ESTUDIO SOBRE LA TOSCA. PARTE I: EVIDENCIAS DE UN MOVIMIENTO DESCENDENTE DEL CARBONATO EN BASE A LA INTERPRETACION DE CARACTERISTICAS MACRO Y GEOMORFOLOGICAS (*)

Daniel E. Buschiazzo
Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa,
C.C. 159, Cod. Postal 6300, Santa Rosa - La Pampa.

RESUMEN

En base a la interpretación de características morfológicas y geomorfológicas de perfiles con tosca pertenecientes a tres áreas climáticas diferentes del S.E. pampeano, se intentó dilucidar el tipo de movimiento del carbonato de calcio en el perfil.

La aparición de capas calcáreas más potentes, con mayor grado de evolución de la estructura y contenidos de $CaCO_3$ en zonas elevadas del terreno, hablan en contra de una acumulación por capilaridad del carbonato.

La existencia de al menos una de las características morfológicas consideradas como indicadoras inequívocas de un movimiento descendente del carbonato ("barbas" de calcáreo debajo de clastos, tosca sobre granito y tendencia horizontal de la estructura) en cada uno de los 16 perfiles estudiados, confirman una acumulación del mismo por acción de aguas de infiltración. Otras características de interpretación dudosa (disminución de los contenidos de carbonato de calcio en profundidad, límites tosca-subyacente difusos, saltos granométricos, concreciones excéntricas) que tienen aparición conjunta con las anteriores, quedan por lo tanto confirmadas como producidas por este tipo de proceso.

La existencia de un clima más húmedo con posterioridad a la acumulación y endurecimiento del calcáreo, produjo presumiblemente el transporte de materiales más finos hacia los bajos y el lavado de $CaCO_3$ de éstos, así como la formación de pequeñas cubetas de disolución y lamelas por movimiento lateral del agua sobre la superficie de la tosca.

Palabras claves: Tosca; Calcáreo: movimiento ascendente o descendente; características morfológicas.

CALCRETE STUDIES. PART I: EVIDENCES ABOUT DOWNWARD MOVEMENT BY INTERPRETING MACRO MORPHOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS.

ABSTRACT

Up and down movement of carbonate in calcrete (tosca) from SO-Argentina was studied by interpreting some morphological and geomorphological characteristics.

Thicker tosca layers with a more developed structure and $CaCO_3$ contents in higher landscape positions points against capillar accumulation of the carbonate.

At least one of those features that can safely be considered as indicators of descending movement of the $CaCO_3$ ($CaCO_3$ - "bearths" under clasts, tosca over granit, horizontal tendence of the structure) were found in each studied profile, showing that accumulation occured through infiltrating waters. Some other characteristics not definitely associated with "descensum" appears too.

An increase in humidity after the $CaCO_3$ - consolidation may account for the flow of fine materials to and the washing of $CaCO_3$ from the basins as well as –in association with lateral water movement– the formation of $CaCO_3$– dissolution forms and lamellae on the tosca surface.

Key words: Calcrete, Lime: up or down movement; morphological characteristics.

(*) Trabajo extractado de "Untersuchung über die Calcrete-Bildung in SO-Argentinien", tesis Doctoral, Universität Hohenheim, Alemania Federal, 1983-1985; llevado a cabo con el apoyo del CONICET (Beca Externa).

INTRODUCCION

En zonas (al menos hoy) semiáridas del mundo tienen difusión suelos con acumulaciones calcareas más o menos endurecidas (tosca en Argentina). Estas acumulaciones aparecen en la región meridional pampeana presentando diferentes espesores (desde pocos centímetros a más de tres metros) y profundidades (entre 0 y más de 250 cm) consolidando o cubriendo materiales de diferentes orígenes (cantos rodados, sedimentos arenosos, materiales loésicos pleistocénicos).

La génesis de la tosca (como así también de la gran mayoría de las acumulaciones calcáreas de otras partes del mundo) no ha sido, hasta el momento, satisfactoriamente explicada. El primer interrogante que se plantea concierne al tipo de movimiento que el bicarbonato ha tenido en el perfil: ascendente o descendente.

A pesar de la importancia paleopedológica y por consiguiente paleoclimática, geomorfológica y geográfica que un estudio de este tipo reviste, los desarrollados al respecto en Argentina son escasos.

Algunos autores suponen un movimiento descendente (Mazza y Grazán, 1971) o ascendente del bicarbonato (Hayase y Dristas, 1970 y Dristas y Frisicale, 1978) o utilizan características de validez relativa (disminución de los contenidos de $CaCO_3$ en profundidad, límites difusos con el sedimento subyacente).

A pesar de que un estudio acerca de la expresión geomorfológica de la tosca es particularmente dificultoso, ya que los fuertes fenómenos de erosión y sedimentación eólica cuaternarios han plasmado una gran uniformidad topográfica a la zona SE pampeana, un intento de correlación entre aparición de la tosca y posición del relieve, puede ser un arma muy importante para dar pautas acerca del tipo de movimiento del bicarbonato en el perfil (por ejemplo la aparición de tosca más frecuente en bajos implicaría un origen desde la napa freática con mayor probabilidad que si ésta lo hace en zonas altas).

