

# Mineralogía de Arenas en Suelos Loésicos del Sudoeste Pampeano, Argentina<sup>1</sup>

M. del C. Blanco \*, L.F. Sánchez\*

## ABSTRACT

This paper presents the mineralogical characteristics of the fraction 88  $\mu\text{m}$  of the parent material and *solum* of five soil profiles located in the Llanura Subventánica Occidental Bonaerense (Arg). The minerals identified are in agreement with those presented for loessic soils of the Pampean region. Certain variability due to the effect of eolian transport was observed, along with deposition and sorting mechanisms. It is concluded that the loessic sediments of the Llanura Subventánica Occidental Bonaerense are different from other loessic sediments world wide, with a dominant silt particle size, as the dominant particle size in these Argentine soils is very fine sand (0.1 mm - 0.05 mm). The weatherable mineral content is high in all the studied profiles and the minerals identified indicate a recent to intermediate stage of evolution. A probable lithological discontinuity was observed in the field at the depth of the calcic horizon, which was also detected by a significant decrease of quartz, alkaline feldspars, plagioclase and volcanic glass associated with an increase in lithic fragment content. Taking into account the morphological characteristics and mineralogical analysis of the C2ca (calcic horizon), this discontinuity may be interpreted as being related to a paleopedological event.

Key words: Loess, mineralogy, very fine sand fraction, eolian transport, lithological discontinuity.

## RESUMEN

Se caracterizaron los minerales de la fracción 88  $\mu\text{m}$  de los materiales originarios y del *solum* de cinco perfiles de la llanura subventánica occidental bonaerense. Las especies reconocidas coinciden con las tradicionalmente presentadas para los suelos de la región pampeana. No obstante, del recuento mineral surgió cierta variabilidad porcentual debido a la dinámica del transporte eólico y de sus mecanismos de selección. Se concluyó que los sedimentos loésicos de la llanura subventánica difieren de otros loess mundialmente reconocidos en los que la fracción de limo domina la fracción de arena muy fina. Las reservas de minerales meteorizables fueron buenas en todos los perfiles estudiados y la mineralogía indicó un estadio de evolución de reciente a intermedio. Las observaciones de campo señalaron una probable discontinuidad litológica en la profundidad del horizonte cálcico, que se manifestaría en un decrecimiento significativo de los contenidos de cuarzo, feldespato alcalino, plagioclasas y vidrio volcánico asociado a un incremento de fragmentos líticos. Al relacionarse las características morfológicas y el análisis mineralógico, esta probable discontinuidad litológica estaría vinculada con un ciclo pedogenético antiguo, del cual el horizonte C2ca constituiría un relicto.

Palabras clave: Loess, mineralogía, arena muy fina, transporte eólico, discontinuidad litológica.

## INTRODUCCIÓN

La composición mineral del suelo evidencia el origen y el estadio evolutivo de los materiales originarios, porque condiciona sus propiedades fisicoquímicas y los efectos de los procesos pedogenéticos, que se reflejan en la reserva de minerales meteorizables y en la composición de los coloides de la fracción pelítica. Los minerales primarios

expuestos en la atmósfera y en la biosfera manifiestan transformaciones para adaptarse a un nuevo estado en condición de equilibrio con las características pedoclimáticas.

Por otra parte, el estudio del esqueleto del suelo es relevante a nivel taxonómico, ya que el *Soil Taxonomy* es un sistema de clasificación morfogenético que toma en cuenta aquellos indicadores de la génesis de suelo como los horizontes diagnósticos, el régimen de humedad de suelos y la mineralogía. Inclusive establece el concepto de minerales meteorizables y determina un límite porcentual (10%) por debajo del cual se desestima el aporte de nutri-

<sup>1</sup> Recibido para publicar el 17 de mayo de 1994

\* Departamento de Agronomía. Universidad Nacional del Sur (UNS), Arg.

mentos para los cultivos. Por eso, una caracterización actualizada de los suelos debe presentar, además de los análisis de rutina, un análisis de los minerales de la fracción gruesa y fina.

Como la mayoría de los trabajos tienen información acerca de la mineralogía de suelos del noreste de las provincias de Santa Fe y Buenos Aires, y los datos del sector sur son escasos (Luters 1982; Blanco 1986), este trabajo presenta una caracterización de la fracción arena tanto de los materiales originarios como del *solum*, en relación con su consecuente evolución en diferentes paisajes del sudoeste pampeano.

El área de estudio conforma una llanura pedemontana extendida desde Sierra de la Ventana hasta la costa atlántica, subdividida en tres sectores: proximal, medio y distal; asociada a paisajes planos hacia ambos extremos y ondulados a suavemente ondulados en el sector medio. Hay un decrecimiento de la precipitación media anual desde Sierra de la Ventana (809 mm) hasta la costa atlántica (538 mm), pasando por un régimen de humedad de suelos údico típico a tempustico típico en la misma dirección. El material parental de los suelos de la región está constituido por sedimentos loésicos de la formación Pampeano o sus redepósitos (D'Orbigny 1842; Darwin 1846; Frenguelli 1925), denominado Pampeano y Pospampeano (Tricart 1973).

