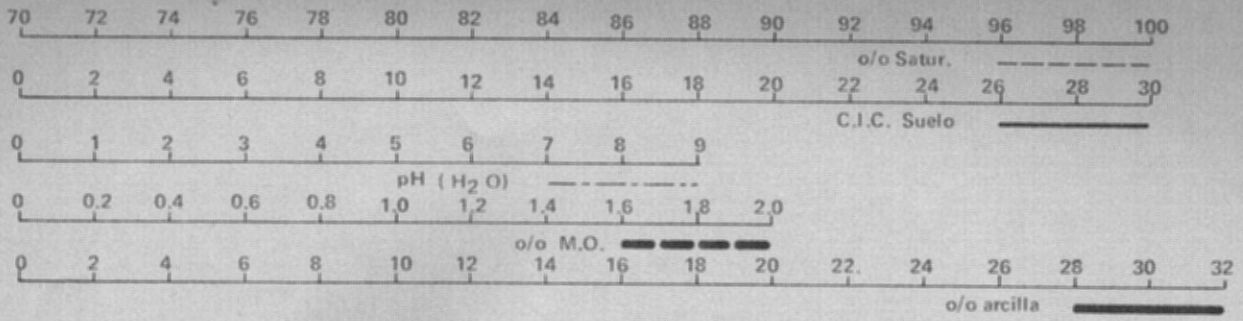


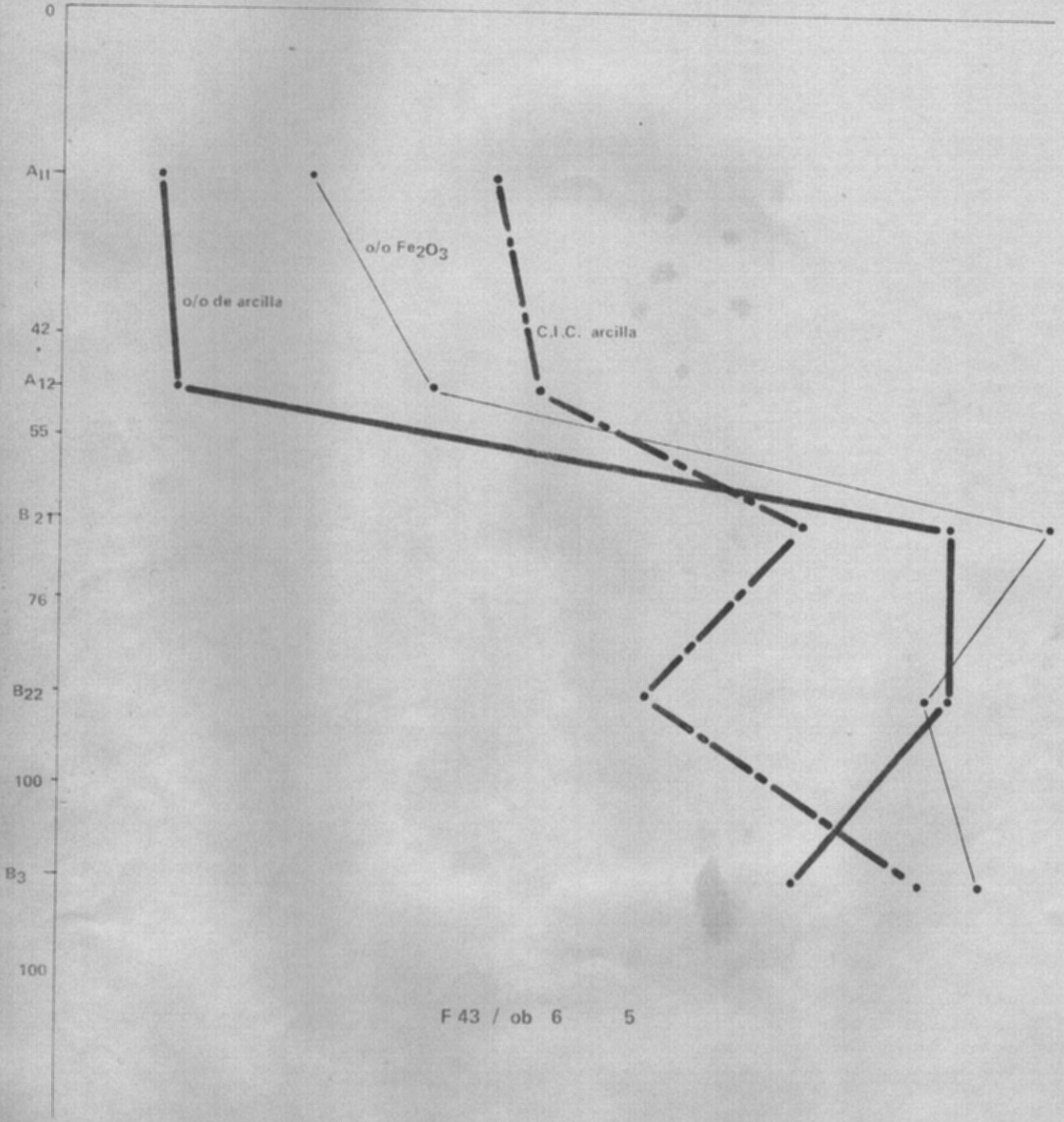