La utilización de características morfológicas que son inequívocamente atribuidas a uno u otro tipo de movimiento (por ejemplo "barbas" de calcáreo ubicadas debajo de clastos o agregados, tosca laminar –Robenhorst *et al*, 1984; James, 1972; Reeves, 1970– son indicadores evidentes de un movimiento descendente) permitiría confirmar o descartar como características índices a aquellas que tienen aparición conjunta con las anteriores, pero que aisladas son de interpretación dudosa (disminución del contenido de calcáreo con la profundidad, límites tosca-sedimento subyacente difusos, saltos granulométricos –Stewart y Dixon, 1973). Es por lo tanto finalidad específica de este trabajo estudiar en base a la interpretación de caracteríticas geo y macromorfológicas de la tosca del SO pampeano, el movimiento del bicarbonato de calcio en el perfil y dar de esta manera, una herramienta metodológica a fin de interpretar problemas similares en acumulaciones calcáreas de otras regiones.

MATERIALES Y METODOS

Fueron seleccionadas tres áreas (Figura Nº 1) que se diferencian en clima, relieve y material original (Tabla 1).

El área Algarrobo (A) se clasifica climáticamente como árida (factor de lluvia = 35) y geomorfológicamente consiste en sistemas aterrazados interrumpidos localmente por cubetas que han sido probablemente formadas por movimientos tectónicos (Siragusa, 1964) Sobre los sedimentos arenosos eólicos recientes (García y García, 1964) se desarrollan los suelos actuales, clasificados como Psamments (Moscatelli *et al*, 1981) en las zonas planas y frecuentemente como Salorthids en los bajos.

El área Bahía Blanca (BB) es semiárida (factor de lluvia = 42), conformada por un amplio pedimento con suave pendiente hacia el mar. Los suelos evolucionan sobre sedimentos loésicos y han sido clasificados preferentemente como Haplustoles. El área Balcarce (B) es subhúmeda (factor de lluvia = 55) y está geomorfológicamente definida por el sistema de Tandilia, que forma amplios valles intraserranos y un corto pedimento. Sobre sedimentos loésicos cuaternarios evolucionan Hapludoles y Argiudoles; principalmente en el fondo de los Valles, Natraquoles.

Por medio de fotos aéreas (1) y cartas topográficas (2) fueron seleccionadas zonas representativas dentro de cada área de estudio y cuantificada la extensión porcentual de cada unidad geomorfológica diferenciada. En estas zonas representativas se realizó un carteo de la profundidad de la tosca en base a una cuadrícula con cincuenta metros de separación, como así también la descripción de perfiles ubicados en catenas típicas para cada área seleccionada.

(1) Escala 1: 27.000
(2) Escala 1: 50.000

Tabla 1. Zonas de estudio y sus características salientes

Area y clima (mm/a, $\bar{X}$ °C/a)	Unidades de Relieve (UR)	Materiales originales	Suelos predominantes
A. Algarrobo 300-400, 10	1. Planicies	arena/loess	Usti/Torripsamments
	2. Lomas	" "	"
	3. Pendientes	" "	"
	4. Bajos	" "	" + Salorthids
BB. Bahía Blanca 500-600, 13	1. Pedimento		
	a. Zona plana	loess	Haplustoles
	b. Zona ondulada	"	"
	2. Planicie aluvial	arena/loess	Usti/Torripsamments
B. Balcarce 800-850, 15	1. Valles intraserranos	loess/granito	Haplud/Natraquoles
	2. Sistema serrano	" "	" / Argiudoles
	3. Pedimento	loess	" / "

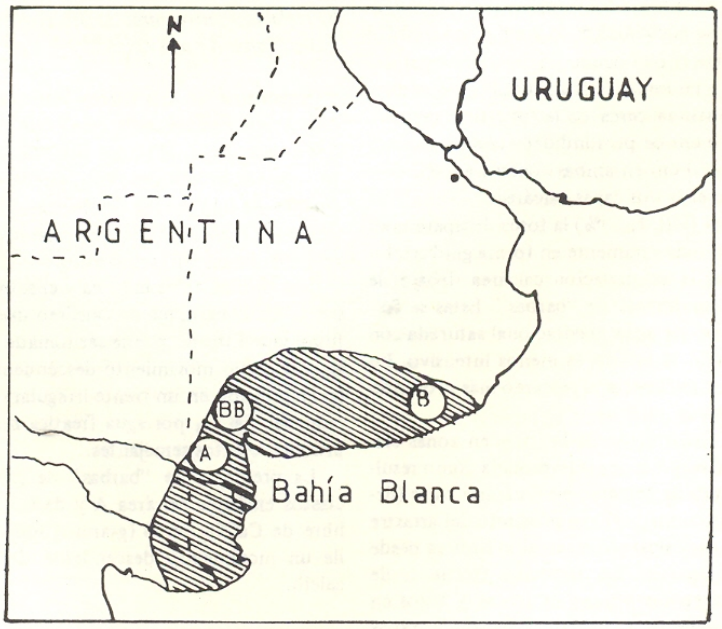

Fig. 1. Ubicación de las áreas de estudio (A = Albarrobo, BB = Bahía Blanca, B = Balcarce) y distribución aproximada de la tosca según Kilmurray (1966) (Zona sombreada).

