



Latin American Journal of Sedimentology
and Basin Analysis

E-ISSN: 1851-4979

eschwarz@cig.museo.unlp.edu.ar

Asociación Argentina de Sedimentología
Argentina

Imbellone, Perla A.; Cumba, Andrea

UNA SUCESION CON PALEOSUELOS SUPERPUESTOS DEL PLEISTOCENO
MEDIO-TARDIO, HOLOCENO. ZONA SUR DE LA PLATA, PROVINCIA DE BUENOS
AIRES.

Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis, vol. 10, núm. 1, julio, 2003,
pp. 3-21

Asociación Argentina de Sedimentología
Buenos Aires, Argentina

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=381747744002>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

UNA SUCESION CON PALEOSUELOS SUPERPUESTOS DEL PLEISTOCENO MEDIO – TARDIO, HOLOCENO. ZONA SUR DE LA PLATA, PROVINCIA DE BUENOS AIRES.

Perla A. IMBELLONE¹ y Andrea CUMBA¹

¹Instituto de Geomorfología y Suelos. Universidad Nacional de La Plata.
Calle 3 n° 584. 1900. La Plata. Argentina.
E-mail: imbellon@netverk.com.ar; andrea_c@netverk.com.ar

Resumen. Se estudia una sucesión (Pleistoceno medio-tardío y Holoceno) de 11 m de exposición, ubicada en un interfluvio plano de la zona sur de la ciudad de la Plata (34°55' 00''S y 57°57'30''O). El objetivo del trabajo es analizar los procesos sedimentario-pedológicos acaecidos a fin de obtener: a) nuevas evidencias que permitan hacer consideraciones sobre el modelo sedimentario-pedológico propuesto por Teruggi e Imbellone (1987); b) correlacionar los eventos indicados en la descripción del perfil tipo en los diferentes frentes de exposición de la cantera, y c) correlacionar el contenido de vitroclastos con otros perfiles de la zona. En el perfil tipo se identifican 6 unidades constituidas por loess retrabajado y paleosuelos asociados con rasgos semejantes al de suelos actuales. La porción superior muestra cambios morfológicos más sutiles que la inferior hasta la base y correspondería a la Fm La Postrera y Fm Buenos Aires hasta 2,10 y 4,45 m de profundidad, respectivamente. Se identifican dos paleosuelos además del suelo actual separados por una superficie de erosión suave y discontinua, y una discontinuidad temporal insinuada por cambios de color y características de las calcretas. A partir de 4,45 m de profundidad (Fm Ensenada) la sucesión refleja acontecimientos sedimentario-pedológicos identificables claramente en el campo y laboratorio. Se identifican tres paleosuelos superpuestos separados por superficies de erosión. Dos de ellas onduladas y acompañadas por concreciones de carbonato de calcio subparalelas a la superficie de erosión a 4,45 y 9,60 m, respectivamente, y otra totalmente planar a 7,30 m sólo interrumpida en su continuidad lateral por megacrotovinas. La variación lateral de las paleosuperficies muestra unidades de contactos concordantes, paralelos y subparalelos con escasa variación de espesores entre ellas. Los rasgos pedológicos con mayor variación entre uno y otro frente son los de carbonatación e hidromorfismo. La ciclicidad sedimentario-pedológica está mejor definida en la base de la cantera. Toda la sección posee clases texturales arcillo limosas y franco limosas, y con característica de loess retrabajado. El intervalo modal es 62-31 mm (limo grueso) y 62-125 mm (arena muy fina) con escasa representatividad de las subfracciones de mayor tamaño. La arena se incrementa en la mitad inferior de la sucesión por aumento de pseudopartículas. La micromorfología fue instrumental en la verificación de a) procesos pedogenéticos superpuestos de iluviación, hidromorfismo y carbonatación indicados por rasgos texturales, amorfos y cristalinos; b) presencia de biorasgos como pedotúbulos y fábrica excremental de fundamental importancia en procesos de bioturbación, y c) presencia de microestructura laminar, sedirelictos y pedorelictos que aseguran el carácter retrabajado del loess. En los paleosuelos inferiores la evidencia micromorfológica se corresponde con la observación de campo. En cambio, en los superiores los aparentes rasgos macroscópicos de iluviación pertenecerían a superficies de fricción muy finas en correspondencia con abundante fábrica plásmica poro, grano estriada y reticulada. El modelo clásico de sedimentación y pedogénesis episódica se aplicaría a los tres paleosuelos inferiores. Ellos están separados espacialmente en la columna sedimentaria, con el material originario identificable, y decapitados por una superficie de erosión. Se habrían desarrollado con aporte discontinuo de sedimentos y un período de pedogénesis suficiente para desarrollar un suelo maduro. En los paleosuelos superiores habría existido un aporte continuo o levemente discontinuo pero lento, que permitió la formación de rasgos pedológicos mientras el paisaje se elevaba acrecionalmente y se producía la superposición de pedogénesis.

