

**GRANITOIDES, DEPOSITOS COLUVIALES Y DESARROLLO DE SUELOS  
COMPLEJOS EN EL CERRO EL SOMBRERO, PARTIDO DE LOBERIA,  
PROVINCIA DE BUENOS AIRES**

M. C. Camili6n, M. A. Z6rate (1) y R. R. Iasi (2)

Instituto de Geomorfologfa y Suelos. Universidad Nacional de La Plata  
Calle 3 N6 584. 1900 La Plata.

**RESUMEN**

Se describen perfiles poligen6ticos de las laderas del Cerro El Sombrero del Sistema de Tandilia, evolucionados sobre tres unidades estratigr6ficas. La inferior correspondiente a saprolito de rocas del basamento (gneisses, migmatitas y granitoides); las superiores compuestas por material cl6stico al6ctono.

Se analiza en detalle un perfil ubicado a 335 metros de altura. Los datos ffsicos, qufmicos y mineral6gicos permiten diferenciar al menos dos ciclos pedol6gicos, separados por un intenso proceso erosivo. El m6s antiguo, previo al Pleistoceno medio, desarroll6 un suelo con horizonte B de caracterfsticas k6ndicas a partir de un granitoide granatfifero. El segundo, que probablemente tuvo lugar al final del Pleistoceno/inicio del Holoceno, pedogeniz6 los materiales coluviales y gener6 un horizonte B argflico que sobreimpone sus rasgos en el techo del paleosuelo truncado.

Palabras clave: saprolito moteado, neoformaci6n, kanditas, oxihidr6xidos de hierro, lnea de piedras.

**GRANITOIDES, HILLSLOPE MATERIALS AND COMPLEX SOIL DEVELOPMENT AT  
CERRO EL SOMBRERO, LOBERIA DEPARTMENT, BUENOS AIRES PROVINCE**

**ABSTRACT**

Polygenetic profiles from the slopes of Cerro El Sombrero in Tandilia System, developed on three stratigraphic units, are described. The lower one is a weathering mantle formed on bedrock (gneisses, migmatites and granitoids); the upper ones comprise colluvial materials. A soil profile, located at an elevation of about 335 metres, is here analysed in detail. Physical, chemical and mineralogical data indicate at least two main pedogenetic episodes, separated by a strong erosive process. The older episode took place prior to middle Pleistocene and produced a weathering profile kandic-like B horizon from a garnetiferous granitoid. The second episode, probably late Pleistocene/early Holocene, developed in the colluvial materials and its argillic horizon overprinted the truncated old soil.

Key words: mottled saprolite, neoformation, kandites, Fe oxyhydroxides, stone line.

- (1) Centro de Geologfa de Costas y del Cuaternario. U.N.M.D.P. C.C. 722 7600 Mar del Plata.  
(2) CIDEPINT. CIC. 52 entre 121 y 122. 1900 La Plata.

INTRODUCCION

En el 6mbito pampeano la mayorfa de los estudios se han centralizado en los procesos pedol6gicos acaecidos en el loess y materiales loessoides. En consecuencia, la informaci6n disponible sobre suelos desarrollados en otros tipos de material parental es muy escasa. Por su parte, en el sistema de Tandilia se ha mencionado la presencia de suelos y paleosuelos en materiales e6licos o coluviales (Vargas Gil y Scoppa, 1971; Teruggi et al., 1973). Sin embargo, hasta el presente no se ha citado la actuaci6n de procesos de meteorizaci6n/formaci6n de suelos a partir del basamento cristalino, a pesar que este sustrato Prec6mbrico ha estado expuesto en ciertos sectores desde el Plioceno (Teruggi y Kilmurray, 1975).

Diversas investigaciones han hecho referencia a la existencia de alteraciones en el complejo igrneo-metam6rfico, atribuy6ndoseles orfgenes diversos. Algunos autores las consideran hidrotermales (Marchese y Di Paola, 1975; Di Paola, 1989); otros se6alan que la caolinitizaci6n es producto de meteorizaci6n en tiempos prec6mbricos (Zalba et al., 1990). Probablemente, estas alteraciones respondan a m6s de una g6nesis y no sean en todos los casos estrictamente equivalentes.

Durante la ejecuci6n de un levantamiento geol6gico de los materiales de cubierta del cerro El Sombrero (Fig. 1), uno de los autores del presente trabajo encontr6 un suelo profundo, parcialmente desarrollado en material cl6stico que recubre un granitoide meteorizado, en la pendiente oeste del citado cerro.

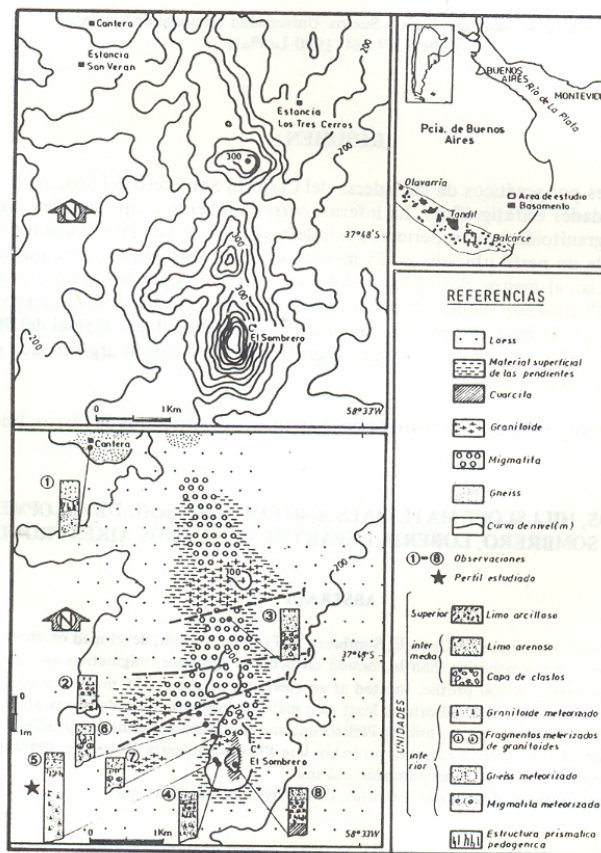


Fig. 1. Mapa topogr6fico y geol6gico del 6rea de estudio (modificado de Dalla Salda, 1981).