El objetivo es presentar datos cualitativos y cuantitativos de la fracción arena muy fina de los suelos estudiados y establecer diferencias o similitudes en la mineralogía de diferentes suelos de la llanura subventánica occidental bonaerense.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron cinco perfiles de suelos de morfologías y texturas relativamente contrastantes en una transecta, con orientación noreste-sudoeste (NE-SO) de unos 120 km de extensión, que registra un decrecimiento de los valores de precipitación media anual en la misma dirección y particularidades en el material parental. A cada perfil se le otorgó un nombre local y se describió de acuerdo con el *Soil Taxonomy* (USDA 1990).

Se efectuaron los siguientes análisis de rutina: distribución por tamaño de partículas, previo tratamiento con ácido acético al 10% y agua oxigenada al 30

por ciento. No se efectuó remoción de óxidos de hierro. Las fracciones de limo y de arcilla se recolectaron con el método de la pipeta y las subfracciones de arena mediante una columna de tamices; el carbonato de calcio con el calcímetro de Bernard; el carbono orgánico, según Walkley y Black; el nitrógeno total, siguiendo el proceso de Kjeldahl; el fósforo, de acuerdo con Olsen; la reacción del suelo, según el pH suelo-agua y el suelo-KCl 1:2.5. La fracción de arena estudiada corresponde a 88  $\mu\text{m}$  en este trabajo. Sobre la fracción  $>125 \mu\text{m}$ , también, se efectuaron observaciones y un recuento de minerales.

Se realizó la separación por densidad de los minerales livianos y pesados utilizando bromoformo ( $d = 2.87$ ). Luego, los minerales pesados se montaron con bálsamo de Canadá sobre un portaobjetos, mientras que los livianos se montaron en forma temporal con una mezcla de nitrobenzoceno y kerosene ( $d = 1.489$ ). Se hizo la determinación cuantitativa mediante el conteo por línea, siguiendo el método de Edelman bajo microscopio polarizado.

Se procedió a contar 100 granos transparentes y opacos. Se registró el total de opacos y se continuó el conteo de los transparentes hasta alcanzar 100 en total.

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### Análisis cualitativo y cuantitativo de la fracción arena

La caracterización morfológica y fisicoquímica de los perfiles se presenta en los cuadros 1 y 2. Los resultados del recuento mineral se encuentran en los cuadros 3 y 4. La fracción estudiada consistió especialmente de minerales livianos que constituyeron el 95%, mientras que a los pesados les correspondió entre el 4% - 5% del peso total. Tanto en la fracción 88  $\mu\text{m}$  como en la fracción  $>125 \mu\text{m}$  la hornblenda verde y los opacos fueron los más frecuentes. Se encontraron en porcentaje mayor en la fracción 88  $\mu\text{m}$  y se mantuvieron aproximadamente constantes en todo el perfil oscilando entre un 37%, en el horizonte Ap, hasta un 33% en el horizonte C para la hornblenda, y un 33% en el Ap, hasta un 27%, en el C2ca para los opacos. Frecuencias similares se observaron en los perfiles 2 - 3. Siguió en importancia la augita, el hipersteno y la biotita. Los fragmentos líticos fueron abundantes tanto en la fracción liviana como en la pesada y se concentraron mayormente en los perfiles 4 - 5, especialmente en sus horizontes superficiales.

Cuadro 1. Características morfológicas y granulométricas de los perfiles estudiados.

Horizonte	Profundidad (cm)	Color	Estructura	Distribución de tamaño de partículas (mm)	
				arcilla <0.002	limo 0.05-0.002
Perfil 1 - Muzzi - Haplustol petrocálcico, térmico. franco fino					
Ap	0-10	IOYR 3/3	bsa, m, m	29 76	32 67
AC	10-28	IOYR 3/2	bsa, m, m	34 94	28 15
C1	28-39	IOYR 3/4	bsa, f, d	32 18	31 82
C2ca	39-69	IOYR 7/3	bsa, f, m	30 40	37 75
IIC3cam					
Perfil 2 - Naposta - Calcistol petrocálcico. térmico. franco grueso					
Ap	0-13	IOYR 3/3	gs	17 27	33 30
AC	13-37	IOYR 3/3	bsa, f, d	16 75	33 08
C1	37-53	IOYR 3/4	bsa, f, d	19 33	33 03
IIC2cam					
Perfil 3 - Tres Picos - Haplustol petrocálcico. térmico. franco fino					
A1	0-27	IOYR 3/1	bsa, m, m	19 44	6 77
AC	27-47	IOYR 3/2	bsa, f, d	21 41	6 73
C1	47-113	IOYR 4/4	bsa, m, d	22 75	7 29
IIC2cam					
Perfil 4 - Tornquist - Argiudol petrocálcico. térmico. franco fino					
A1	0-14	IOYR 3/2	bsa, m, m	28 42	37 31
B2t	14-32	IOYR 3/1	bsa, f, f	44 89	32 33
B3	32-44	IOYR 3/3	bsa, f, f	32 88	40 53
C1	44-56	IOYR 4/3	bsa, m, m	40 27	32 68
IIC2cam					
Perfil 5 - Sierra Ventana - Hapludol típico, térmico, franco fino					
A1	0-19	IOYR 3/3	bsa, f, d	25 93	34 76
AC	19-45	IOYR 3/3	bsa, f, m	34 24	40 13
C1	45-77	IOYR 3/4	bsa, g, m	14 63	36 18
C2	77-150	IOYR 4/4	bsa, g, d	7 57	29 19
				AMF 0.1-0.05	AF 0.25-0.1
Perfil 1 - Muzzi - Haplustol petrocálcico, térmico. franco fino					
Ap	0-10	IOYR 3/3	bsa, m, m	19 86	13 23
AC	10-28	IOYR 3/2	bsa, m, m	22 59	10 98
C1	28-39	IOYR 3/4	bsa, f, d	20 50	11 97
C2ca	39-69	IOYR 7/3	bsa, f, m	18 01	9 12
IIC3cam					