Palabras clave: paleosuelos superpuestos, micromorfología, loess retrabajado, Pleistoceno Medio - Tardío y Holoceno, Buenos Aires.

Keywords: superposed paleosols, micromorphology, reworked loess, Middle – Late Pleistocene and Holocene, Buenos Aires Province, Argentina

EXTENDED ABSTRACT

A succession of superposed paleosols (Middle-Late Pleistocene and Holocene) in the south area of La Plata. Argentina.

A 11-m deep pedological sedimentary succession (Middle-Late Pleistocene and Holocene) has been studied in a quarry exposure located on a flat interfluvium, in the vicinity of La Plata airport, Argentina (34°55'00''S y 57°57'30''W). The objective of this work is to characterize and analyze the sedimentary-pedological processes in order to a) obtain new evidences that allow to discuss the sedimentary-pedological model proposed by Teruggi and Imbellone (1987); b) record the correlation of the events on the perimeter of the quarry and c) correlate the presence of vitroclast-rich sediments with other profiles of La Plata zone. The pedological-sedimentary units were described and correlated in the different cut-faces of the excavation; the units were also sampled in order to characterize particle size distribution and micromorphology.

Six sedimentary pedologic units constituted by loessoid sediments and associated paleosols are identified. They may correspond to La Postrera Fm and Buenos Aires Fm, which are found at 2.10 and 4.45 m depth, respectively. The Ensenada Fm may be found immediately below. The thickness varies from 2.85 to 2.30 m in the bottom units and 1.15 and 2.10 m in the upper units. Lenses with very distinct hydromorphic features are observed between 4.00-4.50 m and 9.90-10.90 m depth. Each unit is separated from the underlying one by erosive surfaces that can be: a) smoothly wavy and discontinuous, b) wavy and continuous, or c) planar and abrupt.

The upper part of the succession, up to 4.45 m depth, shows subtler morphological changes than the lower part. Recent soil, separated in one case by a smooth erosion surface and in the other by a temporal discontinuity insinuated only by changes in color and calcrete characteristics. From 4.45 m downwards, the succession reflects very defined and identifiable sedimentary-pedological events, clearly detectable in the field by morphological features and a well defined lateral extension. Three buried paleosols, separated from the overlying materials by clearly expressed erosive surfaces, have been identified. Two of them, at 4.45 and 9.60 m depth, are wavy, accompanied by carbonate concretions, while the other, at 7.30 m depth, is totally planar and is interrupted in its lateral continuity only by megakrotovines.

The lateral variation of the paleosurfaces shows units of concordant, parallel and subparallel contacts with scarce variation in thickness among the sedimentary pedologic units. The original thickness of the bottom units was reduced by erosion, although it is not possible

to ascertain the magnitude of the erosive event.

The paleosols associated to each sedimentary deposit present similar illuviation features with minimum variations in their distinctness, thus allowing horizons to be identified easily. The most variable features among the different cut-faces of the quarry are those corresponding to the processes of calcification and hydromorphism, whose degree of expression changes from weak to strong. The sedimentary-pedologic cyclicity is best defined at the bottom of the succession.

The textural classes of the materials always have a high quantity of silt, ranging usually from silty clay to silt loam, while the loam class is rarely found. Sedimentologically, the material corresponds to reworked loess. This is corroborated microscopically by the presence of clasts in the horizon matrix, pedologic textural features and laminate microstructure of the sediment. The modal interval in the whole succession is 62 - 31 mm (coarse silt). In the sands, the predominant interval is 62 - 125 mm (very fine sand) with scarce contribution of the coarser subfractions. Sand increased in all the subfractions in the lower half of the succession due to an increase of pseudo-particles. In general, it is possible to separate two large sedimentary cycles: the upper one, up to 4.45 m depth, is finer, with sand content averaging 10 - 16% in the original sediment; the other cycle is coarser, with 15 - 43% sand (free-clay fraction).

Micromorphology has been instrumental in the verification of: a) superimposed pedogenetic processes of illuviation, hydromorphism and calcification by the presence and distribution of the textural, amorphous and crystalline features; b) identification of biological features such as pedotubules and excremental fabric, which are very important in bioturbation processes and c) identification of laminar microfabric, sedimentary and pedologic relicts in the soil matrix, thus revealing the reworked character of the loess. In the deeper paleosols, the micromorphological evidences resemble the field observation in their degree of expression, mainly with regard to textural features. Macromorphologically, the superficial paleosols show illuviation evidences on ped faces. However, they are not observed micromorphologically, or at best are very scarce and thin; thus, they likely correspond to very fine friction surfaces; suggested by the best expressed void, grain striated and reticulate b-fabric.