Con posterioridad, se reconocieron en el área secuencias similares con distinto grado de alteración. Sólo recientemente Massone (1989) cita alteración en el basamento Precámbrico del cerro El Quebracho, que infrayace una secuencia sedimentaria del Pleistoceno-Holoceno.

El objetivo del presente trabajo es describir los perfiles de meteorización encontrados en el cerro El Sombrero y área circundante, y analizar en detalle las propiedades de un perfil complejo evolucionado sobre rocas granitoides y material coluvial.

### MATERIAL Y METODOS

Se realizaron 15 observaciones en el cerro y área circundante, algunas señaladas en la Fig. 1.

La descripción morfológica se efectuó de acuerdo con Etchevehere (1976). La granulometría se estableció por el método de la pipeta (Day, 1965) y tamizado; el pH (1:2,5) con potenciómetro y la capacidad de intercambio con  $\text{NH}_4\text{Ac}$  2 M a pH 8,3. El análisis químico elemental se llevó a cabo con métodos convencionales (colorimétricos y absorción atómica); los óxidos libres se extrajeron según Mehra y Jackson (1960). El análisis mineralógico comprendió microscopía óptica (grano suelto y cortes delgados); difracción de rayos X (en polvo y orientados) y microscopía electrónica de barrido en combinación con microanálisis químico puntual.

### DESCRIPCION DEL AREA

El cerro El Sombrero, ubicado aproximadamente a 90 km al noroeste de la ciudad de Mar del Plata, es uno de los más altos del sistema de Tandilia (429 metros s.n.m.). Presenta la forma de un cono truncado, elongado en sentido N-S que se eleva unos 200 metros por encima de la llanura circundante.

Dalla Salda (1981) efectuó el mapeo geológico del sector; sobre el basamento Precámbrico apoyan en discordancia angular las cuarcitas de la Fm. Balcarce, que le otorgan una configuración tabular a la cumbre del cerro El Sombrero. De acuerdo con el autor, las rocas del basamento comprenden migmatitas, granitoides y gneiss (Grupo El Cristo). Se caracterizan por la gran variabilidad de texturas, estructuras y asociaciones minerales en distancias muy cortas. Así presentan variedades petrológicas tales como migmatitas granitoidicas, granitoides migmáticos. Este complejo ígneo-metamór-

fico aflora discontinuamente en las laderas del cerro, donde se encuentra parcialmente cubierto por un manto de depósitos coluviales. Hacia el norte del cerro los afloramientos rocosos son más extensos. Las cuarcitas (Paleozoico inferior) son homogéneas en su litología, con intercalaciones caoliniticas de escasos centímetros (Del Valle, 1988).

La unidad inferior, producto de meteorización del basamento, es discontinua lateralmente; su morfología está condicionada por la fábrica y composición de la roca original. Así puede retener la fábrica de la roca, estar constituida por fragmentos cuarzo-feldespáticos o pseudomorfos feldespáticos (observaciones 1 a 7 de la Fig. 1). Su espesor es sumamente variable (40 a más de 200 cm) y se caracteriza por presentar en sus niveles superiores morfología pedológica (estructuración, barnices, actividad biológica). El límite superior de la unidad es una neta superficie erosiva que trunca a la entidad a distintas profundidades, de acuerdo con la posición topográfica. No se han encontrado signos de meteorización en las cuarcitas, a excepción de tintes de oxidación localizados. Sí, en cambio, se observaron en posiciones estratigráficas equivalentes, suelos truncados desarrollados sobre sedimentos alóctonos (material loessoide) que apoyan sobre las cuarcitas (observación 8 de la Fig. 1).

La unidad intermedia es clástica, compuesta por limos arcillo-arenosos a gravosos, con proporción pefítica decreciente hacia la base del cerro, donde predominan las facies arenosas. Los clastos son de granitoides y cuarcitas, así como fragmentos de roca alterada, subangulares a redondeados. Su espesor promedio es de 40 cm, con límite neto e irregular que sepulta los perfiles de meteorización y los remanentes de suelos sobre cuarcitas.

La unidad superior, también clástica, es de granulometría más fina (Fig. 1). Comprende limos arcillosos intensamente pedogenizados, que ocasionalmente presentan clastos. Constituye un manto delgado y discontinuo, a veces apoyando directamente sobre el afloramiento rocoso.

La secuencia estratigráfica descrita puede observarse en los flancos de los cerros El Sombrero y Las Piedras, hasta aproximadamente la cota 220-230 metros. A menor altura, en forma transicional, se pasa al manto eólico de loess arenoso a arenas muy finas loésicas que circunda estas serranías (Fig. 1).

El clima actual de la región es templado húmedo, con una temperatura media anual de unos  $14^\circ\text{C}$ , alcanzando las precipitaciones medias anuales los 850 mm. La vegetación natural de estas serranías es de gramíneas y arbustos dispersos, especialmente *Colletia paradoxa*.



## PERFIL ESTUDIADO

### Descripción

Este perfil (observación 5) está ubicado en la pendiente media del faldeo oeste del cerro, a una altura estimada de 335 metros (Fig. 1). La pendiente local es recta y estratigráficamente abarca las tres unidades ya mencionadas.

La roca de base es un granitoide granatífero, de textura porfiroidea. Los fenocristales de feldespato potásico son mayores a 2 cm, exhibiendo apariencia micropegmatoidal. Estas son las características del afloramiento rocoso ubicado a menos de 20 metros del perfil, al que se ha asumido como roca madre al no llegarse a encontrar roca fresca en la excavación realizada. El patrón de distribución areal de estos perfiles es irregular; su presencia está limitada a algunos segmentos de las pendientes del cerro. No se ha podido precisar en qué sitios se desarrollan; una evidencia superficial que puede indicar su existencia es la presencia de buena cobertura vegetal, indicadora de mayor disponibilidad de agua que respondería a la mayor capacidad de retención hídrica del perfil meteorizado. Lateralmente, a pocos metros del sitio analizado, aparecen exposiciones rocosas frescas o con alteración incipiente que están desprovistas de cubierta sedimentaria. Folster et al. (1971) señalan también la coexistencia en escasa distancia de perfiles de meteorización y rocas inalteradas en ambientes metamórficos.

