

GENESIS DE SUELOS CALCAREOS LITOGENICOS DEL NORESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA

P A IMBELLONE, J E GIMENEZ

Instituto de Geomorfología y Suelos. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. Calle 3 N° 584. 1900 La Plata, Argentina. Tel/Fax: (021)229923.

GENESIS OF LITHOGENIC CALCAREOUS SOILS IN NORTHEASTERN BUENOS AIRES PROVINCE, ARGENTINA

Geoforms derived from sea transgressions and regressions are common in the littoral area of NE Buenos Aires Province. The studied soils are Rendolls and Calciudolls, located in Holocene shelly ridges, and Udipsamments, in dunes. There is abundant lithogenic carbonates in the parent materials, constituted by bioclasts and caliche clasts. Carbonate dissolution and precipitation are caused by the humid climate, high CO₂ production and water root suction due to intense biological activity and sharp contrasts of soil moisture, especially in summer. Needle calcite is the neoformed pedogenic mineral which occurs in all horizons, but it is more abundant in ACK or Ck horizons of Calciudolls, where it is revealed by pseudomycelia or a partial cementation. The soils were studied at different observation levels, from regional to microscopic levels. The presence of the calcic diagnostic horizon in calcareous soils and its taxonomic implications are discussed. A sequence of calcareous evolution is indicated.

Key words: Calcareous soils - Pedogenic calcite - k suffix - Rendolls - Calciudolls

INTRODUCCION

El concepto de suelo calcáreo litogénico hace referencia a suelos con elevados contenidos de carbonato, principalmente de calcio, heredado del material originario. El carbonato litogénico se puede presentar en forma de litorrelictos, manto rocoso de caliza o, como en el presente caso, fragmentos de conchilla. Estos suelos han sido designados por la escuela francesa como suelos calcimagnésicos (Duchaufour 1977). Existen otros suelos con horizontes de acumulación de calcáreo cuyos materiales originarios carecen de carbonato de calcio o éste se halla en escasa cantidad; en este caso, la concentración se origina por translocación, aporte lateral, ascenso de agua freática o aporte por polvo atmosférico y posterior precipitación en algún horizonte del suelo. Independientemente del origen del carbonato, el sistema WRB denomina Calcisoles a los suelos en los cuales la acumulación de carbonato de calcio es o ha sido el proceso pedogenético dominante.

Con respecto a la evolución de los suelos calcáreos, ésta depende de los procesos de disolución y precipitación de carbonato de calcio. El primero es causado por aumento de la presión parcial de CO₂, decrecimiento de la temperatura o bajo pH; en cambio, el segundo se debe a un decrecimiento de la presión parcial de CO₂, eva-

poración, efecto del ion común y actividad biológica (Ruellan 1984).

En la Provincia de Buenos Aires no se han mencionado suelos cuya pedogénesis esté influenciada por la reorganización del carbonato de calcio de rocas pre-cuaternarias. Estas rocas se encuentran en el área serrana y están cubiertas por depósitos loésicos (Teruggi, Kilmurray 1980). En el Litoral Bonaerense, desde la costa del Río de la Plata al norte hasta Mar Chiquita al sur, se encuentran depósitos calcáreos organógenos cuaternarios, correspondientes al Miembro Cerro de la Gloria de la Formación Las Escobas (Fidalgo *et al.* 1973), Formación Los Zorzales (Dangavs 1983) y Formación Mar Chiquita (Schnack *et al.* 1982).

Entre los primeros antecedentes referentes a los suelos calcáreos litogénicos de la Provincia de Buenos Aires se puede citar a Papadakis (1960) quien menciona dentro de los suelos semialtos de la región de suelos cordones de conchilla a las rendzinas. Miaczynski y Tschapek (1965) hacen referencia dentro de los "suelos de marismas y otros suelos de origen marino" a suelos Rendzinoides situados en posiciones altas bajo condiciones de drenaje libre. Bonfils (1966) describe los suelos rendzínicos con secuencias A-R o A-R&A-R o depósitos de roca calcárea no consolidada sin evidencias de pedogénesis; también pueden presentar característi-

cas regosólicas cuando poseen elevadas cantidades de arena mezclada con restos de conchilla. Según este autor, cuando el horizonte humífero está presente no existe una íntima unión entre la fracción mineral y orgánica como ocurre en las Rendzinas verdaderas y clasifica a estos suelos como Rendolls. Vargas Gil *et al.* (1972) caracterizan los suelos a lo largo de una transecta en la región de la Bahía de Samborombón, entre ellos a Rendoles, efectuando correlaciones con la geomorfología y estratigrafía. Sánchez *et al.* (1976) y Sánchez (1976) realizan estudios cartográficos y de génesis de estos suelos, explicando que su formación está dominada por la evolución de la materia orgánica y los elevados contenidos de calcáreo; además, discuten la presencia del horizonte de diagnóstico cálcico. Según el INTA (1989), los suelos calcáreos litogénicos reconocidos en la Provincia de Buenos Aires han sido clasificados como Rendoles, cubriendo una superficie de 103 km².