(Cont. Cuadro 1.)

Horizonte	Profundidad (cm)	Color	Estructura	Distribución de tamaño de partículas (mm)		
				AMF 0.1-0.05	AF 0.25-0.1	
Perfil 2 - Naposta - Calciustol petrocálcico, térmico, franco grueso						
Ap	0-13	IOYR 3/3	gs	33.40	9.57	
AC	13-37	IOYR 3/3	bsa, f, d	33.82	10.03	
C1	37-53	IOYR 3/4	bsa, f, d	32.34	9.55	
IIC2cam						
Perfil 3 - Tres Picos - Haplustol petrocálcico, térmico, franco fino						
A1	0-27	IOYR 3/1	bsa, m, m	16.78	23.40	
AC	27-47	IOYR 3/2	bsa, f, d	17.50	22.72	
C1	47-113	IOYR 4/4	bsa, m, d	18.79	23.29	
IIC2cam						
Perfil 4 - Tornquist - Argiudol petrocálcico, térmico, franco fino						
A1	0-14	IOYR 3/2	bsa, m, m	9.82	12.02	
B2t	14-32	IOYR 3/1	bsa, f, f	8.62	7.66	
B3	32-44	IOYR 3/3	bsa, f, f	9.11	8.90	
C1	44-56	IOYR 4/3	bsa, m, m	8.91	9.64	
IIC2cam						
Perfil 5 - Sierra Ventana - Hapludol típico, térmico, franco fino						
A1	0-19	IOYR 3/3	bsa, f, d	33.04	4.61	
AC	19-45	IOYR 3/3	bsa, f, m	21.11	4.20	
C1	45-77	IOYR 3/4	bsa, g, m	39.20	8.58	
C2	77-150	IOYR 4/4	bsa, g, d	50.05	7.63	
				AM	AG	AMG
				0.5-0.25	1-0.5	2-1
Perfil 1 - Muzzi - Haplustol petrocálcico, térmico, franco fino						
Ap	0-10	IOYR 3/3	bsa, m, m	3.92	0.53	
AC	10-28	IOYR 3/2	bsa, m, m	3.03	0.21	0.10
C1	28-39	IOYR 3/4	bsa, f, d	3.22	0.21	0.10
C2ca	39-69	IOYR 7/3	bsa, f, m	3.51	0.94	0.23
IIC3cam						
Perfil 2 - Naposta - Calciustol petrocálcico, térmico, franco grueso						
Ap	0-13	IOYR 3/3	gs	5.93	0.31	0.21
AC	13-37	IOYR 3/3	bsa, f, d	6.09	0.23	
C1	37-53	IOYR 3/4	bsa, f, d	5.52	0.23	
IIC2cam						

(Cont. Cuadro 1.)

Horizonte	Profundidad (cm)	Color	Estructura	Distribución de tamaño de partículas (mm)		
				AM 0.5-0.25	AG 1-0.5	AMG 2-1
Perfil 3 - Tres Picos - Haplustol petrocálcico, térmico. franco fino						
A1	0-27	IOYR 3/1	bsa, m, m	33.16	0.30	0.10
AC	27-47	IOYR 3/2	bsa, f, d	31.22	0.30	0.10
C1	47-113	IOYR 4/4	bsa. m. d	27.68	0.20	
HC2cam						
Perfil 4 - Tornquist - Argiudol petrocálcico, térmico, franco fino						
A1	0-14	IOYR 3/2	bsa, m, m	11.81	0.52	0.10
B2t	14-32	IOYR 3/1	bsa, f, f	6.28	0.11	0.11
B3	32-44	IOYR 3/3	bsa, f, f	8.06	0.31	0.21
C1	44-56	IOYR 4/3	bsa. m. m	8.19	0.31	
HC2cam						
Perfil 5 - Sierra Ventana - Hapludol típico, térmico. franco fino						
A1	0-19	IOYR 3/3	bsa, f, d	1.10	0.44	0.11
AC	19-45	IOYR 3/3	bsa, f, m	0.21	0.10	
C1	34-77	IOYR 3/4	bsa, g, m	1.41		
C2	77-150	IOYR 4/4	bsa, g, d	2.58	1.40	0.86

Estructura:

\* Tipo: bsa: bloques subangulares; gs: grano simple

\* Clase: g: grueso; m: medio; f: fino

\* Grado: f: fuerte; m: moderado; d: débil.