El régimen de humedad del suelo es más húmedo que el de los suelos zonales desarrollados en el manto eólico loésico. La cúspide del cerro constituye una zona de recarga hídrica local, con gran infiltración pluvial por las fisuras y planos de estratificación de los bancos de cuarcitas. El agua, por el elevado gradiente de pendiente, escurre rápidamente y genera estados de insaturación en el sector superior del perfil. Por su parte la capa freática fluctúa permanentemente en función de las lluvias. Durante las cuatro visitas efectuadas al área, en estación seca y lluviosa, el subsuelo retenía su humedad. En una ocasión luego de tres días de intensa precipitación la infiltración sólo alcanzó los 40 cm superiores.

### Morfología

Los principales rasgos macromorfológicos observables están indicados en la Fig. 2. El horizonte

superior está constituido por material fino enriquecido en materia orgánica, correspondiente a la unidad estratigráfica superior. A los 17 cm de profundidad se produce un cambio apreciable: el material más grueso y casi aestructurado presenta saltuariamente en su masa clastos de cuarcitas y granitoides. Su base neta y suave, a los 34 cm, demarca el techo de un horizonte alábico muy delgado (Fig. 2). En la base de este horizonte alábico aparece una línea de piedras bien definida, de superficie ondulada, constituida por clastos de cuarcitas de hasta 8 cm de longitud. Por debajo de esta línea de piedras el material es arcilloso, bien estructurado, con barnices arcillosos de color pardo en las paredes de los agregados y en grietas verticales de escasa longitud. El color del horizonte es abigarrado, con predominio del amarillo rojizo.

Por debajo de los 65 cm de profundidad los materiales son de textura franca, poco estructurados y tonalidades abigarradas (Fig. 2). Los fragmentos de roca muy meteorizada, que aparecen aislados en la masa de este horizonte, desmenuzan fácilmente en arenas finas al manipularse. Este horizonte denominado Bw por su alto grado de alteración, mantiene su identidad hasta los 95-100 cm de profundidad.

A mayor profundidad y en forma difusa el material se vuelve masivo, con mayor frecuencia de fantasmas de roca. En este nivel predomina la tonalidad parda amarillenta clara, si bien persisten los otros matices (Fig. 2). Se registra un incremento paulatino en el volumen de roca preservada y su característica fundamental es su desagregación en arenas (desde medias, a gruesas y a fragmentos gruesos) con el aumento de la profundidad. Este proceso de arenización o desintegración granular (Fitzpatrick, 1984) se produce hasta los 220 cm de profundidad. Dentro de este saprolito se han diferenciado distintos sectores por su color, estructura y contenido en moteados (Fig. 2). Así, el horizonte 3Cr3b identifica una zona blanqueada, constituida esencialmente por cuarzo y escasa arcilla; infrayaciendo al mismo hay preservación casi total de estructura de roca e incremento paulatino en moteados. Entre los 200 y 220 cm el perfil tiene apariencia de saprolito moteado (horizonte 3Cr5b) en cuya matriz blanquecina se destacan moteados amarillo rojizos de hasta 4 mm de diámetro. A mayor profundidad el material es más consistente, desaparecen los moteados y se presentan venillas de arcillas enriquecidas en oxihidróxidos de hierro y dendritas de manganeso (Fig. 2). La dureza del material impidió continuar la excavación por debajo de los 240 cm de profundidad.



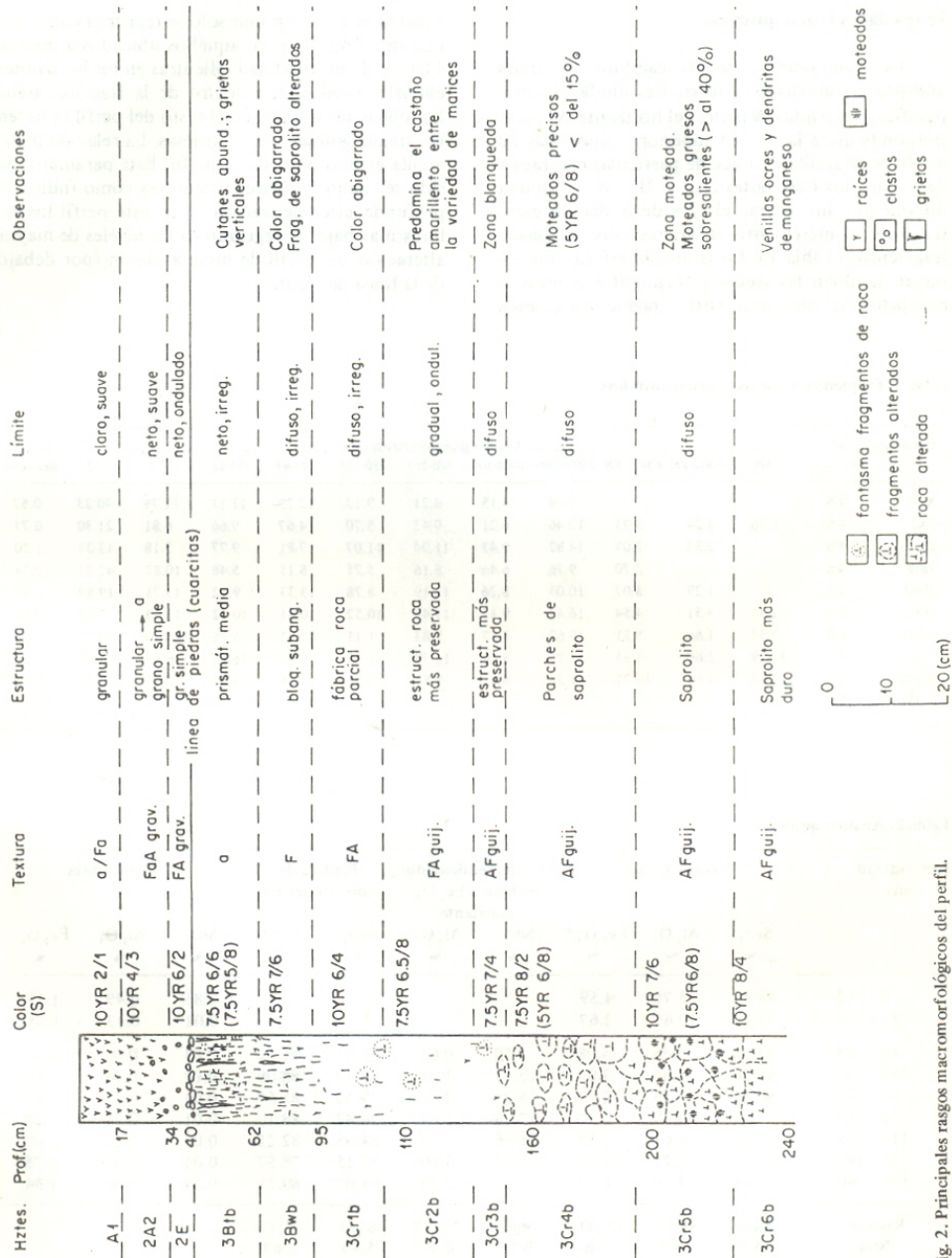


Fig. 2. Principales rasgos macromorfológicos del perfil.