El objetivo del trabajo es discutir la génesis de los suelos desarrollados en sedimentos calcáreos holocenos del Miembro Cerro de la Gloria de la Formación Las Escobas, situados en el sector NE del litoral de la Provincia de Buenos Aires, entre La Plata y Punta Piedras. Se analizan asimismo aspectos taxonómicos derivados de la presencia del horizonte de diagnóstico cálcico

MATERIALES Y METODOS

Los suelos estudiados se encuentran en acumulaciones cordoniformes conglomerádicas conchiles y arenosas situadas en una llanura costera, sometida a transgresiones y regresiones del mar durante el Cuaternario. Esta llanura se extiende entre la llanura alta loésica y las costas del Río de la Plata al norte y del Océano Atlántico hasta cerca de Mar Chiquita al sur (Figura 1). Los cordones conchiles se habrían producido por olas de tormentas predominantemente del sudeste y un nivel del mar en progresivo descenso (Cavallotto 1995). De acuerdo con Frenguelli (1950) la transgresión Querandinense se produjo por movimientos tectónicos de hundimiento. Ascensos posteriores originaron la regresión del mar y la depositación de los cordones del conchilla del Platense. Según Tricart (1973) y Fidalgo *et al.* (1973) los ascensos y descensos del mar están vinculados a procesos glacioeustáticos. Para Tricart los cordones se originaron durante la transgresión Platense (M2) en el Pleistoceno y para Fidalgo corresponden al miembro Cerro de la Gloria de la Formación Las Escobas de edad holocena. De acuerdo a dataciones de valvas de moluscos por ¹⁴C, dicho miembro tiene una antigüedad de 4440 ± 110 años AP (Gómez *et al.* 1985) lo que estaría en desacuerdo con la cronología asignada por Tricart.

El clima de la región es templado húmedo, con precipitación media de alrededor de 1000 mm, distribuidos en forma bastante regular en el año (verano: 27 %, otoño: 28 %, invierno: 19 %, primavera: 26 %). La temperatura media anual es de 16 °C, con una media de enero de 23 °C y de julio de 9 °C (Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP). La evapotranspiración media anual es de 792 mm. De acuerdo con estos datos, el balance hídrico medio mensual indica un déficit de agua en el

suelo durante parte de verano de 9 mm, periodo en que se produce una intensa evapotranspiración y un exceso de 245 mm que abarca el invierno y parte del otoño y la primavera. El régimen de humedad de los suelos es údico y el régimen de temperatura es térmico.

La vegetación típica de los cordones conchiles y médanos es el talar. Se trata de un comunidad extrazonal arbórea cuya especie dominante es el tala (*Celtis tala*). Existe también un estrato arbustivo compuesto principalmente por *Jodina rhombifolia*, *Scutia buxifolia*, *Schinus longifolius* y *Sambucus australis*. El estrato herbáceo está muy modificado por pastoreo, incluyendo muchas especies adventicias. (Vervoort 1967). Es destacada la pedoturbación producida por la fauna en los horizontes superiores del suelo, principalmente por roedores como el tuco-tuco (*Ctenomys talarum*), que además pueden inducir procesos de erosión eólica en los sectores medanosos (Sánchez *et al.* 1976).

Se seleccionaron cuatro perfiles representativos para su estudio, tres situados sobre cordones conchiles (pedones 1, 2 y 3) y uno situado en una duna, considerada como geoforma asociada (pedón 4) (Figura 1). Los suelos se describieron según la nueva edición del Soil Survey Manual (Soil Survey Division Staff 1993) y analizaron según métodos convencionales. El análisis granulométrico se realizó en escala sedimentológica entre -2 y 11 Ø, luego de eliminación de materia orgánica. Las fracciones mayores a 62 µm se tamizaron en seco. La fracción menor a 62 µm se analizó por el método de la pipeta haciendo extracciones a intervalos de 1 Ø (Carver 1971). El carbonato de calcio fue analizado por el método gravimétrico sobre muestra total (Allison y Moody 1965). Los registros difractométricos de rayos X se realizaron en conchillas aisladas del sedimento. La estimación porcentual de carbonato de calcio pedogénico se realizó en el campo a ojo desnudo y en gabinete con lupa en agregados naturales y con microscopio óptico en secciones delgadas. Las descripciones micromorfológicas se basaron en el Handbook for Soil Thin Description (Bullock *et al.* 1985). Mediante microscopía electrónica de barrido se describió la morfología del carbonato secundario. Los suelos fueron clasificados a nivel de familia según la Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff 1996) y según el sistema WRB (ISSS, ISRIC, FAO 1994).

RESULTADOS Y DISCUSION

Características de los materiales originarios

Los perfiles de suelos tienen materiales originarios estratificados, cuya naturaleza textural y mineralógica es marcadamente heterogénea. Están constituidos por mantos de loess, depósitos litorales y mezcla de ambos (Tabla 1). En la parte inferior de los perfiles de suelo se encuentran sedimentos loésicos (pedones 1 y 4). Suprayaciendo puede estar presente un depósito conchil (pedones 1, 2 y 3), de aproximadamente 60-70 cm de espesor, aunque en algunos perfiles no se llegó a la base del mismo (pedón 3). Spalletti *et al.* (1987) le asignan más de 1 m de espesor. Este depósito está coronado por una mezcla de detritos de conchilla y sedimentos eólicos (pedones 1, 2 y 3), de 20 a 70 cm de potencia. El pedón 4 no presenta capas de conchilla sino fragmentos aislados, en un depósito arenoso de alrededor de un m de espesor.