Los perfiles a estudiar en detalle fueron descriptos de cortes naturales y en casos de mayor interés por su posición geomorfológica, de calicatas realizadas expresamente (en algunos casos con ayuda de martillo neumático). Se consideró para la descripción de cada perfil: tipo y forma de los límites entre horizonte y/o capas (323) *, humedad (324.2), color (323), estructura (324.7), textura (325.1) y contenido de carbonato de calcio (326.3). En el caso de la tosca fue determinada una serie evolutiva de la estructura en base a una llave empírica y los resultados presentados por algunos autores (Gile *et al*, 1966; Ruellán, 1970; Blümel, 1982), como sigue: masiva (m) < masiva-nodular (m-nod) < nodular (nod) < nodular-laminar (nod-lam) < laminar-delgado (lamf) < laminar-grueso (lamgr).

RESULTADOS Y DISCUSION

a) Relación entre aparición de la tosca y relieve.

En A (Fig. 2a.) la tosca más endurecida y evolucionada (nod-lam) se encuentra en la zona plana (unidad de relieve 1 = UR1, que ocupa un 50% del total del área estudiada) y en lomas (UR 2, 10%) extendiéndose en forma contínua cerca de la superficie (aproximadamente a 50 cm de profundidad) con un espesor de alrededor de 70 cm en ambas zonas. La UR 2 presenta frecuentemente dos capas calcáreas.

En pendientes (UR 4, 30%) la tosca desaparece en forma abrupta o más raramente en forma gradual. En esta UR aparece la acumulación calcárea debajo de cantos rodados en formas de "barbas". Estas se formarían por acción de agua gravitacional saturada con bicarbonato donde el lavado es menos intensivo. En las zonas bajas se encuentra el calcáreo más profundo y presentando menor espesor.

La diferente distribución de la tosca en zonas elevadas y deprimidas puede ser interpretada como resultante de un lavado de calcáreo en las zonas bajas (debido a una mayor humedad) y/o producto del arrastre de material libre de calcáreo por erosión hídrica desde posiciones más elevadas. La aparición frecuente de tosca erosionada en los bordes de lomas y bajos en forma de cortes abruptos, hablan al menos, a favor de la última posibilidad.

En BB (Fig. 2b.) se extiende la tosca sin solución de continuidad en la zona plana (UR 1a, 55%) así como en las partes altas del relieve en la zona ondulada (UR 1b). Estas costras son muy endurecidas, más ricas en calcáreo, más evolucionadas (mayormente lam) yacen más superficiales (afloran a veces) y son más espesas (más de 250 cm) que en las depresiones de UR 1b y la planicie aluvial (UR 2, 5%). Aquí (también entre UR 1a y 1b, UR 1 y 2) desaparece frecuentemente. También esta forma de distribución puede ser aclarada en base a la ocurrencia de fenómenos de erosión por agua en las zonas más altas y acumulación de los materiales más finos en las bajas.

En B (Figura 2c) se encuentra la tosca en todas las posiciones del relieve (excepto en los bajos hidromórficos y en las lomas donde aflora el granito en forma de cerros testigos) con semejantes estructuras (lam), espesores (100 cm) y profundidades (60 cm) con excepción de la ubicada en UR 1, donde presenta menor dureza y desarrollo (m). La aparición de granito por debajo de la acumulación calcárea produce mayor humedad, que tal vez inhibe su endurecimiento.

b) Relación entre características del perfil y de la tosca (Tabla A1 a A3).

Solamente en BB fueron detectados nódulos calcáreos por encima de la tosca que faltan en las otras dos zonas, donde el límite entre la tosca y el sedimento superior es abrupto. Esto puede tal vez ser consecuencia de una mayor disolución del carbonato en A (árido) o mayor lavado de calcáreo en B (mayor humedad) que en BB (semiárido).

Los límites entre la tosca y el subyacente son difusos y los contenidos de calcáreo disminuyen en profundidad. Esto no puede ser tomado como un indicio seguro de un movimiento descendente del carbonato (precipitación en un frente irregular) ya que la disolución del $CaCO_3$ por agua freática no saturada puede producir efectos semejantes.

La presencia de "barbas" de calcáreo debajo de clastos en bajos del área A y de tosca sobre material libre de $CaCO_3$ en B (granito) son índices evidentes de un movimiento descendente del bicarbonato de calcio.

c) Características de la tosca: (Tabla A1 a A3).

Los mayores espesores (hasta 200 cm) y contenidos de carbonato de calcio de la tosca fueron detectados en BB, los menores en A. En casi todos los perfiles la estructura tiene tendencia horizontal, que se-

* Los números entre paréntesis indican el método utilizado de acuerdo a Schlichting y Blume (1966).