### Propiedades f6sico-qu6micas

La granulometr6a se6ala cambios texturales abruptos, coincidentes con las tres unidades estratigr6ficas descriptas. Mientras el horizonte A1 —correspondiente a la unidad superior— posee m6s de un 40 % de arcilla y carece de part6culas mayores a 2800  $\mu\text{m}$ , los horizontes 2A2 y 2E —de la unidad intermedia— no superan el 22 % de arcilla y presentan notorio incremento en arenas muy gruesas y fragmentos (Tabla 1). En la unidad inferior predominan tambi6n las arenas y fragmentos gruesos, a excepci6n del horizonte 3Btb. Fragmentos gruesos

superiores a los 5,6 mm s6lo se registran en los horizontes 2A2,2E y en aqu6llos ubicados a m6s de 110 cm de profundidad. Mientras en los horizontes eluviales predominan dentro de la fracci6n arena las arenas muy finas, en el resto del perfil lo hacen las arenas gruesas y muy gruesas. La relaci6n limo/arcilla es baja en todo el perfil. Este par6metro ha sido se6alado por diversos autores como 6ndice de profunda intemperizaci6n, y en este perfil los valores m6s bajos se registran en los niveles de mayor alteraci6n del perfil de meteorizaci6n (por debajo de la l6nea de piedras).

Tabla 1. Propiedades f6sicas y f6sico-qu6micas.

Horizonte	pH (1:2.5)	An6lisis granulom6trico ( $\mu\text{m}$ )										Relaci6n limo/arcilla	
		>5600	5600-4000	4000-2800	2800-1000	1000-500	500-250	250-125	125-63	63-15	15-2		(2)
A1	4.6				2.59	4.15	8.21	9.13	12.79	11.11	11.78	40.23	0.57
2A2	4.6	5.78	3.24	3.73	13.46	6.21	9.43	5.70	14.67	9.66	6.81	21.30	0.77
2E	4.6		2.53	3.07	14.82	9.43	11.94	11.07	17.81	9.77	5.18	13.35	1.20
3Btb	4.6			2.70	9.76	6.46	8.16	5.75	8.11	5.48	10.82	42.73	0.38
3Bwb	4.6		1.29	3.07	10.05	8.26	12.19	8.78	13.33	9.42	13.71	19.89	1.10
3Cr1b	4.7	2.41	3.51	4.54	16.43	9.15	11.43	10.52	10.51	10.72	13.13	7.65	3.10
3Cr2b	4.8	2.51	1.86	5.51	19.67	8.57	9.83	1.13	11.82	5.76	14.50	18.77	1.00
3Cr3b	4.9	11.29	2.60	5.35	13.28	8.20	12.78	6.95	9.82	16.11	6.69	7.01	3.20
3Cr4b	5.0	7.56	4.60	10.71	21.38	8.62	9.84	7.62	7.18	8.64	10.53	3.33	5.70
3Cr5b	5.5												

Tabla 2. An6lisis qu6micos.

Profundidad (cm)	Oxidos Totales			Oxidos recalculados en base a $\text{Fe}_2\text{O}_3$ constante		P6rdida de constituyentes		Oxidos Libres		
	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3^*$	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
0 - 17	58.47	5.76	4.59					0.86	0.49	1.59
17 - 40	73.12	10.60	2.67					0.01	0.13	1.18
40 - 65	63.55	5.36	5.08	7.50	0.63	90.03	95.50	0.01	0.00	2.10
65 - 85	66.50	8.46	3.02	13.21	1.68	82.43	88.00	0.01	0.24	1.50
85 - 92	66.84	8.86	2.63	15.25	2.02	79.72	85.57	0.01	0.17	0.81
92 - 110	67.97	6.39	2.30	17.73	1.67	76.42	88.10	0.01	0.24	1.29
110 - 125	70.67	6.61	1.59	26.66	2.49	64.55	82.21	0.01	0.22	1.07
125 - 140	69.71	6.21	1.24	33.73	3.00	55.15	78.57	0.01	0.00	0.78
140 - 160	71.64	7.16	1.59	27.02	2.70	64.07	80.71	0.74	0.00	1.04
Roca de Base	$\text{SiO}_2$ 75.2	$\text{Al}_2\text{O}_3$ 14.0	$\text{Fe}_2\text{O}_3$ 0.6	MgO 0.11	$\text{Na}_2\text{O}$ 4.00	$\text{K}_2\text{O}$ 5.40	$\text{H}_2\text{O}$ 0.63			