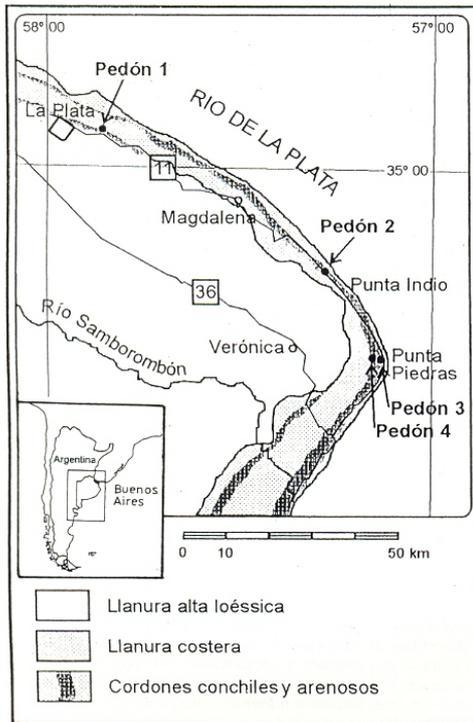


Fig. 1. Mapa de ubicación de los perfiles descriptos.

Los materiales loésicos poseen elevados tenores de limo (entre 46 y 60 %), principalmente limo grueso, y

arcilla (entre 44 y 20 %). En la fracción arena predomina la arena muy fina (entre 7 y 19%). La composición mineralógica es la de los sedimentos pampeanos (Riggi *et al.*, 1986). La fracción arcilla está constituida por esmectitas, illitas y caolinitas.

Los depósitos conchiles están constituidos por restos de moluscos (*Macra isabelleana*, *Tagelus gibbus*, *Erodona mactroides*, *Pitaria rostrata*, etc.) (Frenguelli 1950) y clastos redondeados de calcretas. Texturalmente pueden ser homogéneos, como en el horizonte 2Ck del pedón 1 ó heterogéneos con valvas de distintos tamaños (horizontes 2C1 y 2C2 del pedón 3) e intercalaciones arenosas (horizonte 3C del pedón 2). Pueden estar totalmente sueltos o poseer algún grado de cementación (pedones 1 y 2), aunque en este caso es posible separar las conchillas con las manos. Las valvas enteras poseen tamaños de hasta 4 cm. Las valvas presentan en todos los depósitos evidencias de transformación de aragonita en calcita, aún en las valvas enteras y sueltas, y la cantidad de calcita aumenta con el grado de cementación de los depósitos. En la Figura 2 se muestra la composición de una valva del horizonte 2C1 del pedón 3; este horizonte es un depósito suelto y los horizontes A no presentan rasgos macroscópicos de calcificación. Adicionalmente, son muy abundantes las oquedades de disolución en la superficie de las valvas (Figura 3a, b). La transformación de aragonita en calcita y los rasgos de disolución indican procesos activos de reorganización del carbonato de calcio en el material originario, aún en los suelos con menor grado de evolución.

El depósito suprayacente de los suelos de los cordones conchiles posee valvas enteras y fragmentadas y clastos de calcretas en los intervalos granulométricos

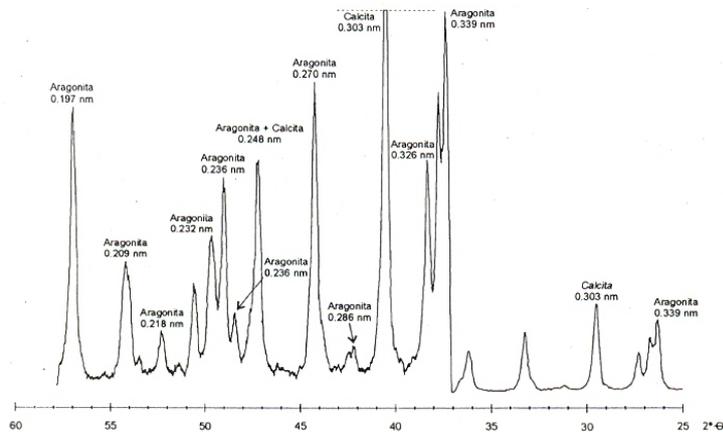


Fig. 2. Difractograma de rayos X de una valva. Registro de polvo. (Horizonte 2C1, pedón 3).