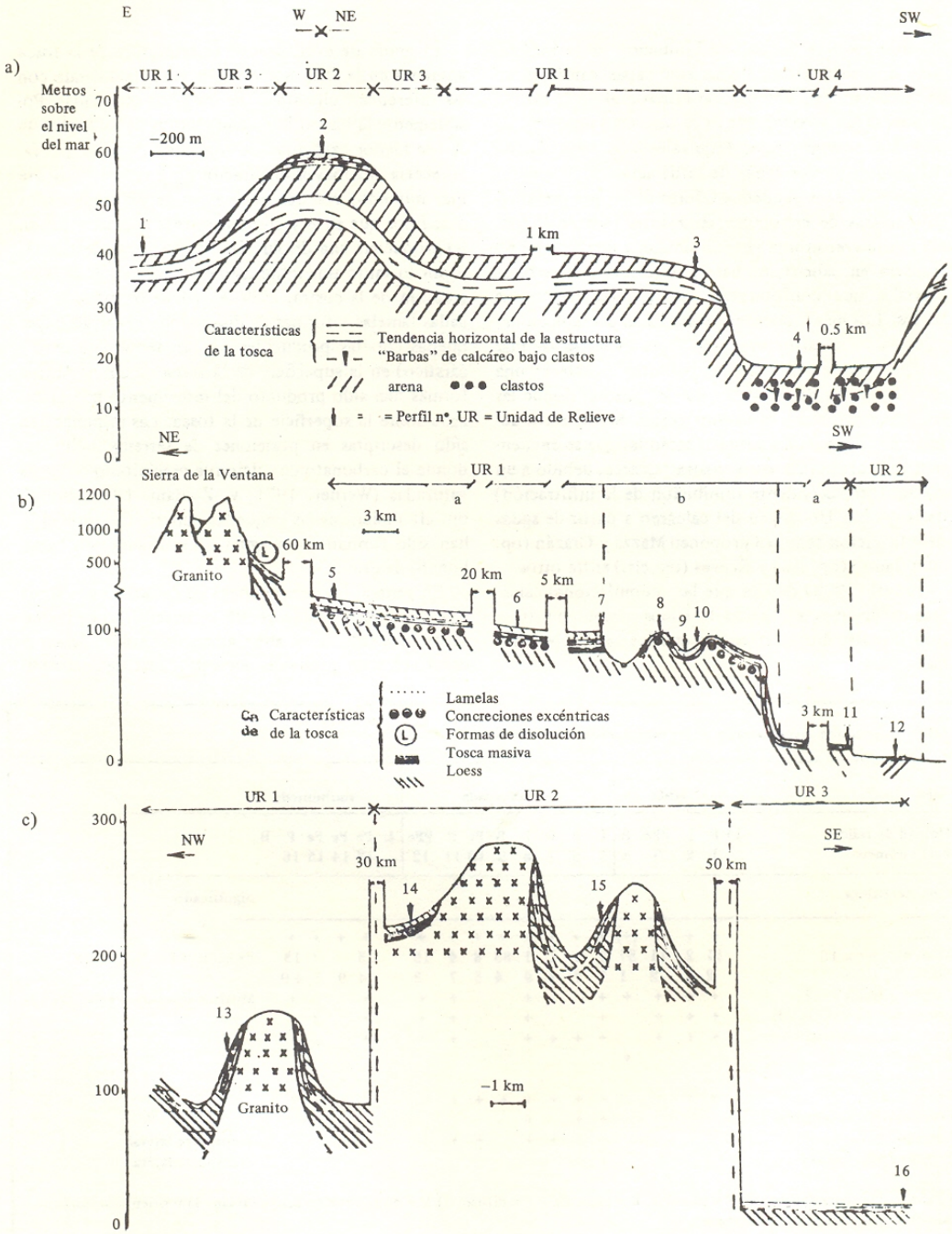

Fig. 2. Perfil geomorfológico del área: a) Albarrobo (A), b) Bahía Blanca (BB), c) Balcarce (B).

ría interpretada como una inhibición de la infiltración de aguas carbonatadas por capas calcáreas ya endurecidas. Esta disposición horizontal de la estructura es según Robenhorst *et al* (op. cit.) producto de procesos pedogenéticos (equivalente a acumulación del carbonato por aguas de infiltración en este caso) de acuerdo a los pequeños valores $\delta^{13}C$ que presentaban costras de estructura semejante. Gile *et al* (op. cit.) atribuyeron una génesis similar a este tipo de estructura en caliche, en base a un estudio de terrazas aluviales que conformaban una cronosecuencia de suelos. Los más modernos presentaban acumulaciones calcáreas con estructuras nodulares mientras las más antiguas laminares. Esto les permitió establecer una serie evolutiva de la estructura del caliche, donde las láminas conforman el último grado. Según estos autores las láminas más antiguas serán las que se encuentren más profundas en la costra calcárea, debido a un crecimiento ascendente (inhibición de la infiltración) de la misma. Un origen del calcáreo a partir de aguas de infiltración también proponen Mazza y Grazán (op. cit.), James (op. cit.) y Reeves (op. cit.) entre otros.

Flügel (1978) detalla que las acumulaciones calcáreas de diversos ambientes freáticos presentan estructura nodular difusa, mientras que los vadósicos laminar.