\*  $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$



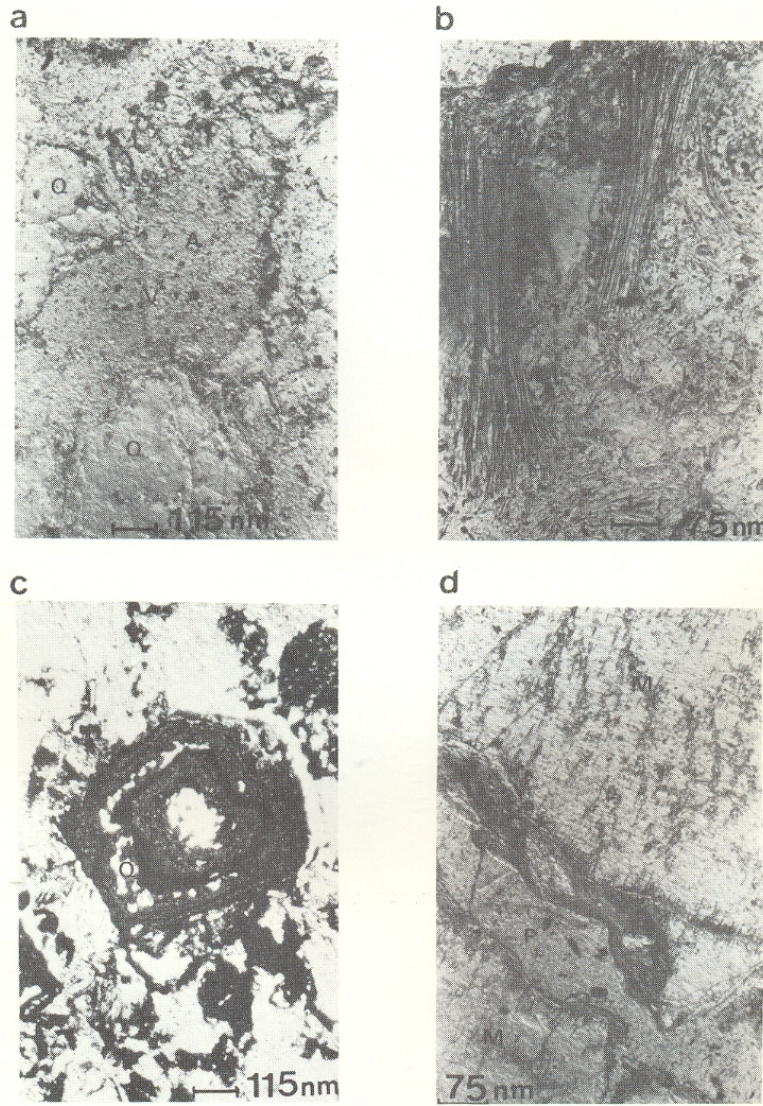


Fig. 3. Cortes micromorfológicos. a) Predominio fracción esquelética, Horizonte 3Cr4b, x 5. LPP; b) Biotita con alteración tipo cepillo, alterándose a caolinita. Horizonte 3Cr2b, x 10. LPP; c) Nódulo pseudomórfico del almandino. Horizonte 3Cr2b, x 5. LPP; d) Microclino con alteración lineal cruzada y arcilla orientada en poros. Horizonte 3Cr1b, x 10. LPP.



La reacción del suelo es marcadamente ácida en comparación con suelos zonales de la región (Tabla 1). Su tendencia hacia la neutralidad en profundidad nos indica mayor cercanía a la roca inalterada, aunque el valor máximo registrado de 5,5 a los 240 cm de profundidad señala que restaría un espesor considerable hasta alcanzarla.

El análisis químico total, realizado en la roca asumida como madre del perfil de meteorización, señala carencia de Ca, pobreza en Mg y cantidades apreciables de K y Na (Tabla 2). Estos valores podrían estar señalando la existencia de una alteración, sobre lo que se hablará más adelante.

Dado que los procesos formadores de suelos generan la formación de óxidos de Al, Fe, Si y Ti se analizaron en el perfil los óxidos totales y libres de estos primeros elementos; se prescindió del Ti por no haber sido detectado en la roca. Los análisis químicos totales efectuados marcan tres secciones bien diferenciables (Tabla 2) en correspondencia con las tres unidades estratigráficas reconocidas. Circunscribiendo el análisis al perfil de meteorización-pedogénesis, anterior al episodio erosivo documentado por la línea de piedras, se observa desde la base al techo un decrecimiento relativo en sílice y alúmina y considerable ganancia en hierro. Según Joffe (1953), el elemento de mayor ganancia aparente es el que ha permanecido en el sistema, y por lo tanto es constante y se deben recalcular los porcentajes de sílice y alúmina. Los valores de estos elementos recalculados (Tabla 2) indican una pérdida muy considerable, si la roca madre se corresponde exactamente con la analizada. En este sentido la magnitud de estas pérdidas podrían atribuirse en parte a las variaciones petrológicas composicionales ya señaladas. No obstante, la activa participación del hierro como óxido libre indica por sí misma la intensidad del proceso de alteración. La relación Fe libre / Fe total alcanza su máximo en el saprolito (Tabla 2). Con respecto a la sílice y alúmina libres, se registran proporciones muy bajas. En el caso de la alúmina está limitado al horizonte 3Bwb y al saprolito más meteorizado. Por su parte, la sílice es insignificante entre los 17 y 140 cm de profundidad, incrementándose en la superficie y en la base del perfil. Los óxidos libres que se encuentran en el horizonte superficial procederían del la-

vado de perfiles ubicados en posiciones topográficas más altas del cerro, como también de las cuarcitas suprayacentes. La acidez del medio refleja la intensidad del lavado superficial y sub-superficial, que ha posibilitado el desarrollo de un horizonte E incipiente en una posición topográfica de marcado gradiente. A más de 60 cm de profundidad el porcentaje de saturación en bases del complejo adsorbente sólo alcanza al 57 %, con alta participación de hidrógeno intercambiable (Tabla 3).

Tabla 3. Capacidad de intercambio catiónico y bases intercambiables del horizonte 3Bwb.

C.I.C.	Na	K	Ca	Mg	H	S	% S
----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----							
14.5	0.42	0.85	3.89	3.20	3.20	8.36	57.6

#### Propiedades mineralógicas

La roca asumida como roca madre, si bien tiene apariencia fresca, muestra en los diagramas de difracción en polvo una cantidad apreciable de kanditas ( $\approx 25\%$ ). En los ojos de granate, almandínico, se detectó ligera alteración a oxihidróxidos de hierro, identificándose lepidocrocita como compuesto paracrystalino.

Desde la base del perfil hasta el horizonte 3Btb se pudo apreciar en los cortes delgados un decrecimiento paulatino de los componentes esqueléticos (Fig. 3a, 3d; Fig. 4a, 4b). Sus componentes básicos gruesos coinciden con los de la roca asumida como madre (Tabla 4). Los cristales de cuarzo se presentan casi siempre fracturados, a veces agrupados en mosaico, suturados o no. El microclino aparece con distintos grados de alteración (preferentemente linear cruzada o bordes en disolución), siendo mayor en los niveles superiores y/o en los cristales de mayor tamaño. La mica, biotítica, aparece en láminas ligeramente curvadas en la base del perfil, pero ya en el horizonte 3Cr3b muestra marcada exfoliación, con decoloración total o parcial (Fig. 3b). Se observan pseudomorfos del almandino en los niveles inferiores del perfil (Tabla 4) y a partir del horizonte 3Cr2b son frecuentes los nódulos concéntricos abiertos de naturaleza férrica, con disposición pseudo-hexagonal remanente del granate (Fig. 3c).