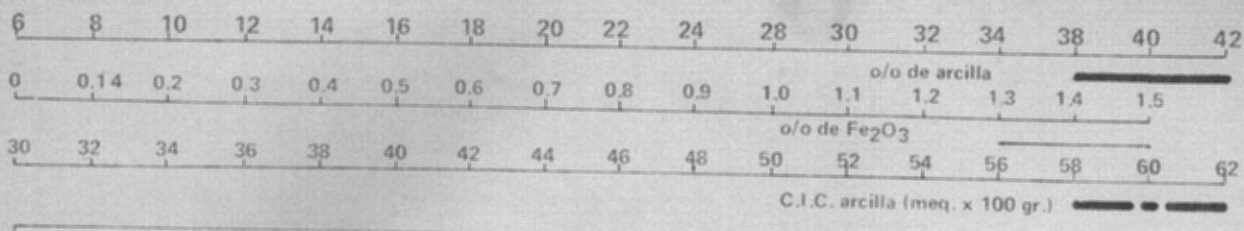


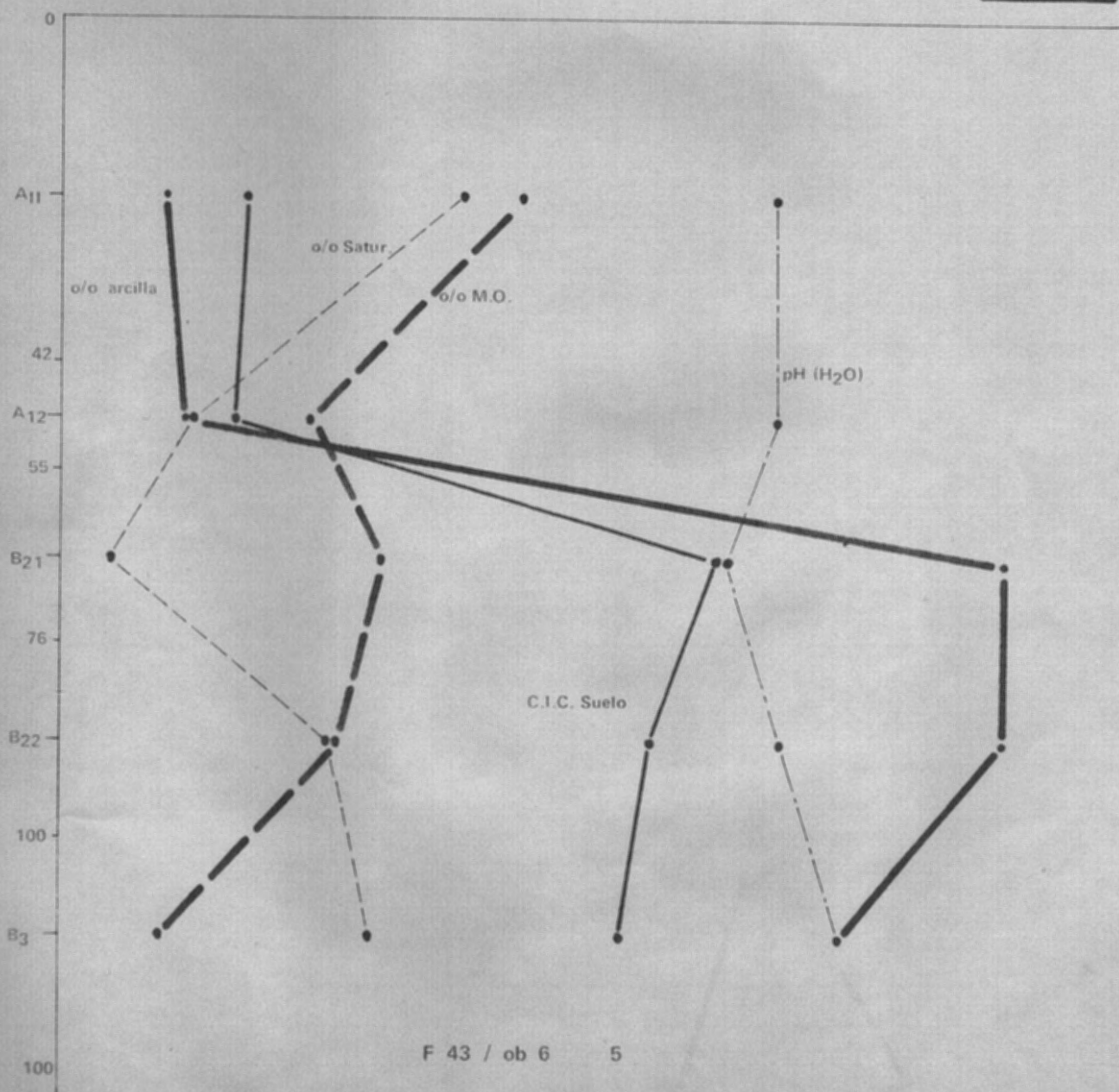