Cuadro 2. Características químicas de los perfiles estudiados.

Horizonte	pH 1:2.5		CO (%)	Nt (%)	P (mg kg <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (%)
	HO <sub>2</sub>	KCl				
Perfil 1 - Muzzi - Haplustol petrocálcico, térmico. franco fino						
Ap	6.3	5.1	1.67	0.161	26.6	0.6
AC	6.7	5.7	1.00	0.107	4.4	0.8
C1	7.7	6.2	0.67	0.083	5.3	0.8
C2ca	8.5	7.2	0.40	0.054	0.9	32.60
HC2cam						

(Cont. Cuadro 2.)

Horizonte	pH 1:2.5		CO (%)	Nt (%)	P (mg kg <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (%)
	HO <sub>2</sub>	KCl				
Perfil 2 - Naposta - Calciustol petrocálcico, térnico, franco grueso						
Ap	7.9	7.0	1.96	0.230	4.8	1.9
AC	8.1	7.1	1.61	0.177	2.0	4.4
Cl	8.2	7.2	1.00	0.104	1.1	9.4
IIC2cam						
Perfil 3 - Tres Picos - Haplustol petrocálcico, térnico, franco fino						
A1	8.2	7.0	0.83	0.077	2.0	0.8
AC	8.2	6.9	0.55	0.062	2.0	1.0
Cl	8.2	6.8	0.30	0.043	1.9	0.7
IIC2cam						
Perfil 4 - Tornquist - Argiudol petrocálcico, térnico, franco fino						
A1	6.2	5.3	2.16	0.201	27.9	0.4
B2t	6.7	5.3	1.38	0.115	4.4	0.4
B3	7.2	5.5	0.78	0.081	7.3	0.4
Cl	7.6	5.8	0.55	0.070	17.3	0.5
IIC2cam						
Perfil 5 - Sierra Ventana - Hapludol típico, térnico, franco fino						
A1	6.3	5.3	2.30	0.207	15.1	0.5
AC	6.5	5.3	1.80	0.180	4.6	0.5
Cl	7.8	6.2	0.34	0.043	13.7	0.4
IIC2cam						
Horizonte	Complejo de cambio					
	CIC	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup> (cmol kg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	
Ap	18.7	16.7	3.6	0.1	4.1	
AC	20.8	20.7	4.4	0.2	3.6	
Cl	21.6	24.5	5.1	0.3	2.6	
C2ca	15.0	35.4	8.4	0.4	0.8	
IIC2cam						
Ap	15.5	35.1	1.3	0.1	2.2	
AC	14.5	33.0	1.3	0.2	1.7	
Cl	11.5	32.7	1.7	0.3	0.9	
IIC2cam						
A1	10.1	17.9	1.9	0.1	0.7	
AC	10.4	15.2	2.8	0.2	0.7	
Cl	12.2	14.2	3.2	0.3	0.6	
IIC2cam						

(Cont. Cuadro 2.)

Horizonte	Complejo de cambio				
	CIC	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup> ( $\text{cmol kg}^{-1}$ )	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
A1	15.5	15.9	2.9	0.1	2.5
B2t	21.1	19.7	3.8	0.1	1.9
B3	24.2	20.0	4.8	0.2	1.6
C1	25.3	20.8	4.8	0.2	1.6
IIC2cam					
A1	13.8	12.7	2.4		2.6
AC	13.2	13.0	2.3		1.9
C1	14.1	12.8	3.3		1.6

Dado su pequeño tamaño no se determinó su composición y, si se considera la cercanía de la Sierra de la Ventana, no deberían descartarse los posibles aportes adicionales de las rocas del sistema serrano. Se incluyó la muscovita, tanto en los minerales livianos como en los pesados, porque no decanta en una única fracción (Stoops 1985). La fracción liviana estuvo compuesta sobre todo por cuarzo, feldespatos alcalinos, plagioclasas —andesina y labradorita—, que presentaron maclas polisintéticas y extinción zonal. Se observaron, además, biotita, silicofilitos abundantes en horizontes superficiales y fragmentos líticos.

En general, los minerales aparecieron bastante frescos en granos subangulares a subredondeados, excepto los feldespatos alcalinos y el vidrio volcánico. Este último se encontró en forma de trizas y fragmentos transparentes o de color pardo. La composición del vidrio volcánico ha sido determinada por algunos autores como exclusivamente ácida (Scoppa 1974; Morrás 1985), descartando la existencia de fragmentos de vidrio básico (pardo e isotrópico) en los suelos pampeanos; pero Teruggi e Imbellone (1983) asignaron características de vidrio básico al observado en cuatro perfiles sobre material parental loésico de las series Armstrong, Villada, Melincue y Ramallo. En la extensión de esta transecta, se determinaron fragmentos incoloros de composición ácida y pardos de composición básica, estos últimos más frecuentes en los perfiles 3-Tres Picos, 4-Tornquist y 5-Sierra Ventana.