In the classic model of episodic sedimentation and pedogenesis, a period of landscape instability, with more or less quick loess sedimentation and another of relative quiescence for pedogenesis, sometimes followed by erosion episodes, are conceptually interpreted. This could be applied to the three deeper paleosols whose profiles are spatially separated with the identified loessic parent material and truncated by an erosive surface whose duration could not be determined. These paleosols would have evolved with a minimum contri-

Una sucesión con paleosuelos superpuestos del pleistoceno medio-tardío, holoceno. Zona sur de La Plata. Provincia de Buenos Aires

bution of loess and over a period of pedogenesis long enough to develop a mature soil, with characteristics similar to the present one. In the case of the upper paleosols, a slow continuous or discontinuous contribution of loess possibly occurred, thus allowing the formation of pedogenic features while the landscape built up accretionally; a superimposition of pedogenesis took place when the loess mantle was thin.

The buried paleosols show pedological features similar to those of the present soil, suggesting that the paleoclimatic conditions during the time involved in the development of the succession have differed more in degree than in type. The study of this succession has provided new data on the sedimentary-pedological characteristics of the eastern region of the loessic Pampean plain. It also emphasizes the possibility of using paleosols as stratigraphic markers.

INTRODUCCION

En las llanuras loésicas del mundo se reconocen decenas de suelos enterrados como testigos de la historia geológica del Cuaternario (Chlachula et al., 1997). El este de la llanura loésica pampeana es una zona clásica donde se han realizado trabajos sobre sedimentología y paleopedología durante los últimos 20 años (Riggi et al., 1986; Teruggi e Imbellone, 1987; Blasi

et al., 2001). En los mismos se describen y analizan con mayor o menor detalle la vinculación entre episodios sedimentarios y pedológicos del Cenozoico bonaerense acaecidos en un lapso de más de 0,7 Ma. La interpretación de sucesiones con numerosos suelos interestratificados en los depósitos de loess no es sencilla, sino que por el contrario ofrece grandes dificultades. En muchos casos es imposible identificar el material originario o depósito sedimentario que fue pedogenizado, debido a la superposición de ciclos pedogenéticos, que también enmascaran las características sedimentarias. Además, el grado de expresión pedogenética depende de la interacción entre la relación de los ciclos de estabilidad e inestabilidad geomórfica que regulan la velocidad de depositación de sedimentos y/o desarrollo de rasgos pedológicos. Otro motivo que oscurece la interpretación de los suelos enterrados es la presencia frecuente de perfiles de suelos incompletos, cuya génesis no siempre es fácilmente explicable por procesos erosivos (Teruggi e Imbellone, 1987).

Diversos términos se han utilizado para designar los suelos que se encuentran uno encima del otro en la columna sedimentaria, donde al menos parte de un perfil fue afectado por dos o más ciclos de pedogénesis, o están uno encima del otro en la columna sedimentaria pero donde no se superponen las pedogénesis. Suelos compuestos (Morrison, 1967), suelos complejos (Bos y Sevink, 1975), suelos polimórficos (Simonson, 1978), suelos soldados (Ruhe y Olson, 1980), suelos