El grado de evolución de la estructura de la tosca aumenta en la serie A < B < BB, no coincidiendo con las diferencias climáticas de las áreas estudiadas. Posiblemente la mayor humedad relativa de los suelos de A (de menor capacidad de retención de agua que favorecería una mayor infiltración) y B (climáticamente más húmedo) con respecto a los de BB (sedimentos más finos que en A y climáticamente más seco que en B) produciría una disolución más frecuente del $CaCO_3$ y por lo tanto una inhibición en la evolución de la estructura de la costra. Sólo en BB se observaron delgadas lamelas y formas de disolución del calcáreo (pequeñas cubetas producidas por un fenómeno seudocárstico) en la superficie de la tosca de UR 1. Ambas formas han sido producto del movimiento lateral del agua sobre la superficie de la tosca. Las primeras han sido descriptas en posiciones de terreno inclinado, donde el carbonato de calcio fue precipitado de aguas saturadas (Werner, 1971; v. Zuidam, 1975; Flügel, op. cit.) mientras las pequeñas cubetas de disolución han sido formadas por aguas no saturadas con bicarbonato de calcio.

En general las concreciones de calcáreo en la tosca son homogéneas. Sólo en BB se observaron pequeñas capas concéntricas y alternadamente color blanco y oscuro en ellas, probablemente producto de la acumu-

Tabla 2. Resumen inventarizado de las características observadas

Area	árida				semiárida								subhúmeda					
Unidad de relieve	1) P	L	PPe	B	P	P	P	L	B	Pe	P	PPe	L	Pe	Pe	Pe	P	B
Perfil número	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13	14	15	16	
Características																		

Características	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	L	13	14	15	16	B	Significado 5)	
Tosca	+	+	+	(+)	+	+	+	+	+	+	+	+	–	+	+	+	+	–		
Prof. espesor x 10	11	2	11	57	2	1	1	1	83	8	4	15		13		?	13		Erosión (L) → Sedim. (B)	?
%$CaCO_3$ x 0,1	2	5	2	1	7	7	7	9	4	5	7	3		4	9	8	4-9			
Límite inferior ––2)	+	+	+	+	+			+			+	+		+		?	+		Movim. descendente $CaCO_3$	?
Contenido de $CaCO_3$ ∇3)	+	+	+		+			+			+	+		+		?	+		" " "	?
Salto granulométrico	+	+	+		+	+	+	+			+	+		+		?	+		" " "	?
Barbas de $CaCO_3$				+															" " "	!
Tosca sobre granito															+				" " "	!
Tosca = 4)	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+			+		+	+		" " "	!
Concreciones excéntricas					+	+		+											" " "	?
Lamelas					+	+	+	+		+	+								Transporte lateral	!
Formas disol. $CaCO_3$					+														Transporte lateral	!

1) L = Loma, Pe = pendiente, P = planicie, B = bajo, 2) –– = difuso, 3) ∇ = disminuye en profundidad, 4) = orientado horizontalmente, 5) ! = seguro, ? = inseguro.

lación de óxidos de Fe y Mn (según Flügel, op. cit., debidas a la evolución de un suelo bajo condiciones relativamente húmedas). Estas capas son más diferenciadas hacia la parte superior del agregado y excéntricas hacia abajo. Concreciones semejantes han sido descriptas por Truc (1975) como resultantes de una acumulación del calcáreo por aguas de infiltración.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos es posible concluir que el carbonato de calcio que conforma la tosca ha sido acumulado por aguas de infiltración.

De la Tabla 2 se pone en evidencia que todos los perfiles estudiados presentan al menos una de las características morfológicas que pueden, con seguridad, ser tomados como indicadores de un movimiento descendente del calcáreo ("barbas" de calcáreo debajo de cantos rodados, tosca sobre granito o tendencia horizontal de su estructura). La que más profusión presentó fue la tendencia estructural horizontal. La coexistencia de estos caracteres con aquellos de interpretación más insegura (límites inferiores de la tosca difusos, disminución gradual de los contenidos de $CaCO_3$ en profundidad, saltos granulométricos y concreciones excéntricas) permite asegurar la validez de los últimos como indicadores de un movimiento descendente del calcáreo.

La ubicación de la tosca en las zonas más elevadas del terreno en las tres áreas de estudio (zonas bajas de B carecen siempre –condiciones de hidromorfismo– mientras las altas de B –afloramiento de granito– y bajos de A y BB frecuentemente de acumulaciones calcáreas) permite inducir un origen "per descensum" del carbonato. La disposición de la tosca sobre grandes extensiones, hace descartar la existencia de fenómenos de inversión del relieve por los cuales las acumulaciones calcáreas, inicialmente formadas en bajos a partir de la acción capilar, se encuentren hoy en las partes altas del terreno, luego de la erosión de las lomas descalcificadas.