El plasma, normalmente limitado a vacíos planares y/o rodeando granos esqueléticos, presenta en el horizonte 3Bwb cierta birrefringencia y comienza a estar oscurecido por impregnaciones en oxihidróxidos de hierro. Ya en el horizonte 3Btb su distribución es del tipo aglomeroplásmica (Beaudou, 1972), con aspecto de piel de naranja por su riqueza en gránulos de óxidos de Fe (Fig. 4b). En este horizonte también se aprecian ferriargilanes (Fig. 4c).

Con respecto a los argilominerales predominan los del tipo 1:1, habiéndose identificado ha-

lloisita y caolinita por sus morfologías submicroscópicas. Las esmectitas predominan únicamente en el horizonte 3Cr1b (Tabla 4). La asociación mineral descrita desaparece por encima de la línea de piedras. En el sector eluvial los compuestos minerales gruesos son los típicos de los sedimentos pampeanos asociados a granate y fragmentos líticos, producto de mezcla con los materiales subyacentes (Tabla 4). A nivel de la fracción fina, se incrementan significativamente las arcillas 2:1 no expandibles, pero mantienen su predominio las kanditas.

Tabla 4. Composición mineralógica.

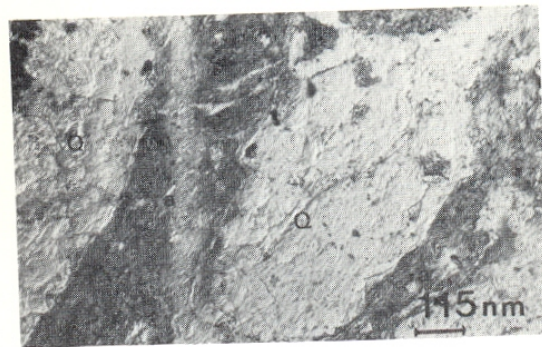
Horizonte	Componentes gruesos *	Componentes finos	
		arcillosos	no arcillosos
	orden decreciente →		
A1	Plagioclasas; cuarzo; vidrio volcánico; hornblenda; frag. de nódulos de Fe; fitolitos, granate, circón.	Kanditas; illita; esmectita.	
2A2	Plagioclasas, cuarzo, hornblenda; vidrio volcánico; frag. de cuarcitas, granitoides y nódulos de Fe.	Kanditas; illita; esmectita.	
2E	Cuarzo; plagioclasas; nódulos de Fe fragmentados.	Kanditas; illita; esmectita.	
3Btb	Cuarzo; microclino argilizado; nódulos de Fe.	Kanditas; esmectita; illita.	lepidocrocita; goethita (?).
3Bwb	Cuarzo en mosaico, suturado; microclino (grado 2 de alteración); mica exfoliada.	Kanditas; esmectita; illita.	lepidocrocita.
3Cr1b	Cuarzo en mosaico, fisurado; microclino (alteración grado 1 y 2); manojos micáceos con decoloración parcial; nódulos de Fe concéntricos.	Esmectita; kanditas; illita.	lepidocrocita; Fe amorfo mamelonar.
3Cr2b	Cuarzo fisurado; mica biolítica algo decolorada y bordes exfoliados; microclino en alteración 0 y 1; nódulos pseudomorfos.	Kanditas; mica/illita; esmectita.	ferrihidrita (?); Fe amorfo mamelonar.
3Cr3b	Cuarzo hipidiomorfo en mosaico; microclino (alteración grado 1); biotita; almandino (alteración grado 2) linear irregular.	Kanditas; esmectita; mica/illita.	ferrihidrita (?).
Roca de base.	Cuarzo; feldespato; mica; almandino.	Kandita.	lepidocrocita.

\* Tipos y grados de alteración según Bullock et al., 1985.

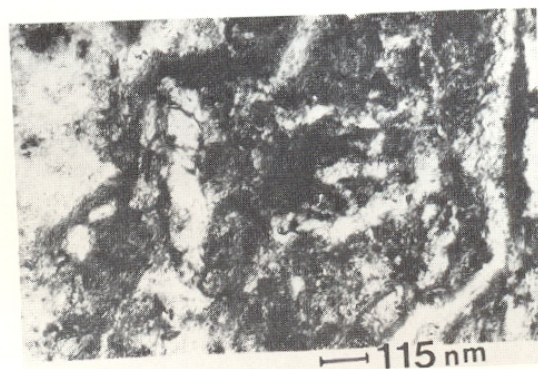
## DISCUSION

El sector que infrayace a la línea de piedras presenta rasgos derivados de la meteorización in situ de la roca cristalina, con caracteres hidromórficos relacionados con la capa freática. La desintegración granular del granitoide es una característica peculiar de las rocas de grano grueso meteori-

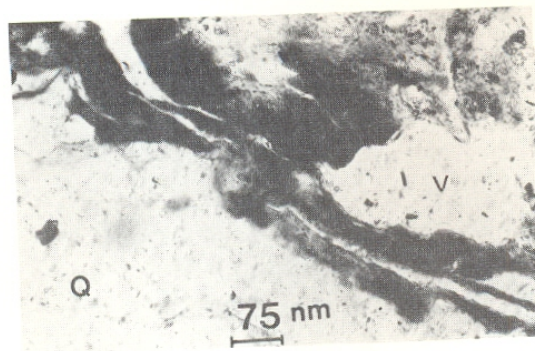
zadas, que debe su origen a las presiones de exfoliación de la biotita en las primeras etapas de la hidrólisis. La presencia de granate almandínico, con su patrón de alteración linear característico (Bullock et al., 1985), es la fuente principal de hierro, pudiendo ser también fuente de liberación de Si y Al. Por su parte, el microclino es la fuente principal de los elementos que posibilitan la neo-



a



b



c

Fig. 4. Cortes micromorfológicos. a) Plasma semiorientado entre granos de cuarzo, Horizonte 3Bwb. x 5. LPP; b) Plasma aglomeroplásmico impregnado en oxidóxidos de Fe. Horizonte 3Btb. x 5. LPP; c) Ferriargilanes en poros planares. Horizonte 3Btb. x 10. LPP.



formación de kanditas. En el intervalo de pH encontrado y con lavado moderado éstas podrían formarse igualmente en forma directa a partir de la biotita (Ojanuga, 1973).