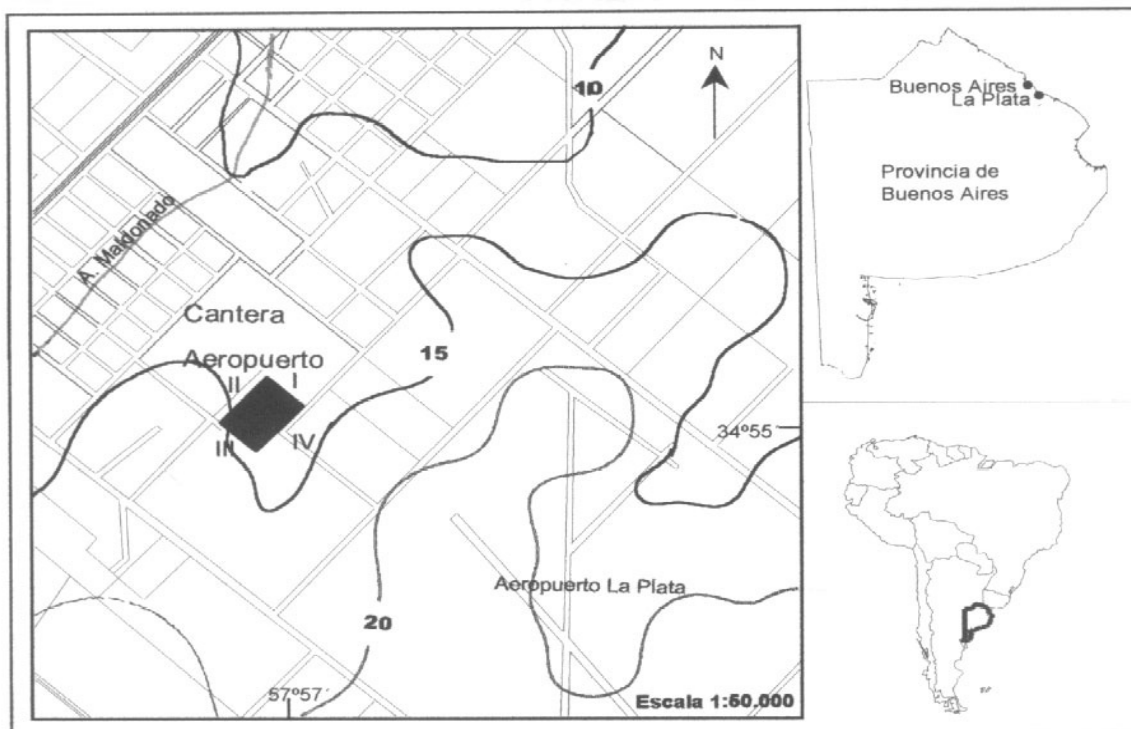


Figura 1: Mapa de Ubicación. Curva de nivel —10— ; equidistancia 5 m; frentes de exposición: I, II, III, IV.

Figure 1: Location map. Contour line —10— ; contour interval 5 m; cut-faces: I, II, III, IV.

superpuestos (Teruggi e Imbellone, 1987), paleosuelos enterrados múltiples (Busacca, 1989), paleosuelos compuestos (Wright, 1992). Teruggi e Imbellone (1987) establecieron para una sucesión de paleosuelos superpuestos en una cantera cercana a la ciudad de La Plata (Cantera de Hernández) que la depositación loésica se produjo en pulsos separados por interpulsos de no depositación o depositación disminuida o de erosión”, hecho que implica una relación sedimentación-pedogénesis de distinta intensidad. En este esquema de sedimentación episódica cuando los depósitos sedimentarios son de escaso espesor se produce una superposición de pedogénesis. En cambio, cuando la sedimentación es continua y lenta se genera una superficie agradable con velocidad de elevación variable, pero suficientemente lenta como para permitir la formación de rasgos pedológicos casi continuos en todo el espesor de los sedimentos. Así, en este tipo de sucesión sedimentaria a medida que crece el depósito, la zona activa de pedogénesis se va elevando y produciendo, como en el caso de la zona en estudio, una sucesión de horizontes B superpuestos, que a la vez constituyen el material original móvil de las pedogénesis más jóvenes. Adicionalmente, toda la sucesión muestra redistribución postdeposicional de componentes solubles de hierro, manganeso y carbonato de calcio, éste último como calcretas de diferentes morfologías o diseminado en la matriz de los horizontes (Imbellone y Teruggi, 1987).

El objetivo de este trabajo es analizar los procesos sedimentario-pedológicos acaecidos en una cantera de la zona sur de La Plata, con el objeto de obtener: a) nuevas evidencias que permitan hacer consideraciones sobre el modelo sedimentario-pedológico propuesto por Teruggi e Imbellone (1987); b) registrar la correlación para la cantera estudiada de los eventos indicados en la descripción del perfil tipo, y c) correlacionar el contenido de vitroclastos con otros perfiles de la zona.

MATERIALES Y METODOS

La sucesión estudiada se encuentra expuesta en una cantera de tierra de 87.500 m², dentro del ejido urbano de La Plata (calle 606 y 17) y su punto central se encuentra a 34°55'00" de latitud S y 57° 57'30" de longitud O. La excavación está realizada en la zona de interfluvios (Fidalgo y Martínez, 1983) entre dos vías de escurrimiento que desaguan hacia el Río de la Plata, entre las cotas de 15 y 12,5 m sobre el nivel del mar (snm) (Fig. 1). La porción superior de la sucesión está disturbada; por lo tanto, el suelo actual completo se estudió en un remanente de la superficie original que queda en el centro de la cantera. En la identificación y descripción de los suelos se utilizaron criterios de campo y laboratorio para suelos actuales (Soil Taxonomy, 1993, 1996) y paleosuelos (Catt, 1990), y la designación de los ciclos paleopedológicos según Birkeland (1984). Cada una de las unidades sedimentario-

pedológicas (que en adelante se denominarán unidades) se separan por superficies de erosión observadas en el campo con mayor o menor grado de expresión.

El concepto geológico del estudio de paleosuelos implica el reconocimiento espacial de los mismos, por lo tanto cobra fundamental importancia el registro de la variación lateral de propiedades. Por ese motivo, luego de identificar y describir las unidades en el perfil tipo, se estableció, siempre que fue posible, la variación de espesores de las mismas en todo el perímetro de la excavación (1.200 m).

Se utilizó el método de triangulación con teodolito, con una estación central en la excavación y 24 estaciones sobre las paredes. Se registró la ubicación y altura snm de rasgos importantes para la interpretación geológica que son claramente visibles en la mayor parte de la excavación. Ellos son: las paleosuperficies de erosión que en el perfil tipo se encuentran a 4,45, 7,30 y 9,60 m de profundidad y que, en el caso de las primeras, constituyen el techo y la base de la unidad más potente del perfil. La vegetación, caída de material y variación de la profundidad de la excavación dificultó y/o impidió la observación de los rasgos en alguno de los frentes de exposición.