La mayor profundidad, menor potencia, grado de evolución de la estructura y contenidos de $CaCO_3$ de las acumulaciones calcáreas de los bajos, observados exclusivamente en A y BB, serían producto de una acción hídrica relativamente intensa, que habría erosionado los sedimentos libres de calcáreo suprayacentes a la tosca (y en parte a la tosca misma como lo indican los cortes abruptos en bordes de lomas y depresiones) arrastrando y acumulando en los bajos los sedimentos más finos (ver Tabla A) y lavando el $CaCO_3$ de éstos. Presumiblemente este fenómeno se produjo bajo condiciones más húmedas que las que favorecieron la acumulación y endurecimiento del calcáreo y facilitó también la formación de cubetas de disolución y lamelas por movimiento lateral de las aguas en las partes elevadas del pedimento de BB.

Tabla A 2. Perfiles de suelo de Bahía Blanca

Profundidad (cm)	Horizonte	Límite	Raíces	Humedad	Color seco	Color húmedo	Estruct.	Textura	Carbonatos	Observaciones
Perfil 5										
0-15	A	su/di	RRR	S	10YR4/4	10YR2/3	sub	Ar-Fr	–	
15-55	B	su/cl	RR	S	" 3/3	" 2/3	"	Fr	–	
55-80	C_c	su/cl	RR	S	" 8/2	" 7/3	"	Fr	k'	Concreciones de $CaCo_3$
80-105	Tosca	su/cl	R	S	" 8/2	" 7/4	lamgr	–	k"'	Lamelas
105-270	Tosca	on/dif		S	" 8/1	" 7/2	nod-lam	–	k"'	Concreciones excéntricas
270-310	$IIIC_c$	on/dif		S	" 7/2	" 6/4	mas	Fr-Ar	k"	
+ 310	C_c			S	" 7/2	" 6/4	"	Fr-Ar	k'	
Perfil 6										
0-20	A	su/dif	RRR	S	10YR4/3	10YR2/3	sub	Ar-Fr	–	
20-40	B	su/abr	RR	S	" 3/3	" 2/3	"	Fr	–	Concreciones de $CaCo_3$
40-85	Tosca	on/dif	R	S	7,5YR8/1	" 6/3	lamgr	–	k"'	Lamelas
85-100	Tosca	on/dif		S	10YR8/1	" 6/2	lamf	–	k"'	Concreciones excéntricas
100-200	C_c	sub/dif		S	" 7/2	" 5/3	mas	Ar	k"	
200-220	C_c	sub/dif		S	"	" 5/4	"	Fr-Ar	k'	
+ 220	C_c			S	"	"	"	Fr-Ar	k'	
Perfil 7										
0-15	Tosca	su/abr		S	10YR8/1	10YR7/3	lamf		k"'	Lamelas
15-30	Tosca	su/abr		S	7,5YR8/2	7,5YR5/4	"		k"'	
30-75	Tosca	au/cl		S	10YR8/2	10YR6/4	"		k"'	
75-110	Tosca	au/cl		S	" 8/2	"	"		k"'	
110-200	Tosca	su/abr		S	" 6/4	" 5/4	"		k"'	
200-240	C	au/dif		S	" 7/2	" 5/3	mas	Ar	k"	
240-410	C	su/cl		S	" 8/2	"	"	Fr-Ar	k"	
410-425	Tosca	su/dif		S	" 8/2	" 5/4	lamf		k"'	
425-540	Tosca	su/dif		S	" 8/1	" 6/4	mas		k"'	
+ 540	C			S	7,5YR7/3	7,5YR5/3	"	Fr-Ar	k'	
Perfil 8										
0-20	A	su/dif	RRR	S	10YR4/3	10YR2/3	sub	Ar-Fr	k	
20-40	B	su/abr	RR	S	" 4/2	" 2/3	"	Ar-Fr	k	
40-60	Tosca	su/abr		S	" 8/1	" 7/3	nod-lam		k"'	Lamelas
60-110	Tosca				"	" 7/4	lamgr		k"'	Concreciones excéntricas
110-160	Tosca									
260	C_c									
360	C_c									
460	C_c	Muestras recogidas con barreno								
560	C_c									
660	C_c									
760	C_c									
Perfil 9										
0-15	(A)	su/abr	RR	S	10YR6/2	10YR3/4	mas	Ar-Fr	k	
15-174	C	su/abr	R	S	" 6/3	" 3/4	"	Ar-Fr	k	
175-235	Tosca	su/dif		S	" 8/2	" 7/3	mas-nod		k"'	
235-255	C	su/abr		S	"	" 5/3	mas	Fr-Ar	k"	Concreciones de $CaCo_3$
255-275	Tosca			S	" 8/1	" 6/4	lamf		k"'	
350	Tosca									
450	C									
550	C	Muestras recogidas con barreno								
660	C									
750	C									
Perfil 10										
0-20	(A)	su/dif	RR	S	10YR4/4	10YR2/3	mas	Ar-Fr	k	
20-250	C	su/abr	R	S	" 4/3	" 3/2	sub	Ar-Fr	k	
250-300	Tosca			S			lamf		k"'	Lamelas
450	C									
550	C	Muestras recogidas con barreno								
650	C									
750	C									
Perfil 11										
0-20	(A)	su/dif	RRR	S	10YR5/2	10YR3/2	sub	Ar-Fr	k"	
20-70	C	su/abr	RR	S	" 6/5	" 4/3	"	Ar	k"	Concreciones de $CaCo_3$
70-90	Tosca	au/abr		S	" 8/2	" 7/3	mas		k"'	Lamelas
90-110	Tosca	au/abr		S	"	"	nod-lam		k"'	
110-200	Tosca	on/dif		S	"	" 6/4	lamf		k"'	
200-240	C	on/cl		S	"	" 4/4	mas	Ar	k	
240-300	C	on/cl		S	" 7/2	"	"	Ar-Fr	k	
+ 300	Tosca			S	"	" 6/3	"		k"	
					" 8/2					
Perfil 12										
0-5	A_p	su/abr	RR	S	10YR5/3	10YR3/4	sub	Ar	k	
5-50	A	su/que	R	SS	"	"	mas	Ar	k	
50-65	B	su/abr		S	" 4/3	" 3/2	"	Fr-Ar	k	
65-76	Tosca	su/abr		S	" 7/2	" 5/4	"		k"	
76-103	Tosca	su/abr		S	"	" 4/6	mas-nod		k"	
103-195	C	su/abr		S	" 5/3	" 4/3	mas	Ar	k	Concreciones de $CaCo_3$
+ 195	cant.rod.			S						