La predominancia de kanditas, pero también la persistencia de cierta proporción de arcillas 2:1, la ausencia de gibsita libre, la baja capacidad de intercambio catiónico, la muy baja relación limo/arcilla y el medio ácido con alta insaturación están indicando que se trata de una alteración incomple-

ta, con desilicación intermedia (Jackson, 1965). Estas propiedades geoquímicas del perfil encuadrarán según Duchaufour (1977) dentro de la fase de ferruginación de climas subtropicales húmedos con una estación seca. Por otra parte, la asociación de kanditas con óxidos e hidróxidos de hierro (Fig. 5) ha sido señalada como una característica de los materiales altamente ferruginosos con alternancia de períodos secos y húmedos.

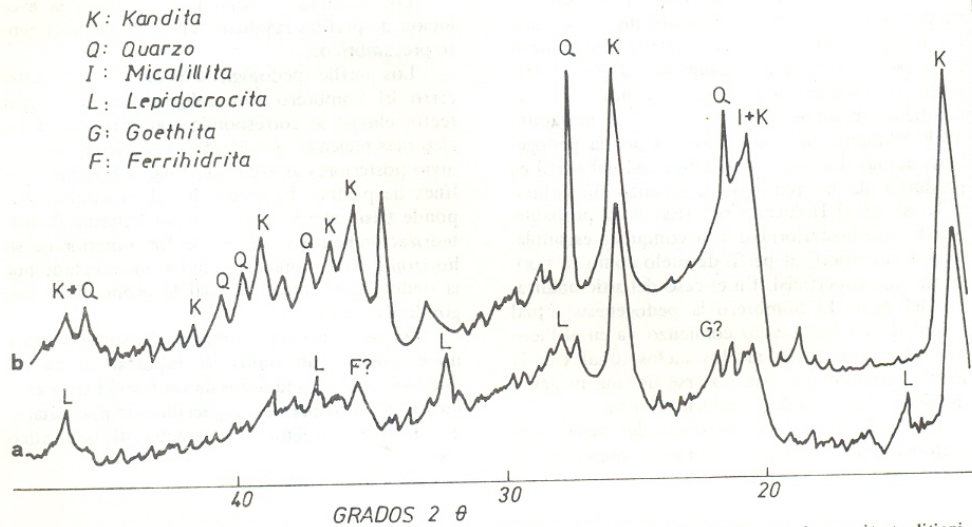


Fig. 5. Patrón difractométrico de la fracción menor a  $2 \mu\text{m}$ . a) Sin remoción de óxidos. b) Pretratada con citrato-ditionito-bicarbonato de sodio.

La acidez del medio no favorece la formación de esmectitas; su presencia podría deberse al drenaje deficiente del subsuelo que posibilitaría la acumulación de sílice y otros elementos esenciales para su formación. La presencia de lepidocrocita, así como otros compuestos metaestables de hierro (Tabla 4) está asociada normalmente a hidromorfismo en ambientes tropicales y se cree que es el constituyente principal de los moteados. Su presencia se ha detectado también en suelos residuales en granitos de regiones templadas (Tarzi y Protz, 1978). La transformación de lepidocrocita en goethita en los niveles superiores del perfil de meteorización explicaría los matices más rojizos del horizonte 3Bwb y 3Btb.

Estos procesos de meteorización progresan muy lentamente, involucrando períodos temporales muy extensos. Datos procedentes de otras partes del mundo consignan edades entre  $2,2 \times$

$10^{-6}$  a  $7,7 \times 10^{-6}$  para climas húmedos tropicales (Leneuf y Aubut, 1960) que los remontan al Terciario; para otros la neoformación de arcilla tiene valores de 1 a 2 mg/100 gramos de material por año (Barshad, 1957). Al no disponerse de dataciones que pudiesen indicar el inicio del proceso de meteorización, trataremos de estimarlo en forma relativa. En localidades vecinas, depósitos coluviales con niveles de tosca y paleosuelos suprayacentes al basamento meteorizado fueron asignados al Pleistoceno medio (Teruggi et al., op. cit.); por lo tanto el proceso de meteorización podría considerarse anterior, posiblemente posterior al último pulso intenso de tectonismo del Terciario tardío. La asociación halloisita - caolinita - oxihidróxidos de hierro paracrystalinos sugiere también un lapso considerable, aunque no lo suficientemente prolongado para su transformación total en formas más estables.

El episodio erosivo responsable de la remoci6n del sector eluvial del perfil de meteorizaci6n posiblemente ha ocurrido en el Pleistoceno tard6o, posterior al 6ltimo interglacial y vinculado con el 6ltimo ciclo de reactivaci6n del paisaje, generador de la red de drenaje actual. Las relaciones topogr6ficas nos indican que la depositaci6n lo6sica, que forma un manto continuo en posiciones topogr6ficas m6s bajas, fue posterior al proceso de coluviaci6n. Evidencias geol6gicas regionales indican que a comienzos del Holoceno ces6 la sedimentaci6n e6lica, inici6ndose un per6odo de estabilidad que permiti6 el desarrollo de los suelos (Flegenhaimer y Z6rate, 1989). Este nuevo ciclo pedog6nico sobreimpone sus rasgos y afecta en profundidad al paleosuelo truncado que se mantiene actualmente activo. As6, el horizonte 3Btb adquiere sus rasgos iluviales por la pedog6nesis actual. La parte m6s superficial del perfil es producto de un pulso de sedimentaci6n e6lico-coluvial en el Holoceno superior, muy probablemente con posterioridad a la conquista espa6ola, que se incorpor6 al perfil de suelo como su horizonte m6s superficial. En el caso del sitio analizado del cerro El Sombrero la pedog6nesis actual posiblemente haya dado comienzo ya en el Pleistoceno tard6o, antes que los suelos zonales de la llanura circundante por tratarse de una posici6n de menor din6mica sedimentaria relativa.