Las muestras se trataron con agua oxigenada y acetato de sodio para eliminar materia orgánica y carbonato de calcio respectivamente. Luego se dispersaron con hexametáfosfato de sodio con vibración ultrasónica durante 3 minutos.

La confiabilidad del análisis textural de los sedimentos pampeanos ha sido motivo de consideración y las dificultades que presenta su aplicación no han pasado inadvertidas en trabajos anteriores debido a la presencia de pseudopartículas resistentes a los tratamientos de dispersión (González Bonorino, 1965; Riggi et al, 1986; Teruggi e Imbellone, 1987). En este trabajo se partió de la idea que la mayor cantidad de pseudopartículas se encontraría en los sedimentos con mayor reorganización pedogénico-diagenética correspondientes a horizontes B y algunos C. Dado que en el campo se observaron algunos horizontes C con escasa reorganización postdeposicional, el análisis sedimentológico permitiría caracterizar a éstos con mayor certeza que a aquellos con abundantes pseudopartículas. Con respecto a los materiales altamente reorganizados, con alto tenor de pseudopartículas, ellos se comportan físicamente según las propiedades de esas unidades granulométricas. Así, aunque los tenores de los intervalos granulométricos no correspondan a granos individuales, están manifestando una propiedad de los sedimentos, por lo que valida la aplicación del método a los efectos de la caracterización general de los materiales, no siendo prudente establecer relaciones granulométricas más detalladas. Se indican las clases texturales según la clasificación del USDA (1993) y de Folk (1954). La primera es más sensible para separar los sedimentos donde el roceso de illimerización ha enriquecido en arcilla con mayor movilidad algunos horizontes, de aquellos menos

Una sucesión con paleosuelos superpuestos del pleistoceno medio-tardío, holoceno. Zona sur de La Plata. Provincia de Buenos Aires