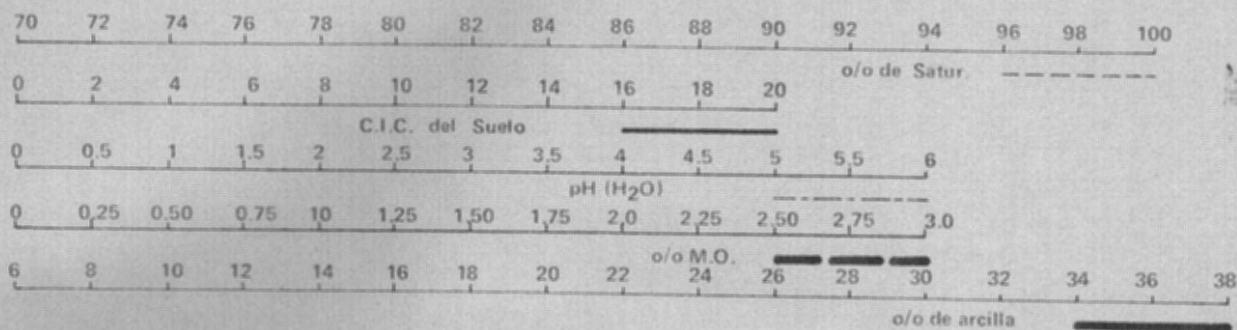


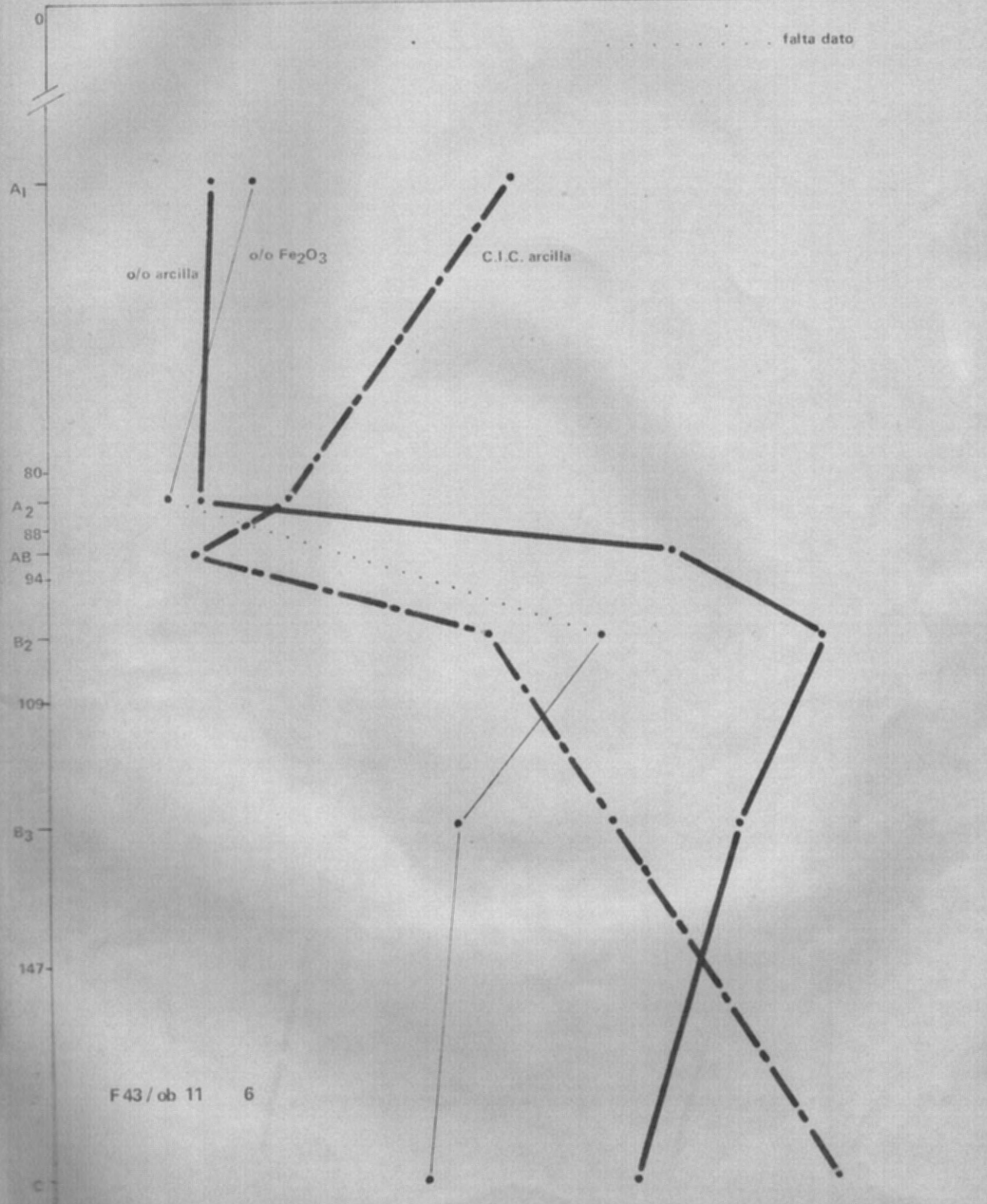
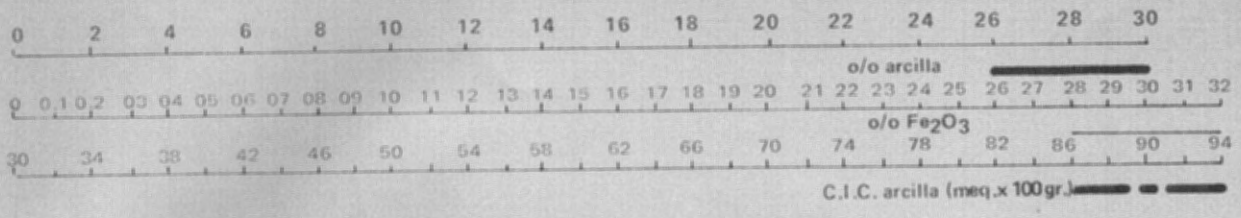