También se hallaron vidrios de color pardo en arenas de depósito reciente en los alrededores de Bahía Blanca. Se observaron fragmentos frescos y alterados con patrones de alteración lineal, irregular y pelicular cuya frecuencia aumentó en los perfiles 3-Tres Picos, 4-Tornquist y 5-Sierra Ventana. El tipo de alteración correspondió a arcillas que presentaron un color pardo amarillento bajo luz polarizada y por su birrefringencia pueden atribuirse a filosilicatos del tipo 2:1. Las plagioclasas solieron presentar zonación y estuvieron generalmente inalteradas; sin embargo tenían bordes de argilificación de patrón pelicular y fueron más frecuentes hacia el NE de la transecta como consecuencia del edafoclima údico en la cercanía de Sierra de la Ventana. Los piroxenos (augita e hipersteno) se presentaron como cristales tabulares o subredondeados con inclusiones frecuentes, limpios en su mayoría, aunque algunos cristales mostraron un patrón de alteración irregular. El cuarzo se observa con aspecto desde muy fresco hasta con punteado superficial. Al confrontar los respectivos materiales parentales, no se observaron diferencias cualitativas con respecto a las especies reconocidas (cuadros 3 y 4). No obstante, al efectuar el recuento de minerales, surgieron algunos porcentajes que mostraron variabilidad.

Los datos cuantitativos indicaron que la mayor variabilidad entre los minerales máficos se observó en los perfiles 2, 3 y 4. El contenido de cuarzo se incrementó en los perfiles 4 y 5 del sector distal. Estos mismos perfiles fueron los que presentaron más dife-

Cuadro 3. Fracción 88  $\mu\text{m}$  - Minerales livianos.

	Horizonte/ profundidad	Cuarzo	Feldespatos	Plagioclasas	Vidrio volcánico
Perfil 1	Ap	13	27	8	14
	AC	19	11	9	19
	C	23	22	6	11
	C2ca	11	17	12	9
Perfil 2	Ap	17	21	12	14
	AC	16	15	10	10
	C	13	26	10	13
Perfil 3	Ap	24	24	11	8
	AC	23	20	11	12
	C	21	25	10	17
Perfil 4	Ap	15	24	7	12
	B2t	20	25	9	10
	B3	24	21	11	14
	C	20	22	5	17
Perfil 5	Ap	28	15	8	15
	AC	29	14	9	15
	C	25	15	9	17

  

	Horizonte/ profundidad	Fitolitos	Biotita	Muscovita	Fragmentos rocosos	Agregados
Perfil 1	Ap	9	1	1	26	1
	AC	5	1	1	30	5
	C	7	1	1	27	2
	C2 ca	3	2	2	36	2
Perfil 2	Ap	8	2	1	24	1
	AC	9	2	2	30	4
	C	6	1	1	28	2
Perfil 3	Ap	3	2	2	25	
	AC	4	1	1	26	2
	C	3	1	1	20	2
Perfil 4	Ap	14	2	2	20	4
	B2t	5	2	1	25	3
	B3	6	1	1	19	3
	C	5	2	2	26	2
Perfil 5	Ap	9	3	2	20	5
	AC	7	5	2	15	5
	C	5	4	2	21	4

Cuadro 4. Fracción 88 µm - Minerales pesados.

	Horizonte- profundidad	Transparentes				
		Opacos	Turmalina	Zircón	Rutilo	Biotita
Perfil 1	Ap	33	3	3	4	3
	AC	34	1	1	1	8
	C1	20	1	1	1	5
	C2ca	27	1	4	2	4
Perfil 2	Ap	20	1	4	1	6
	AC	20	1	3	1	3
	C	30	1	1	2	3
Perfil 3	Ap	24	2	2	3	9
	AC	20	1	1	1	13
	C	21	1	1	1	11
Perfil 4	Ap	25	1	2	1	4
	B2t	24	1	4	1	5
	B3	22	1	1	2	3
	C	29	1	2	1	5
Perfil 5	Ap	21	1	1	1	2
	AC	22	1	4	1	4
	C	20	2	1	1	4

	Horizonte- profundidad	Transparentes				
		Opacos	Muscovita	Epidoto	Augita	Hipersteno
Perfil 1	Ap	33		7	12	5
	AC	34	4	13	8	1
	C1	20	5	14	9	3
	C2ca	27	3	11	10	2
Perfil 2	Ap	20	3	16	6	6
	AC	20	4	12	5	9
	C	30	1	17	6	8
Perfil 3	Ap	24	2	11	17	8
	AC	20	5	12	11	3
	C	21	1	16	10	3
Perfil 4	Ap	25	1	10	18	4
	B2t	24	1	11	19	2
	B3	22	1	11	11	2
	C	29	.	7	20	5
Perfil 5	Ap	21	1	11	14	2
	AC	22	1	5	16	4
	C	20	1	15	10	0

(Cont. Cuadro 4.)