Las peculiares caracter6sticas del perfil, con materiales al6ctonos y aut6ctonos, presencia de

un mineral r6pidamente alterable (almandino), influencia de la capa fre6tica y la existencia de procesos pedol6gicos que responden a un paleoclima con pedog6nesis actual sobreimpuesta, han hecho desestimar una clasificaci6n taxon6mica del mismo.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos confirman la evoluci6n de perfiles residuales en rocas del basamento prec6mbrico.

Los perfiles pedol6gicos de las pendientes del cerro El Sombrero son poligen6ticos. El actual sector eluvial se corresponde con el ciclo pedol6gico m6s reciente, que afect6 los materiales de coluvio posteriores al evento erosivo generador de la l6nea de piedras. El sector iluvial en cambio, responde b6sicamente a un proceso anterior de meteorizaci6n-pedog6nesis. El sector superior de su horizonte B de meteorizaci6n ha sido afectado por la pedog6nesis actual, la cual le proporciona rasgos de iluviaci6n.

Por ser la primera contribuci6n sobre el tema no es posible a6n evaluar la importancia relativa que han tenido los factores de formaci6n en la evoluci6n de estos perfiles, especialmente por tratarse de un microambiente con caracter6sticas peculiares.

## REFERENCIAS

- Barshad, I., 1957. Factors affecting clay formation. *Clays and Clay Minerals*, 6th. Nat. Conf. Berkeley, California, 110-132.
- Beaudou, A. G., 1972. Expression micromorphologique de la microagregation et de l'illuviation dans certains horizons de sols ferrallitiques centroafricains et dans les sols hydromorphes associ6s. *Cahiers O.R.S.T.O.M., ser. P6dol.*, X, 4: 357-371.
- Besoain, E., 1985. Mineralog6a de arcillas de suelos. Instituto Panamericano de Cooperaci6n para la Agricultura. Serie Libros N6 60. San Jos6, Costa Rica. 1205 p.
- Bullock, P., N. Federoff, A. Jongerijs, G. Stoops y T. Tursina, 1985. *Handbook for soil thin section description*. Waine Research Publications. Wolverhampton. 152 p.
- Dalla Salda, L., 1981. The precambrian geology of El Cristo, Southern Tandilia region Argentina. *Geol. Rund.*, 70: 11030-11042.
- Day, P., 1965. Particle fractionation and particle-size analysis. En: Black, C. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Part I, Agronomy 9. Am. Soc. Agron. Madison, 545-566.
- Del Valle, A., 1988. Argilominerales de las cuarcitas arenosas de la Fm. Balcarce (Ordov6cico inferior) en el sector oriental de Tandilia. En: *Actas Segundas Jornadas Geol6gicas Bonaerenses*. Bah6a Blanca, 397-406.
- Di Paola, E., 1988. Alteraci6n caolin6tica-esmectica en Sierra La Barrosa, Balcarce, Buenos Aires. *R. A. G. A.*, XVIII, 3: 304-314.
- Duchaufour, P., 1977. *P6dologie. I P6dogen6se et Classification*. Masson. Paris, 477 p.
- Etcheverehere, P., 1976. Normas de reconocimiento de suelos. I.N.T.A. Publ. 152, Buenos Aires, 211 p.
- FitzPatrick, E. A., 1984. Suelos. Su formaci6n, clasificaci6n y distribuci6n. *Compa6a Editorial Continental*. M6xico, 430 p.



- Flegenheimer, N. y M. Zárate, 1988. Sitios arqueológicos y geocronología de los últimos 10.000 años en las Sierras de Tandil. En: Iriando, M. y C. Ceruti (Ed.). Simposio Internacional sobre el Holoceno en América del Sur. Paraná, 171-174.
- Folster, H.; N. Moshrefi y A. Ojenuga, 1971. Ferralitic pedogenesis on metamorphic rocks, SW Nigeria, *Pédologie*, XXI, 95-124.
- Jackson, M. L., 1965. Clay transformations in soil genesis during the Quaternary. *Soil Science*, 99: 15-21.
- Joffe, J., 1953. *Pedology*. Pedology Publications. New Jersey. 662 p.
- Leneuf, N. y N. Aubert, 1960. Essai d'évolution de la vitesse de ferralitisation. *Trans. 7th. International Congress of Soil Science*. Madison, 225-228.
- Marchese, H. y E. Di Paola, 1975. Reinterpretación estratigráfica de la perforación Punta Mogotes N° 1, Provincia de Buenos Aires. *R.A.G.A.*, XXX: 44-52.
- Massone, N., 1989. Geomorfología e hidrología de la cuenca superior del Arroyo Grande hasta su confluencia con el arroyo Pantanoso, Provincia de Buenos Aires. CONICET, informe inédito. 128 p.
- Mehra, P. P. y M. L. Jackson, 1960. Iron oxide removal from soils and clay by a dithionite citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays and Clay Minerals*. 7th. National Conference. Pergamon New York. Texas, 101-105.
- Ojanuga, A. G., 1973. Weathering of biotite in soils of a humid tropical climate. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 37: 644-646.
- Tarzi, J. y R. Protz, 1978. The occurrence of lepidocrocite in two well-drained Ontario soils. *Clays and Clay Minerals*, 26: 448-451.
- Teruggi, M. y J. Kilmurray, 1975. Tandilia. En: *Relatorio Geología de la Provincia de Buenos Aires*. Buenos Aires, 55-78.
- Teruggi, M.; L. Spalletti y L. Dalla Salda, 1973. Paleosuelos en la sierra de Bachicha, partido de Balcarce, provincia de Buenos Aires. *Rev. Museo de La Plata (nueva serie), sección Geología*, VIII: 227-256.
- Vargas Gil, J. R. y C. O. Scoppa, 1971. Suelos de las sierras de la Provincia de Buenos Aires. En: *Actas de la 6ª Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo*, tomo 2. Córdoba, 145-163.
- Zalba, P., A. Iñiguez y R. Andreis, 1990. Development of weathering profiles in Precambrian rocks of the Tandilia system. Provincia de Buenos Aires. Argentina. En: *Actas Tercer Reunión Argentina de Sedimentología*. San Juan, 276-281.