F 43/ob 2 4

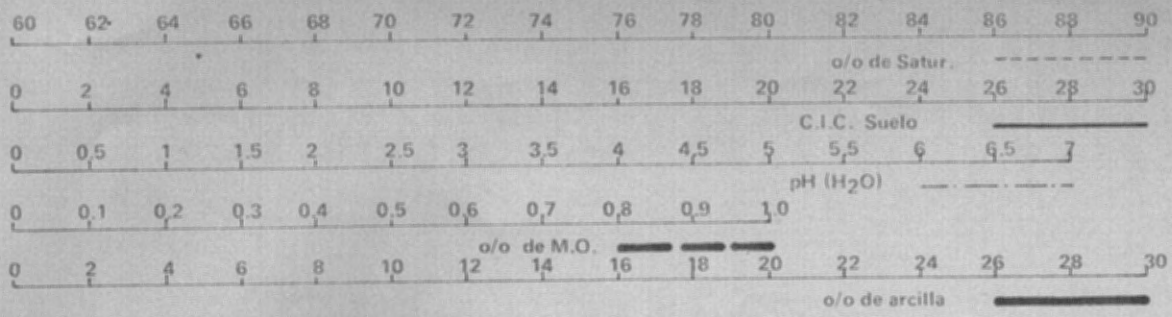












F43/ob 11 6