	Horizonte- profundidad	Transparentes			
		Opacos	Hornblenda	Hornblenda basáltica	Fragmentos líticos
Perfil 1	Ap	33	37	6	20
	AC	34	38	4	20
	C1	20	32	9	20
	C2ca	27	33	5	25
Perfil 2	Ap	20	40	5	12
	AC	20	36	1	20
	C	30	32	5	18
Perfil 3	Ap	24	29	4	13
	AC	20	28	2	23
	C	21	35	4	16
Perfil 4	Ap	25	27	4	28
	B2t	24	29	7	20
	B3	22	21	6	19
	C	29	30	8	21
Perfil 5	Ap	21	18	2	24
	AC	22	20	4	15
	C	20	30	4	24

rencias observables en el campo de sus materiales parentales, pues el perfil 2 evolucionó sobre sedimentos loésicos en una zona de inestabilidad topográfica sometida a fuga y aportes de materiales; el perfil 3 lo hizo sobre un sedimento loésico arenoso, totalmente lavado de carbonatos y depositado sobre un manto de tosca (costra calcárea); a partir de sedimentos loésicos, que contienen pequeñas inclusiones de clastos de cuarzo con un diámetro en promedio de 1 cm, que podría ser el producto de un aporte coluvio-aluvial proveniente de la Sierra de la Ventana, se desarrolló el perfil 4.

#### Evaluación de discontinuidades litológicas

El perfil 1-Muzzi presentó una morfología relativamente simple, cuya génesis fue compleja, ya que a partir de los 39 cm de profundidad mostró un horizonte cálcico con características que parecían ser el relicto de un ciclo pedogenético antiguo.

Si se considera la presencia de concreciones de carbonato de calcio gruesas (<10 cm de diámetro), el

límite entre los horizontes supra- y subyacente abrupto y plano, el pH fuertemente alcalino y la fuerte reacción efervescente con HCl (>32% de CO<sub>3</sub>Ca), se pensaría que este horizonte de distribución aleatoria constituye una discontinuidad litológica. Situaciones similares se detectaron fuera del área de estudio (Amiotti 1988) en el nivel de pamplanación en la Cuenca del Río Colorado. Si bien Barshad (1955) opina que los análisis mineralógicos totales y la distribución de los minerales resistentes, entre otros, son indicadores de la homogeneidad y discontinuidad del material del suelo; en un estudio de los sedimentos loésicos, Imbellone y Camilión (1984) concluyen que el método basado en el análisis de la mineralogía aportó muy poco para señalar discontinuidades litológicas, pues las variaciones cualitativas y cuantitativas fueron escasas. Por eso sugirieron un análisis de datos granulométricos con el propósito de obtener mejores criterios.

El análisis granulométrico del perfil 1-Muzzi no señaló una distribución textural heterogénea en función de la profundidad (Cuadro 1). Por el contrario, la textura fue uniforme franco limosa desde el tope hasta el horizonte C2ca, inclusive. Además, al

confrontar los datos mineralógicos de este suelo, se observó una distribución vertical cualitativa y cuantitativa homogénea en la fracción pesada, con escasas diferencias porcentuales en los opacos, el epidoto y los fragmentos líticos (Cuadro 4). La fracción liviana manifestó mayores diferencias en los 88  $\mu\text{m}$ , entre el horizonte C2ca y los suprayacentes, especialmente en los contenidos de cuarzo, feldespato alcalino, plagioclasas y vidrio volcánico que decrecieron significativamente, asociadas a un incremento de fragmentos líticos (Cuadro 3).

Estas diferencias podrían evidenciar la discontinuidad a la profundidad del horizonte cálcico que deben estudiarse sobre otros perfiles para extrapolar resultados de otras áreas de cobertura loésica.

### Procesos pedogenéticos

Casi simultáneamente con el depósito del material parental (estadio inicial de evolución), comenzó la pedogénesis y progresó como cambio de posdeposición, provocando destrucción moderada de los minerales inestables en condiciones de régimen de humedad de suelo údico, que pasó transicionalmente a ústico en el sector distal. La meteorización química de los minerales en función del clima edáfico fue moderada y se desarrolló en un medio de características físicoquímicas moderadas, determinadas por un pH neutro, en el tope, y alcalino en la base de los perfiles; una CIC también moderada; un complejo de cambio dominado por el ión  $\text{Ca}^{+2}$  y una alta saturación en las bases.

El proceso pedogenético fundamental en todos los suelos estudiados fue la melanización, que determinó la génesis de un epipedón móllico. Junto con la transformación de la materia orgánica existieron procesos de translocación importantes en toda la extensión de la transecta. Se encontró movilización y precipitación de carbonatos secundarios en los horizontes más profundos del sector SO (porción distal), que provocaron el desarrollo del horizonte cálcico. La iluviación de arcillas se manifestó hacia el sector NE (porción proximal) con la presencia de abundantes *coatings* de arcilla y materia orgánica que revestían, con continuidad, la superficie de los *peds*.