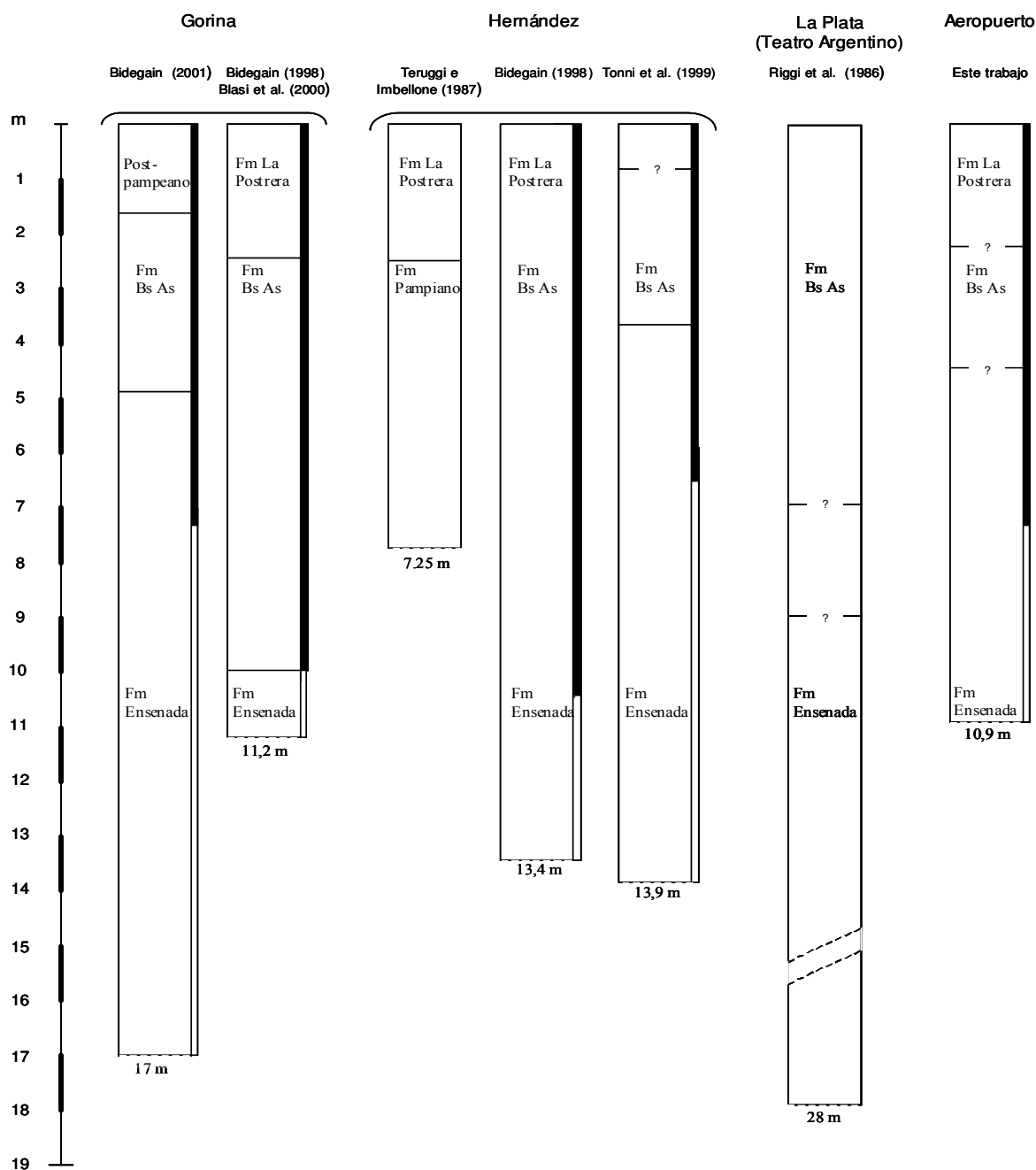


Figura 2: Relaciones estratigráficas para la zona de La Plata. Magnetoestratigrafía: ■ Cron Brunhes, < 0.78 Ma; □ Cron Matuyama, > 0.78 Ma.

Figure 2.: Stratigraphic relationships in La Plata area. Magnetostratigraphy: ■ Brunhes Chron, < 0.78 Ma; □ Matuyama Chron, > 0.78 Ma

pedogenizados, ya que la clase arcillosa tiene límite superior de menor tamaño (menor a 2 μm) que la clase fango (menor a 4 μm). Se aplica la escala sedimentológica de Udden-Wentworth a 1 phi.

Sedimentos con abundancia de vitroclastos se han mencionado en la zona de La Plata (Riggi et al., 1986; Blasi, et al., 2001), y utilizados como indicadores de correlación en los alrededores de la ciudad de La Plata y Buenos Aires, y a mayor distancia, hasta Cañuelas y

Baradero (González Bonorino, 1965; Tonni et al., 1999; Nabel et al., 2000). Por ese motivo se cuantificó la distribución de trizas de vidrio volcánico en todas las unidades. El control de la cantidad de pseudopartículas se realizó bajo microscopio de polarización, al igual que el tenor de vitroclastos.