Tabla 1. Distribución granulométrica

Intervalos (μm)	>4000	4000- 2000	2000- 1000	1000- 500	500- 250	250- 125	125-62	62-16	16-2	<2	Clase Textural (USDA)	Clase Tamaño Part.
Pedón 1: Calciudol Típico, familia franca gruesa, mixta, somera, térmica												
A	0	0	16,1	5,1	14,4	25,6	7,0	16,8	5,3	9,6	FA	F g
2Ck	24,0	34,4	13,2	12,3	12,2	5,1	1,2	tz	tz	tz	A gr	Esq A
3Cg	0	0	0	0	0	0,7	35,0	42,3	7,1	15,0	F	F g
4Ck	0	0	0	0	0,1	0,4	19,3	46,6	13,6	20,0	FL	L f
Pedón 2: Calciudol Típico, familia franca gruesa, carbonática, térmica												
A	0	0	4,2	4,5	9,3	8,8	3,2	22,5	29,7	15,8	FL	F g
ACk	0	0	20,2	10,1	17,8	6,3	3,5	18,3	17,8	6,6	FA g	F g
2Ck	20,2	36,0	25,0	5,8	4,0	4,0	5,0	tz	tz	tz	A gr	Esq A
3C	0	0	0	0	0	0,5	30,1	63,0	2,1	4,7	FL	L g
4Ck	14,5	35,5	33,0	7,0	0,8	3,0	6,0	tz	tz	tz	A gr	Esq A
Pedón 3: Rendol Típico, familia esquelética arenosa, carbonática, térmica												
A	0	0	39,8	18,9	11,7	5,4	4,8	5,5	4,5	9,6	AF g	A
2C1	82,3	11,5	3,9	1,4	0,6	0,3	0,6	tz	tz	tz	A ex gr	Esq A
2C2	32,0	27,3	17,0	6,0	2,0	8,0	10,0	tz	tz	tz	A gr	Esq A
Pedón 4: Udipsament Típico, familia mixta, térmica												
A	0	0	2,5	7,3	13,8	21,7	13,7	13,8	8,3	18,8	FA f	F f
AC	0	0	0	16,1	20,3	32,5	16,5	4,2	3,3	7,2	AF	A
C	0	0	0	12,1	22,7	49,5	11,4	1,0	1,2	2,2	A	A
2Btkb	0	0	0	0,2	0,2	2,2	6,9	27,8	18,2	44,5	aL	f

Ref. A: arenoso/a; L: limoso/a; a: arcilloso/so; F: franco/a; gr: gravilloso; f: grueso/a; ex: extremadamente; Esq.: esquelética

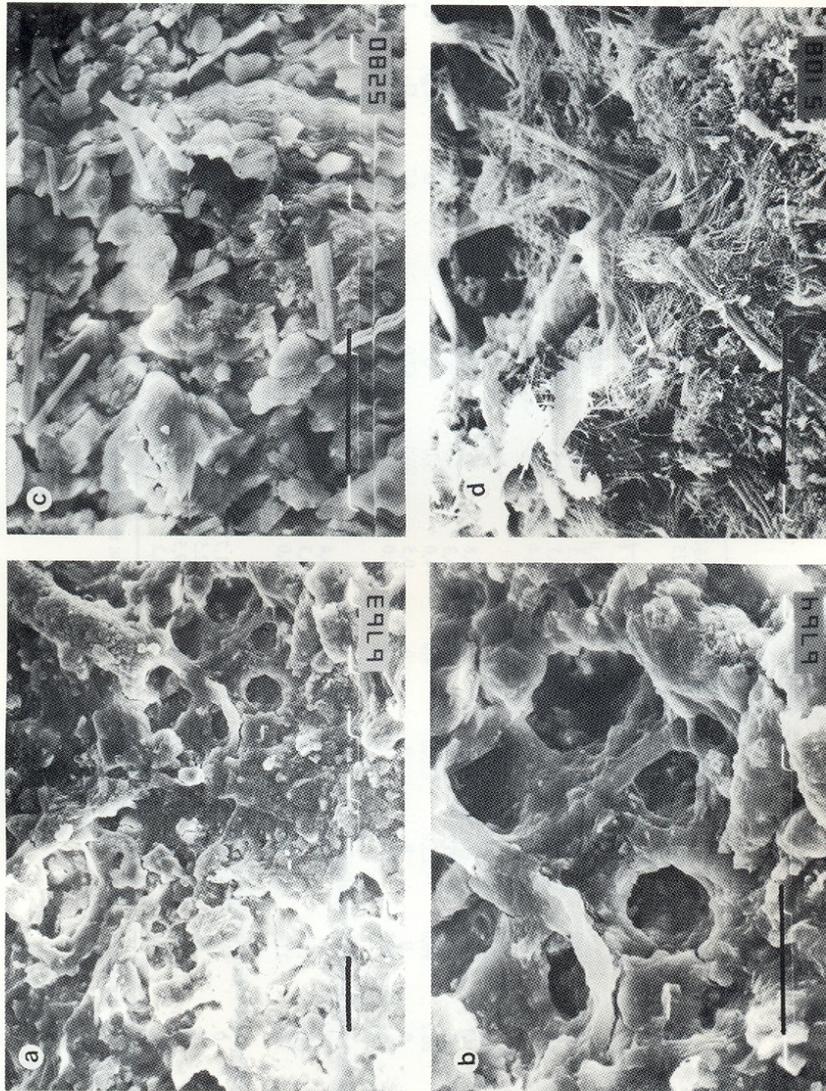


Fig. 3. Microfotografías (MEB) de pedón I (Calciudol Tipico). a) Superficie de bioclasto afectada por procesos de disolución en horizonte 2Ck (x 1500, barra 10 μm). b) Detalle de a. (x 3500, barra 10 μm). c) Superficie de microagregado de horizonte A que muestra precipitación de calcita acicular escasa (x 3500, barra 10 μm). d) Desarrollo de abundante plasma calcítico que provoca cementación parcial del horizonte 2Ck (x 3500, barra 10 μm).

mayores a la fracción arena media; en cambio los tamaños menores poseen fracción clástica de naturaleza loésica predominante con trozos de conchilla. En suelos correspondientes a acumulaciones arenosas (pedón 4) los minerales siliciclásticos, junto con fragmentos de conchillas, se concentran en las fracciones entre arena gruesa a muy fina.