Tabla A 3. Perfiles de suelo de Balcarce.

Profundidad (cm)	Horizonte	Límite	Raíces	Humedad	Color seco	Color húmedo	Estruct.	Textura	Carbonatos	Observaciones
Perfil 13										
0-20	A	su/dif.	RRR	F	10YR3/3	10YR2/2	sub	lim-Fr	–	
20-60	B_1	su/dif	RRR	F	" 2/2	" 1,7/1	pris	lim-Fr	–	
60-115	B_2	su/abr	RR	F	7,5YR4/4	7,5YR3/4	sub	lim-Fr	–	
115-200	Tosca	on/dif	R	S	" 6/3	" 6/4	lamf		k" '	
200-220	C	su/cl		S	"	" 3/4	mas	Ar-Fr	k	
220-320	C	su/cl		S	" 6/4	10YR6/5	"	Ar-Fr	–	
320-335	C	su/cl		S	10YR7/2	" 5/3	"	Fr-Ar	k'	
+ 335	C			S	7,5YR5/3	7,5YR5/3	"	Fr-Ar	–	
Perfil 14										
0-20	A	su/dif	RRR	S	10YR4/2	10YR2/2	gran	lim-Fr	k	
20-60	B	on/dif	RR	F	" 3/3	"	pris	arc-Fr	k	
60-98	C	on/cl	R	F	" 5/4	" 3/4	mas	Fr-Ar	k'	
98-170	Tosca	on/abr		F	7,5YR5/1	" 8/3	"		k" '	
170-185	clastos (gr)	on/abr		F	–	–	"		k"	
185-205	Tosca	su/abr		F	10YR8/1	10YR8/3	"		k" '	
+ 205	granito			F	–	–	"		–	
Perfil 15										
0-25	A	su/cl	RRR	F	10YR3/3	10YR2/2	gran	lim-Fr	–	
25-60	B	on/cl	RR	F	" 3/4	"	pris	Fr	–	
60-110	C	on/cl	R	S	" 5/3	" 3/4	mas	Fr-Ar	–	
110-240	C	on/abr		S	" 6/4	" 4/6	sub	Fr-Ar	k'	
240-320	C	on/abr		S	" 6/3	" 3/4	"	Ar	k	
320-350	C	on/abr		S	"	" 4/6	mas	Fr-Ar	–	
350-375	C	on/abr		S	" 5/6	"	sub	Ar-Fr	k	
+ 375	Tosca			S	" 8/2	" 7/3	lamf		k" '	
Perfil 16										
0-20	(A)	su/dif	RRR	S	1)		mas	Ar	k'	
20-90	C	su/abr	RR	S	1)		"	Ar	k'	
90-115	B_1	su/abr	R	F	10YR4/4	10YR3/3	pris	Ar-Fr	k'	
115-145	B_2	su/dif		F	" 2/3	" 1,7/1	pris	arc-Fr	k'	
145-155	B_3	su/abr		F	" 4/4	" 3/3	pris	arc-Fr	–	
155-185	Tosca	su/dif		S	" 8/1	" 7/2	m-nod	–	k" '	
185-240	Tosca	su/dif		S	" 8/1	" 5/6	m-nod	–	k'	
240-320	C	su/abr		S	" 6/3	" 4/3	mas	Ar-Fr	k	
320-330	C	su/abr		S	" 7/2	" 6/4	"	Ar-Fr	k"	
330-400	C	su/abr		S	" 6/3	" 4/4	"	Ar-Fr	k	
400-430	Tosca	su/abr		S	" 8/1	" 6/4	nod-lam	Ar-Fr	k" '	
2)										
650-710	C	su/abr		S	" 6/3	" 4/6	sub	Fr-Ar	k	
710-740	Tosca	su/dif		S	" 8/1	" 7/2	nod-lam	–	k" '	
740-850	C	on/cl		S	" 6/3	" 5/6	mas	lim-Fr	k	
850-910	C	su/dif		S	" 5/3	" 4/4	"	Fr-Ar	k'	
910-970	C	su/dif		S	" 6/3	"	"	Ar-Fr	–	
970-1005	C	su/cl		S	" 6/4	" 4/6	"	arc-lim	–	
1005-1010	C	su/cl		S	" 8/3	" 6/4	"	Fr-Ar	k" '	
1010-1020	C	su/abr		S	" 7/2	" 5/6	"	arc-Fr	k	
1020-1090	Tosca	su/cl		S	" 5/3	" 5/6	lamf	–	k" '	
1090-1110	C	su/dif		S	" 6/3	"	mas	lim-Ar	k	
1110-1135	C	on/dif		S	"	"	sub	Ar-Fr	–	
1135-1150	C	on/dif		S	" 6/4	"	"	Fr	–	
1150-1260	C	su/cl		S	"	"	"	Fr	–	
1260-1310	Tosca	su/abr		S	7,5YR7/3	7,5YR5/6	lamf	–	k"	
+ 1310	C				10YR6/3	10YR4/6	mas	lim-arc	k	