La micromorfología es ampliamente utilizada en Geo-

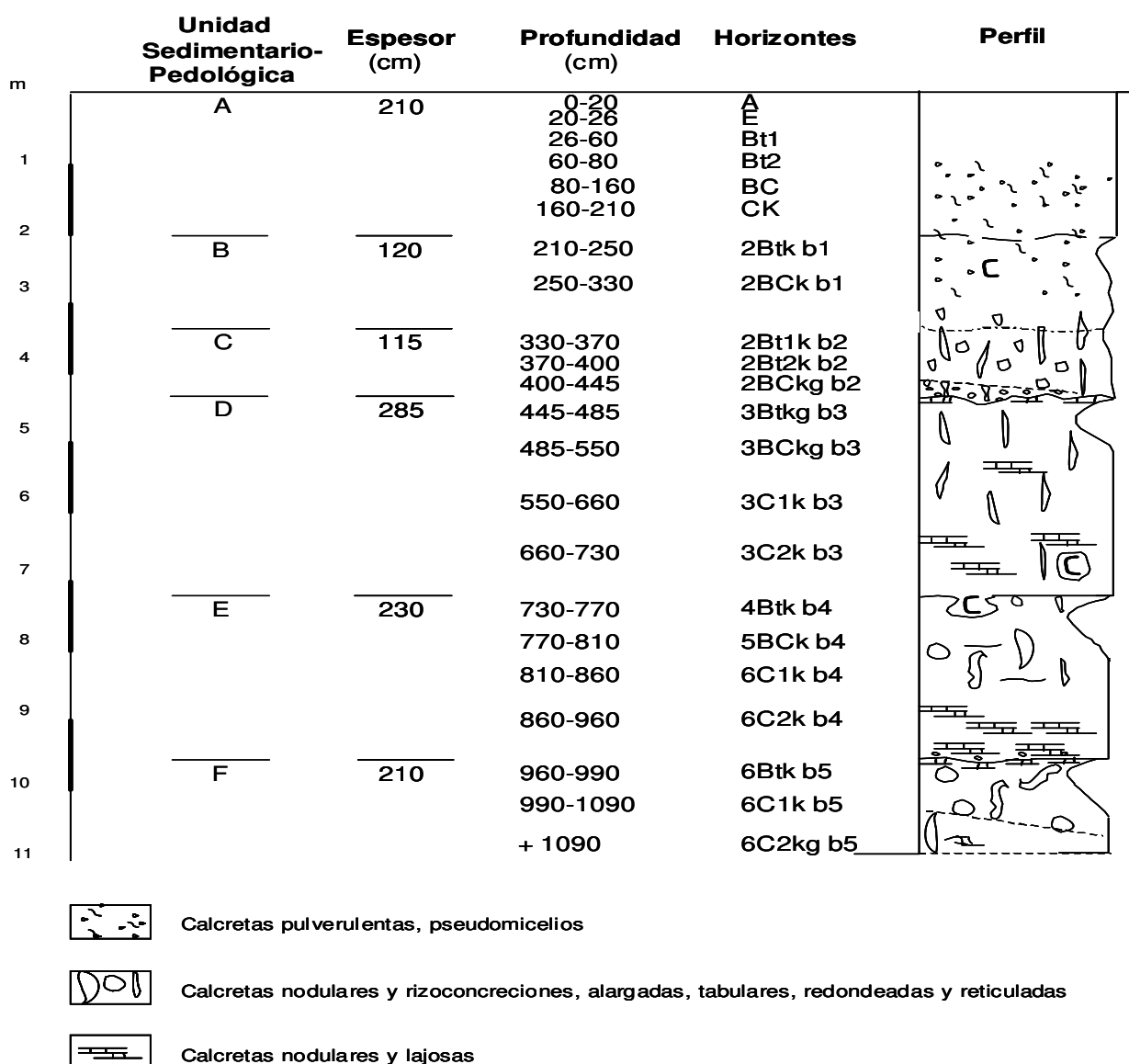


Figura 3: Características del perfil tipo en la cantera “aeropuerto”.

Figure 3: Characteristics of the type section at “airport” quarry.

logía del Cuaternario pues permite visualizar el tamaño, forma y orientación de las partículas del material en sus posiciones originales, observar e inferir fenómenos de redistribución postdeposicional de componentes, y a veces determinar la sucesión relativa de episodios cuando hay rasgos pedológicos yuxtapuestos, como en nuestro caso. Los sedimentos y las características pedológicas se observaron con microscopio de polarización sobre secciones delgadas de 8 x 4 cm de tamaño, tomando una muestra no disturbada, se-

gún la metodología micromorfológica (Fitzpatrick, 1996), por unidad reconocida en el campo. En aquellas unidades de identificación dudosa, correspondientes a los 4,45 m superiores de la sucesión, la frecuencia de muestreo fue mayor, entre 10 y 15 cm de separación entre cada muestra. La descripción micromorfológica se realizó según Bullock et al. (1985). La traducción castellana de los términos micromorfológicos corresponde a Stoops (1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El perfil tipo

La sección se encuentra en la porción superior del Cenozoico bonaerense. La parte superior de la sucesión hasta 2,10 m de profundidad, que incluye el suelo actual correspondería a la Fm La Postrera de Tonni y Fidalgo, (1978). Por debajo comenzaría la Fm Buenos Aires e infrayaciendo la Fm Ensenada, del Pleistoceno tardío y medio, respectivamente (Fidalgo, 1979). Por carecer de edades absolutas, se hace una ubicación temporal con referencia a la magnetoestratigrafía ubicando el límite Brunhes/Matuyama a 7,30 m de profundidad (Bidegain, comunicación personal). No se puede definir con seguridad la base de la Fm Buenos Aires, aunque tentativamente se ubica a 4,45 m de profundidad, donde como se verá más adelante, se produce un cambio granulométrico detectable y diferencias en la relación entre sedimentación y pedogénesis. En la Fig. 2 se esquematiza la información existente sobre la estratigrafía de secciones estudiadas en la zona de La Plata y distantes entre sí aproximadamente 10 km entre Aeropuerto al SE y Gorina al NO. Analizando las secciones presentadas por los distintos autores se observa que la principal disparidad se encuentra en la ubicación del límite entre la Fm Buenos Aires y Ls Fm

Ensenada.

La potencia total del perfil estudiado (Fig. 3) es de 11 metros y se identifican 6 unidades constituidas por sedimentos loessoides y paleosuelos asociados, con espesores entre 1,15 y 2,10 m las superiores y entre 2,30 y 2,85 m las inferiores. Se indican desde A a F, incluyendo la unidad superficial donde se desarrolla el frentes en las sucesiones pampeanas.

La observación vertical y lateral de los depósitos muestra la superposición de las unidades, mas ó menos claramente según los sitios y se separan de las supra e infrayacente por superficies de erosión, que pueden ser: a) suavemente ondulada y discontinua, b) suavemente ondulada y continua, o c) planar y continua.

Así, a 2,10 m de profundidad se observa una superficie de erosión suavemente ondulada y discontinua y poco marcada en algunos frentes, y a 3,30 m de profundidad el pasaje de una unidad a otra está poco definido en el campo y se trataría de una discordancia temporal. Diferente es el caso en la parte media y profunda de la sección donde se identifican marcadas superficies de erosión que truncan el techo de paleohorizontes arcillosos a 4,45, 7,30 y 9,60 m. Asociadas y resaltando las mismas se identifican calcretas nodulares subhorizontales de carbonato de calcio, sobre todo en la primera. La paleosuperficie de 7,30 m se destaca



Figura 4. Vista lateral de la paleosuperficie planar a 7,30 m de profundidad e infrayaciendo el horizonte iluvial de la unidad E (4Btkb4, 7,30-9,60 m; frente III de la cantera).