Propiedades de los suelos

Los pedones estudiados poseen secuencias de horizontes A-C o A-AC-C (Tabla 2). Los horizontes A de los suelos ubicados en cordones conchiles tienen espesores entre 20 y 30 cm, son oscuros y poseen contenidos moderados o altos de materia orgánica. Tienen estructura granular y texturas franco limosa a arena franca. Poseen contenidos elevados de carbonato de calcio, principalmente aportado por fragmentos biogénicos de conchillas y en menor proporción por clastos de calcretas. El límite con el horizonte C es neto y ondulado o irregular por acción de la mesofauna y la vegetación arbórea cuyas raíces invaden los horizontes C, produciendo la penetración de material del horizonte húmifero. Los horizontes A de las dunas son más claros, tienen menores contenidos de materia orgánica y la estructura es más débil.

Subyaciendo al horizonte A puede encontrarse un horizonte de transición AC. Estos horizontes difieren en sus características según se desarrollen en cordones conchiles o dunas. En el primer caso, poseen colores claros con detritos de conchilla y abundante cantidad de pseudomicelios de carbonato de calcio pedogénico. Esta característica indica un grado de desarrollo significativo en la evolución calcárea de los suelos, entendiéndose como tal el proceso de disolución y recristalización in situ de los sedimentos originales. En el segundo caso, el horizonte AC está constituido principalmente por una mezcla de material detrítico y se diferencia del horizonte superficial por su contenido apreciablemente menor de materia orgánica y ausencia de estructura.

También los horizontes C difieren en sus características según las geoformas en que se desarrolla. En los cordones de conchilla son depósitos calcáreos estratificados con distinto grado de fragmentación y cementación con intercalaciones arenosas. En las dunas, están constituidos por material suelto con muy escaso contenido de materia orgánica.

En la parte inferior de algunos perfiles (pedones 1 y 4), y subyaciendo a los suelos de génesis calcárea, se encuentran horizontes C y Bt influidos indirectamente y en distinto grado por el proceso de calcificación. Algunos de estos materiales corresponden a limos arenosos de origen marino (Miembro Canal 18 de la Fm. Las Escobas) y otros son de naturaleza loésica (Fm.

Pampeano).

Evolución de los suelos

Los suelos estudiados poseen carbonato de calcio litogénico y pedogénico; el primero es el heredado del material originario y el segundo es de origen secundario formado en el perfil del suelo (West *et al.* 1988). Este último proviene de la disolución y precipitación de los carbonatos disueltos en los horizontes que poseen bioclastos y nódulos de calcreta, bajo la influencia de la materia orgánica humificada y la actividad biológica intensa. El balance hídrico de la zona favorece la disolución de carbonato de calcio litogénico durante el prolongado período de exceso hídrico y la reprecipitación durante el período estival de déficit (Sánchez 1976, Imbellone 1997).

Es posible analizar el grado de evolución relativa de los suelos estudiados en relación con el contenido de carbonato de calcio pedogénico (Tabla 3). Complementariamente, se utilizó la cantidad de plasma húmico como evidencia de desarrollo pedogénico. En este sentido, la abundancia del ion calcio en la solución del suelo estabiliza los compuestos húmicos bajo la forma de humus mull y los protege de la biodegradación (Duchaufour 1977).

El plasma calcítico es variable, desde escaso como en los horizontes A (Figura 3c) hasta muy abundante como en los horizontes ACk (pedón 2, Figura 4) y Ck (pedón 1, Figura 3d y pedón 2). Estos últimos corresponden a los suelos de evolución más avanzada. La calcita pedogenética posee distintas morfologías (Ould Mohamed 1994). En nuestro país ha sido descrita para suelos de clima húmedo (Scoppa 1978/79; Imbellone 1997; Imbellone, Giménez 1997). Las observaciones micromorfológicas muestran que existe calcita pedogenética en todos los horizontes de los suelos, en cantidades variables; en los horizontes A es escasa y en los horizontes AC, C y B es moderada y elevada. La calcita pedogenética se manifiesta en forma de cristales aciculares. En base a estas observaciones se ha realizado la estimación porcentual de su abundancia (Tabla 3).

En los suelos de menor desarrollo el plasma húmico de los horizontes A es escaso y está uniéndose a las partículas siliciclásticas y carbonáticas formando puentes o películas entre ellas. En los suelos de mayor desarrollo el plasma húmico es abundante. La microestructura es esponjosa, migajosa y hasta granular, con agregados bien diferenciados, a veces rugosos no acomodados entre sí y abundantes poros aislados e interconectados. Los agregados están compuestos de pequeños gránulos más o menos soldados entre sí, formados por partículas primarias unidas por plasma húmico.