1) Colores de los granos arenosos individuales
2) Entre 430 y 650 cm no se describió el perfil

REFERENCIAS

Blumel, W. D., 1982. Calcrete in Namibia and SE-Spain, relations to substratum, soil formation and geomorphic factors. Catena, Supplement 1: 67-82.

Dristas, J. A. y C. Frisicale, 1978. Génesis de las toscas del suroeste de la Provincia de Buenos Aires (Parte II). 2da. Reunión Informativa Cuatern. Bonaerense, CIC (Resúmenes).

Etcheverre, P. H., 1976. Normas de reconocimiento de suelos. INTA, Departamento de Suelos. Publicación Nº 152, 2da. Edición Actualizada. Castelar, 211 p.

Flügel, E., 1978. Mikrofazielle Untersuchungsmethoden von Kalken. Springer Verlag, 320 p.

García, J. y O. M. E. de García, 1964. Hidrogeología de la Región de Bahía Blanca. Dirección Nacional de Geología y Minas. Boletín Nº 96.

Gile, L. H., F. F. Peterson y R. B. Grossman, 1966. Morphological and genetic sequences of carbonate accumulation in desert soils. Soil Sci. 101: 347-360.

Hayase, K. y J. Dristas, 1970. Génesis de las toscas del suroeste de la Provincia de Buenos Aires (Parte I). Reunión Geol. Sierras Austr. Provincia de Buenos Aires, CIC: 121-131.

James, N. P., 1972. Holocene and pleistocene calcareous crusts (caliche) profiles: criteris for subaerial exposure. J. Sed. Petr. 42: 827-836.

Kilmurray, J. O., 1966. Rasgos petrográficos y físicos de toscas de la Provincia de Buenos Aires. LEMIT, Serie II 104.

Mazza, C. A. y A. M. Grazán, 1971. Contribución al conocimiento de las costras y encostramientos calcáreos del sur de la Provincia de Buenos Aires, República Argentina. Rev. Asoc. Geol. Arg. 4: 475-484.

Moscatelli, G., J. C. Salzar Lea Plaza, R. Godagnone, H. Grindberg, J. Sánchez, R. Ferrao y M. Cuenca, 1980. Mapa de la Provincia de Buenos Aires escala 1: 500.000. Actas IX RACS, Tomo III: 1079-1089.

Reeves, C. C. Jr., 1970. Origin, classification and geologic history of caliche on the southern high plains, Texas and eastern New Mexico. Jour. Geol. 78: 352-362.

Robenhorst, M. C., L. P. Wilding y L. T. West, 1984. Identification of pedogenic carbonates using stable carbon isotope and microfabric analyses. Soil Sci. Soc. Am. J. 48: 125-132.

Ruellán, A., 1970. Contribution à la connaissance des sols des Règions Mèditerannéennes: les sols à profil calcaire differencié des plaine de la Basse Moulouya. Thése Université de Strasbourg.

Siragusa, A., 1964. Geomorfología de la Provincia de Buenos Aires. G. A. E. A. 12: 93-122.

Schlichting, E. y H. P. Blume, 1966. Bodenkundliches Praktikum. Paul Parey, Hamburg und Berlin, 209 p.

Stuart, D. M. y R. M. Dixon, 1973. Water movement and caliche formation in layered arid and semiarid soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37: 323-324.

Truc, G., 1975. Sols à profil calcaire differencié et pellicules rubanées dans le Paléogene du Sud-Est de la France. Colloque "Types de croûtes calcaires et leur repartition régionale ", Université Louis Pasteur, Strasbourg: 110-113.

Werner, D., 1971. Böden mit Kalkanreicherungshorizonten in NW-Argentinien. Ein Beitrag zur Genese der Kalkkrusten. Gütt. Bodenkdl. Ber. 19: 167-181.

v. Zuidam, R. A., 1975. Calcrete: a review of concepts and an attempt to a new genetic classification. Colloque "Types de croûtes calcaires et leur repartition regionale", Université Louis Pasteur, Strasbourg: 92-98.