### Dinámica eólica y mecanismos de transporte de los minerales

La composición mineralógica de la fracción estudiada fue comparable, en su aspecto cualitativo, a la

tradicionalmente presentada para el loess pampeano por los diferentes autores (Frenguelli 1925; Teruggi 1957; Scoppa 1974; Pazos 1981; Lutens 1982; Morrás 1985; Blanco 1986). A diferencia de otros loess mundialmente reconocidos, en que la fracción limo es dominante, en los suelos estudiados predominó el tamaño de arena muy fina. Se reconoció como fuentes de estos minerales alóctonos las rocas volcánicas de Patagonia y de la Cordillera de los Andes (Teruggi 1957; Scoppa 1974; Zárate y Blassi 1988; Bloom 1990; Páez y Prieto 1990). De acuerdo con estos autores, los clastos integrantes de la fracción arena serían el producto inicial de un volcanismo explosivo con abundante vidrio volcánico, plagioclasas zonales y cuarzo subordinado. Antes de ser exportados hacia las pampas (Bloom 1990), estos materiales fueron meteorizados y retransportados por procesos fluviales, glaciales y eólicos, pues al considerar el tamaño de las partículas dominantes la fuente de aporte debería localizarse más cerca que la reconocida actualmente (Zárate y Blassi 1988). Finalmente pudieron removilizarse, por procesos de dinámica eólica, en nubes de polvo que depositaron su carga sobre la topografía de la llanura pampeana, en la que se integra la llanura subventánica occidental bonaerense.

Los sistemas de transporte eólico se caracterizan por fluctuaciones en sus niveles de energía, que dependen de la circulación general de la atmósfera; por eso, una partícula en una nube de polvo depende de la magnitud de esas fluctuaciones para sedimentarse o permanecer en movimiento. Consecuentemente se produce una selección de los granos minerales en función de su tamaño y forma. Los minerales que constituyen la fracción arena, transportados por saltación y con una altura de salto proporcional a sus dimensiones (Gerety y Singerland 1983), se depositan cerca de la fuente de aporte. En tanto, los de tamaño limo y arcilla permanecen en suspensión por corto y largo término, respectivamente (Spalletti 1990), y pueden depositarse a considerable distancia de su fuente de origen.

Además de esta variación en la energía, existen otros factores que causan el entrapamiento de las partículas minerales y contribuyen localmente a la selección del loess pedemontano. Entre ellos, la forma y densidad de las partículas minerales; la vegetación, principalmente de especies de estepa gramínea (Páez y Prietgo 1990); la humedad; la topografía y las características de las pendientes (Dumbar y Rodgers; Embleton y King; Tsoar y Pye; en Spalletti

1990); el aporte de sedimentos en áreas de mezcla ambiental afectadas por otros procesos de transporte. Esta situación particular se puede observar en el paisaje de la llanura subventánica occidental, donde coexisten el sistema serrano de la Ventana y la planicie.

Así, se determinó un incremento porcentual de cuarzo en los perfiles 4-Tornquist y 5-Sierra Ventana (sector proximal del piedemonte), cuyo origen podría atribuirse a un aporte de tipo coluvio-aluvial proveniente de las pendientes serranas inestables, subordinado al proceso eólico dominante. Particularmente en la masa del perfil 4 se encontraron clastos de cuarzo con un diámetro promedio de 1 cm y mayores.

Si se considera que estos perfiles se localizan en un nivel plano extendido cercano a un valle aluvial funcional, no debería descartarse un posible aporte de desbordes fluviales. Sin embargo, las características de suelos aluviales (decrecimiento irregular de la materia orgánica o estratificaciones) no están presentes en ellos. Además, como ocurre en los perfiles 1, 2 y 3, presentan una capa de tosca (horizonte petrocálcico) en el subyacente, calidad que difiere de las esperadas en suelos vinculados con una génesis fluvial. Por lo tanto, como el paisaje de lomadas interserranas favorece el aporte de tipo coluvio-aluvial, se aceptó esta hipótesis como más probable.

### CONCLUSIONES

La creciente disponibilidad de datos confirma una apreciable homogeneidad en cuanto a las especies minerales identificadas en los suelos pampeanos. El estudio efectuado permite establecer las siguientes conclusiones:

- A diferencia de otros loess mundialmente reconocidos en los que predomina la fracción limo, en los sedimentos loésicos de la llanura subventánica occidental bonaerense domina la fracción de arena muy fina. La mineralogía de la fracción 88  $\mu\text{m}$  coincidió en su aspecto cualitativo con la tradicionalmente presentada para los sedimentos loésicos de la región pampeana.
- La fracción de arena de los suelos estudiados se compone en un 95% de minerales livianos, entre los que son comunes los feldespatos alcalinos, cuarzo, vidrio volcánico y frecuentes plagioclasas de tipo andesina-labradorita. Los minerales pesados constituyen entre 4% y 5% del total entre los opacos, hornblenda común, epidoto y, frecuentemente, augita e hipersteno. Los fragmentos rocosos, cuya composición es difícil de identificar por a su pequeño tamaño, son comunes en ambas fracciones.
- Si bien el análisis de la distribución por tamaño de partículas indica una textura uniforme franco-limosa en el perfil 1-Muzzi, las observaciones de campo (concreciones gruesas de carbonato de calcio, límite superior e inferior abrupto y plano, pH alcalino, alto contenido de carbonatos >32% y fuerte reacción al HCl) indicarían una discontinuidad litológica a la profundidad del horizonte C2ca (cálcico). El recuento de minerales manifiesta, en ese horizonte, un decrecimiento significativo del contenido de cuarzo, feldespato alcalino, plagioclasas y vidrio volcánico asociado a una mayor frecuencia de fragmentos rocosos.
- Teniendo en cuenta las características morfológicas y el análisis mineralógico, esta posible discontinuidad litológica estaría relacionada con un ciclo pedogenético antiguo, del cual el horizonte C2ca constituiría un relicto, depositándose encima los materiales sobre los que progresa la pedogénesis actual.
- Las reservas de minerales meteorizables son adecuadas en todos los perfiles estudiados y la mineralogía indica un estado de evolución entre reciente a intermedio.
- Considerando que la meteorización de los minerales poco estables ocurre en un medio físico-químico moderado, en condiciones de pH neutro en el tope hasta alcalino en la base del perfil, las diferencias cuantitativas intra- e interpedónicas identificadas en las especies minerales no se atribuyen a la edafogénesis, sino que son propias del material parental loésico en función de la dinámica del transporte eólico afectado por factores de selección local de las partículas.
- Los volúmenes de agua puestos en contacto con la superficie mineral son mayores en los perfiles cercanos a la Sierra de la Ventana que en aquellos situados próximos a la Costa Atlántica, determinando que los componentes movilizados en la solu-