Con respecto a la utilización del sufijo k es necesario

Tabla 2. Propiedades de los suelos

Horizonte	Propiedades (cm)	Límite (tipo, forma)	Color (seco)	Color (húmedo)	Estructura (tipo)	Consistencia (húmedo)	pH (pasta)	Carbono orgánico (%)	Carbonazo de calcio (%)
Pedón 1: Calcicudol Típico, familia franca gruesa, mixta, somera, térmica									
A	0-20	neto, irreg.	10YR 5/2	10YR 2/2	Granular	Friable	7,3	2,5	21,0
2Ck	20-84	neto, plano	10YR 8/1	10YR 8/2	Lam./Masivo	Firme*	8,0	0,3	71,0
3Cg	84-120	neto, irreg.	2.5Y 6/2	2.5Y4.5/2	Masivo	Muy friable	7,7	0,4	0,5
4Ck	120-160+		7.5YR 7/4	7.5YR 5/4	Masivo	Friable	8,1	0,1	5,5
Pedón 2: Calcicudol Típico, familia franca gruesa, carbonática, térmica									
A	0-30	neto, plano	10YR 5/2	10YR 2/2	Granular	Friable	7,3	6,8	21,2
ACk	30-70	neto, ondul.	10YR 6/1	10YR 3/2	Bl. subang.	Friable	7,8	2,1	83,7
2Ck	70-120	neto, plano	10YR 7/2	10YR 5/2	Masivo	Firme *	8,1	0,6	74,5
3C	120-130	neto, plano	10YR 7/4	10YR 5/4	Grano suel.	Suelto	8,3	0,1	1,2
4Ck	130-145+		10YR 8/1	10YR 8/2	Masivo	Firme *	-	-	72,0
Pedón 3: Rendol típico, familia esquelética arenosa, carbonática, térmica									
A	0-26	neto, ondul.	10YR 4/2	10YR 2/1	Granular	Muy friable	7,4	3,2	76,7
2C1	20-26	neto, ondul.	10YR 8/1	10YR 8/2	Grano Suel.	Suelto	-	-	85,6
2C2	26-53+		10YR 8/2	10YR 7/3	Grano Suel.	Suelto	-	-	-
Pedón 4: Udipsament Típico, familia mixta, térmica									
A	0-33	claro, plano	10YR 5/2	10YR 4/2	Bl. subang.	Friable	7,8	2,1	30,9
AC	33-100	neto, quebr.	10YR 5/2	10YR 4/3	Grano suel.	Suelto	7,7	0,6	33,0
C	100-105	neto, ondul.	10YR 7/3	10YR 5/3	Grano suel.	Suelto	8,2	0,1	34,4
2Btkb	105-110+		7.5YR 7/4	7.5YR 5/4	Bl. ang.	Firme	7,9	0,1	5,8

*Parcialmente cementados

Tabla 3. Grado de evolución relativa de los suelos estudiados

Pedón	Grado de evolución	Secuencia de horizontes	Carbonato de calcio pedogénico (%)	Clasificación	
				Tax.Suelos	WRB
1 - 2	Alto	A-ACK-Ck	>5	Calciudol Típico	(*)
3	Moderado	A-C	1-5	Rendol Típico	Leptosol Réndzico
4	Escaso	A-AC-C	<1	Udipsament Típico	Arenosol Calcárico

(*) Ninguno de los grupos de suelos de esta clasificación se ajusta a la combinación de horizontes de diagnóstico y propiedades de estos pedones. Así, no se incluyeron en los Leptosoles, que no admiten horizontes cálcicos, ni en los Calcisoles, que no incluyen epipedones mólicos, ni en los Phaeozems, que no deben tener calcáreo blando pulverulento dentro de los primeros 125 cm.

hacer algunas consideraciones sobre el tipo de rasgos, cantidad y proceso pedogenético que sugiere su uso en la Taxonomía de Suelos. La definición del sufijo es poco precisa y simplemente se refiere a la "acumulación de carbonatos alcalino-térreos, principalmente carbonato de calcio" (Soil Survey Division Staff 1993). Por lo tanto, queda a criterio del reconocedor decidir cuándo las manifestaciones de acumulación son significativas para ser destacadas con ese símbolo. Este sufijo se usa para describir en el campo acumulaciones calcáreas formadas por procesos pedogenéticos de enriquecimiento tales pseudomicelios, concreciones, pendientes, calcáreo blando pulverulento, etc. En los suelos estudiados, sólo la presencia de pseudomicelios indicaría desarrollo de plasma calcítico y corresponde a los horizontes AC. Además, algunos horizontes C poseen muy abundante calcita pedogenética, manifestada macromorfológicamente en algún grado de cementación

En este trabajo se asigna el símbolo k cuando el o los rasgos que indican reorganización de carbonatos (pseudomicelios y/o cementación incipiente) se hallan claramente manifestados en el campo, lo cual se correlaciona con cantidades superiores a cinco % en volumen de carbonato pedogénico de acuerdo con las observaciones micro-morfológicas. Estas observaciones también permiten establecer que el proceso de carbonatación (disolución-recristalización) tiene lugar en todos los horizontes de los suelos, aún en aquellos donde el grado de evolución es moderado o escaso, como en los pedones 3 y 4. En ellos el carbonato pedogenético es escaso y no se observan pseudomicelios en el campo ni cementación.

En los perfiles de suelo con evolución calcárea más avanzada se han identificado horizontes cálcicos. Sin

embargo, se considera que el carbonato pedogénico no es de origen iluvial sino proveniente de una recristalización in situ o limitada translocación. De esta manera, se amplía el uso del concepto del horizonte cálcico. Los horizontes cálcicos son: 2Ck del pedón 1 y ACK y 2Ck del pedón 2, los cuales poseen las siguientes características: 1) espesor igual o superior a 15 cm; 2) cementación parcial y 3) 15 % o más de carbonato de calcio equivalente y cinco % o más en volumen de carbonatos secundarios identificables.

Distinto es el caso de los horizontes subyacentes pertenecientes a suelos enterrados (horizonte 4Ck del pedón 1 y horizonte 2Btkb de pedón 4) que han recibido un enriquecimiento de carbonato de calcio por lixiviación. Estos horizontes han sido afectados por el sufijo k por tener moderada y abundante cantidad de pseudomicelios y concreciones, aunque no se designan como horizontes cálcicos por poseer menos de 15 % de carbonato de calcio.

Los suelos calcáreos desarrollados in situ en materiales originarios holocenos de la zona litoral de la provincia de Buenos Aires están afectados por procesos de reorganización del carbonato litogénico en distinto grado de intensidad y manifestación. Algunos poseen escasa cantidad de carbonato pedogenético no identificable a simple vista; otros tienen abundante carbonato pedogenético identificado macroscópicamente por la presencia de pseudomicelios y/o cementación parcial. Microscópicamente la reorganización calcárea se manifiesta por desarrollo de plasma calcítico constituido por calcita acicular.

En base a los contenidos de calcita pedogenética y características del plasma húmico se estableció una secuencia de desarrollo pedogenético en los suelos estudiados, que en orden de menor a mayor desarrollo son: 1) Udipsament; 2) Rendol; 3) Calciudol.

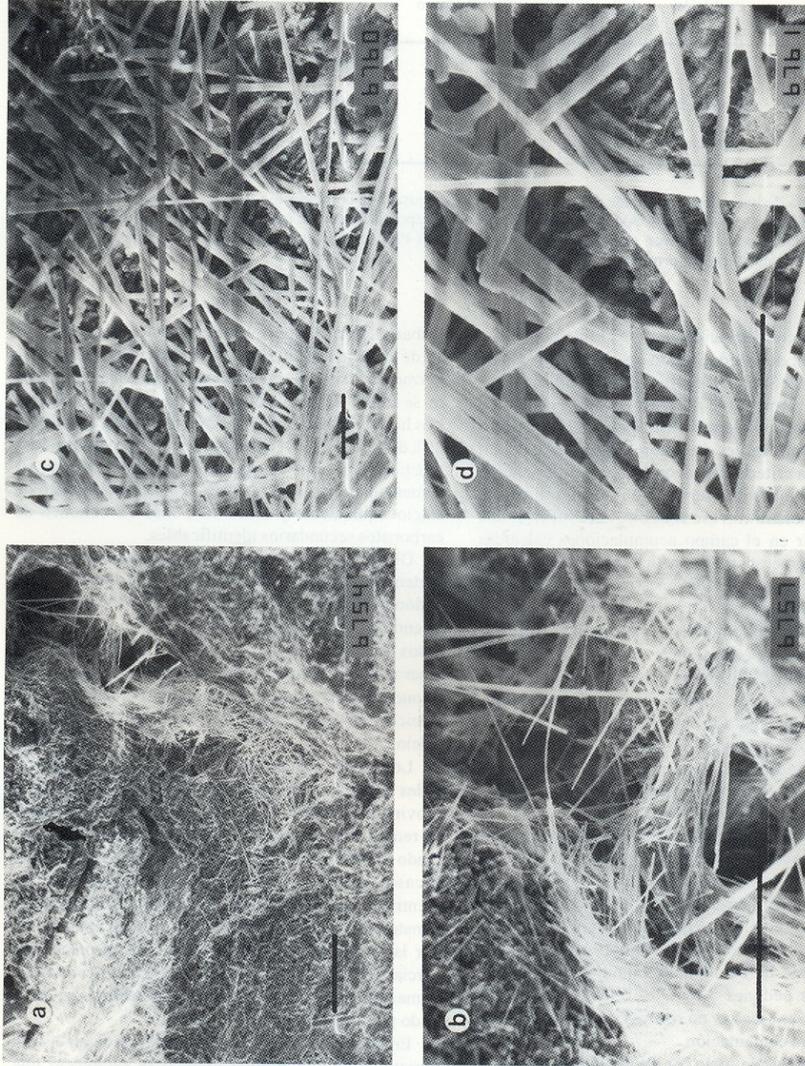


Fig. 4. Microfotografías (MEB) de horizonte ACK de pedón 2 (Calcicidol Típico). *a*) Abundante calcita acicular sobre un microagregado y rellenando los poros de la matriz. Los cristales de calcita comienzan a visualizarse a partir del aumento de la fotografía ($\times 200$, barra $100 \mu\text{m}$). *b*) Detalle de *a*) mostrando relleno de poro ($\times 750$, barra $50 \mu\text{m}$). *c*) Detalle de *a*) mostrando una densa trama de calcita acicular sobre superfite de agregado ($\times 1500$, barra $10 \mu\text{m}$). *d*) Detalle de *c*) mostrando calcita acicular policristalina ($\times 3500$, barra $10 \mu\text{m}$).