ción del suelo sean diferentes hacia ambos extremos de la transecta estudiada. Consecuentemente, los productos finales resultantes de los procesos pedogenéticos son también diferentes, tendiendo a la génesis de horizontes cálcicos en RHS ústico hacia el sector SO, mientras que el RHS údico del sector NE promueve la translocación de partículas arcillosas y evoluciona desarrollando horizontes argílicos.

## LITERATURA CITADA

- AMIOTTI, N. 1988. Cambios en las propiedades subsuperficiales inducidas por el uso del suelo. Arg., CONICET p. 197. (Inédito).
- BARSHAD, I. 1955. Soil development. In Chemistry of soil. F.E. Bear (Ed.). New York, Reinhold Publishing Corporation p. 1-52.
- BLANCO, M. DEL C. 1986. Micromorphology and mineralogy of some soils of the humid pampa. Thesis Magister. Bélgica, Gante.
- BLOOM, ? 1990. Some questions about the pampean loess. In Simposio Internacional sobre Loess. Arg., Mar del Plata. p. 29-31. (Resumen extendido).
- DARWIN, C. 1846. Geological observations in South America. London.
- D'ORBIGNY, A.D. 1842. Voyage dans L'Amérique Meridionale. Geologic (Francia) 3:3.
- FRENGUELLI, J. 1925. Loess y limos pampeanos. Universidad Nacional de La Plata. Serie Técnica y Didáctica no. 7. p. 1-88.
- GERETY, K.M.; SINGERLAND, R. 1983. Nature of the saltating population in wind tunnel experiments with heterogeneous size density sands in eolian sediments and processes. Amsterdam. Developments in Sedimentology no 38. p. 115-132.
- IMBELLONE, P.; CAMILION, M.C. 1984. Aplicación de diferentes criterios para identificar discontinuidades litológicas. Buenos Aires, Partido de Carlos Tejedor. Ciencia del Suelo 2(1): 149-158.
- LUTERS, J.A. 1982. Edafogénesis de la climosecuencia existente entre el SE de la provincia de La Pampa y el Litoral Atlántico. Tesis Magister. Arg., Bahía Blanca. p. 200.
- MORRAS, H. 1985. Estado actual de la mineralogía y micropedología de suelos de la región pampeana norte. In Jornadas Regionales de Suelos de la Región Pampeana Norte (1. Rafaela, Arg.). Actas. p. 191-214.
- PAEZ, M.M.; PRIETO, A.P. 1990. Reconstrucción paleoambiental por análisis de polen de secuencias de loess en el sudeste de Buenos Aires (Argentina). In Simposio Internacional sobre Loess (Mar del Plata, Arg.) p. 21-25.
- PAZOS, S. 1981. Micromorphology and mineralogy of the sand fraction of some mollisols. Tesis Magister. Bélgica, Gante. p. 112.
- SCOPPA, S. 1974. The pedogenesis of a sequence of mollisols in the undulating pampa, República Argentina. Tesis Doctoral. Gante, Bélgica. p. 158.
- SPALLETI, L.A. 1990. Loessitas: Realidad o fantasía. In Simposio Internacional sobre Loess (Mar del Plata, Arg.) p. 1-10.
- STOOPS, G. 1985. Notes on soil mineralogy. Ghent, Belgium, ITC. p. 20.
- TERUGGI, M. 1957. The nature and origin of Argentinian loess. Journal of Sedimentary Petrology 27(3).
- TERUGGI, M.; IMBELLONI, P. 1983. Perfiles de estabilidad mineral en suelos desarrollados sobre loess de la región pampeana septentrional, Argentina. AACS 1(1):65-74.
- TRICART, J. 1973. Geomorfología de la pampa deprimida: Plan mapa de suelos de la región pampeana. INTA, Arg. Colección Científica.
- UNITED STATES. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1990. Keys to soil taxonomy. Soil Management Support Service. p. 422.
- ZARATE, M.; BLASI, A. 1988. Consideraciones sobre el origen, procedencia y transporte del loess del sudoeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. In Simposio Internacional sobre Loess. Mar del Plata, Arg. p. 15-20. (Resumen expandido).