REFERENCIAS

- Allison L E, Moodie C D. 1965. Carbonate. En: Methods of soil analysis. Black, C.A. (Ed.). Part 2. Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Inc. Publisher. Madison, Wisconsin. 1379-1396
- Bonfils, C G. 1966. Rasgos principales de los suelos pampeanos. RIA, INTA. 66 p.
- Bullock P, Fedoroff N, Jongerijs A, Stoops G, Tursina T. 1985. Handbook for soil thin section description. Waine Reserch Publications. Albrighton, U.K. 152 p.
- Carver, R E. 1971. Procedures in sedimentary petrology. Wiley Interscience. New York. 653 p.
- Cavallotto J L. 1995. Descripción de la unidad morfológica "Río de la Plata". Cuartas Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses. 1:231-237.
- Dangavs N V. 1983. Geología del Complejo Lagunar Salada Grande de General Lavalle y General Madariaga, Provincia de Buenos Aires. Rev. Asoc. Geol. Arg. 38, 2: 161-174.
- Duchaufour P. 1977. Pédologie. 1, Pédogenèse et classification. Masson, Paris. 477 p.
- Fidalgo F, Colado U R, De Francesco F O. 1973. Sobre ingresiones marinas cuaternarias en los partidos de Castelli, Chascomús y Magdalena, provincia de Buenos Aires. V Congreso Geológico Argentino. II: 227-240.
- Frenguelli J. 1950. Rasgos generales de la morfología y geología de la Provincia de Buenos Aires. LEMIT. Serie II, 33. 72 p.
- Gómez G J, Huarte R A, Figini A, Carbonari J E, Zubiaga A C, Fidalgo F. 1985. Análisis y comparación de dataciones radiocarbónicas de conchas de moluscos de la Formación Las Escobas, Provincia de Buenos Aires. Jorn. Geol. Bonaerenses. 121-122
- Imbellone P A. 1997. Redistribución de carbonato de calcio en sucesiones cuaternarias de la llanura costera bonaerense. Revista Asociación Argentina de Sedimentología. 3:63-78.
- Imbellone P A, Giménez J E. 1997. Micromorphology of soils in quaternary littoral sequences. Northeastern Buenos Aires Province, Argentina. En: Soil micromorphology: studies on soil diversity, diagnostic, dynamics. Shoba S, Gerasimova M, Miedema R (Ed.). Moscú-Wageningen. 93-105.
- INTA. 1989. Mapa de suelos de la Provincia de Buenos Aires, Escala 1:500.000. Proyecto PNUD ARG 85/019. CIRN, Instituto de Evaluación de Tierras. 525 p. y mapas.
- ISSS, ISRIC, FAO. 1994. World Reference Base for Soil Resources. O C Spaargaren (Ed.). Wageningen/Roma. 161 p.
- Miaczynski C R O, Tschapek M. 1965. Los suelos de estepa de la Región Pampeana. Revista de Investigaciones Agropecuarias. Serie 3. 2:35-79
- Ould Mohamed S, Bruand A. 1994. Morphology and origin of secondary calcite in soils from Beauce, France. En: Soil Micromorphology: Studies in Management and Genesis. Developments in Soil Science 22. Elsevier. 27-36.
- Papadakis J. 1960. Informe preliminar sobre los suelos de la Provincia de Buenos Aires. Sup. No. 1. IDIA. INTA.
- Riggi J C, Fidalgo F, Martínez O, Porro N E. 1986. Geología de los "Sedimentos Pampeanos" en el Partido de La Plata. Revista Asociación Geológica Argentina. 41:316-333.
- Ruellan A. 1984. Les sols calcaires. Les principaux travaux des pédologues français. Livre jubilaire du cinquantenaire. Assoc. Française pour l'Etude du Sol. 111-121.
- Sánchez R O. 1976. Estudio bioquímico, mineralógico y micromorfológico de suelos Rendzina. IDIA. 33:414-424.
- Sánchez R O, Ferrer J A, Duymovich O A, Hurtado M A. 1976. Estudio pedológico integral de los partidos de Magdalena y Brandsen (Provincia Buenos Aires). Anales del LEMIT. Serie II, No. 310. Ministerio de Obras Públicas de la Prov. de Buenos Aires. 1-123.
- Schnack E J, Fasano J L, Isla F I. 1982. The evolution of Mar Chiquita lagoon coast, Buenos Aires province, Argentina. En: Holocene sea level fluctuations, magnitude and causes. Colquhoun D J (Ed.) IGCP-INQUA, Columbia, S.C. USA. 196-214.
- Scoppa C O. 1978/79. Micropedología de series de suelos característicos del noreste bonaerense. RIA. Serie 3. 14:37-69.
- Soil Survey Staff. 1996. Keys to Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 7a. edición. 644 p.
- Soil Survey Division Staff. 1993. Soil Survey Manual. United States Department of Agriculture. Handbook No. 18. Washington, D.C. 437 p.
- Spalletti L, Matheos S, Poiré D. 1987. Sedimentology of holocene littoral ridges of Bahía de Samborombón (Buenos Aires province, Argentina). Quaternary of South America and Antarctic Peninsula. J. Rabassa (Ed.). Vol. 5. 111-132.
- Teruggi, M E, Kilmurray J. 1980. Sierras septentrionales de la Provincia de Buenos Aires. En: Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias. Córdoba. II: 919-965.
- Tricart J. 1973. La geomorfología de la Pampa Deprimida. Colección Científica No. XXII. INTA, Buenos Aires. 202 p.
- Vargas Gil, J R, Scoppa C O, Iniguez A M. 1972. Génesis de los suelos de la región norte de la Bahía de Samborombón. RIA Serie 3, 9:29-52.
- Vervoost F B. 1967. La vegetación de la República Argentina. VII. Las comunidades vegetales de la Depresión del Salado (Provincia de Buenos Aires). Serie Fitogeográfica N° 7. Instituto de Botánica Aplicada, INTA. Buenos Aires. 262 p.
- West L T, Drees L R, Wilding L P, Rabenhorst M C. 1988. Differentiation of pedogenic and lithogenic carbonate forms in Texas. Geoderma. 43:271-287.