Figure 4: Side view of the planar paleosurface at 7.30 m, underlying the illuvial horizon of E unit (4Btkb4, 7.30-9.60 m in front III of the quarry).

UNIDAD	HORIZONTE (a)	PROFUNDIDAD (cm)	COLOR (Matriz, seco)	ESTRUCTURA (tipo, clase, grado)	CONSISTENCIA (seco) (c)	MORFOLOGIA DE LAS CALCRETAS (d)	CO ₃ Ca en masa (%)	RASGOS ILUVIALES (d)	RASGOS HIDROMORFICOS
A	Ck	160-210	7,5 YR 6/4	m-bl sa, fi, deb	ld	Pseudomicelios com.; nodulos redondeados (1-2 mm) escasos	0,9	-----	-----
	2Btk b1	210-250	7,5 YR 6/4	bl sa, gr, mod-bl sa med fi, f	d	Pseudomicelios com.; nodulos redondeados (3-4 mm) escasos a comunes	1,3	Revestimientos continuos y discont., Comunes. 7,5 YR 6/4	-----
B	2Bck b1	250-330	7,5 YR 5/6	Pseudolaminas med. Mod-bl a, fi, f Media e inf: bl sa, fi mod.	d	Nódulos y concreciones irreg. Alargadas. Escasas.	2,8	Revestimientos discont. Escasos	-----
	2Btk b2	330-370	7,5 YR 6/3	bl sa, med, mod-bl a, fi, f	d - ld	Concreciones verticales grandes y redondeadas, abundantes, otras irregulares pequeñas abundantes	0,7	Revestimientos continuos y discontinuos comunes 7,5 YR 5/3	Moteados y nódulos de Mn pequeños a escasos. 7,5 YR 3/1
C	2Btk b2	370-400	7,5 YR 6/4	bl a, fi, f-bl a, med fi, mod	d - ld	Concreciones verticales grandes y redondeadas, abundantes, otras irregulares pequeñas abundantes	2,1	Revestimientos continuos y discontinuos escasos	Revestimientos moteados de Mn muy abundantes en las caras de los agregados
	2Bck b2	400-445	5 Y 7/2	bl a, fi, f-bl a, med fi, mod	d	Concreciones grandes, subredondeadas, abundantes	1,8	Revestimientos discontinuos escasos	Nódulos de Fe, Mn, muy abundantes, colores cambiantes
D	3Btk b3	445-485	5 Y 7/2	bl a, gr y med, f-bl a, fi, f	md	Concreciones subhorizontales y redondeadas, medianas a pequeñas	4,1	Revestimientos continuos y discontinuos abundantes	Revestimientos de Fe y Mn continuos y discontinuos abundantes
	3Bck b3	485-550	7,5 YR 7/3	bl a mg, mod-bl a med, mod	d	Concreciones alargadas verticales, irregulares, abundantes	1,4	Revestimientos discontinuos muy escasos	Revestimientos de Mn discontinuos nódulos escasos
E	3C1K b3	550-660	7,5 YR 6/4	m-bl a, fi, mod	b	-----	0,9	-----	Nódulos muy pequeños y escasos
	3C2k b3	660-730	7,5 YR 6/4	m-bl a, fi, mod lam	b-d por partes	Concreciones subhorizontales comunes	n/d	-----	Nódulos muy pequeños y escasos
F	4Btk b4	730-770	7,5 YR 5/4	bl a, med, f-bl a y sa, fi, f	d	Concreciones subredondeadas grandes y escasas	1,68	Revestimientos continuos y discontinuos comunes	-----
	5Bck b4	770-810	-----	bl a, me, mod-bl sa, peq, mod	ld	Concreciones subredondeadas grandes y escasas	n/d	Revestimientos discontinuos comunes	-----
G	6C1k b4	810-860	-----	m	b	-----	n/d	-----	-----
	6C2k b4	860-890	7,5 YR 6/4	bl a, gr, f	md	Concreciones verticales redondeadas abundantes	4,23	-----	Moteados y nódulos de Fe y Mn, redondeados
H	6Btk b5	960-990	7,5 YR 5/4	bl a, gr, f	md	Concreciones redondeadas abundantes	1,64	Revestimientos continuos y discontinuos comunes	Revest. De Fe y Mn discontinuos abundantes Nódulos de Fe y Mn
	6C1k b5	990-1090	7,5 YR 7/3 y 3 N	bl a, gr, f	md	Concreciones subredondeadas abundantes	1,95	-----	Idem anterior
I	6C2k b5	1090 + 1100	5 Y 7/2	bl a, gr, f	Md	Masas irregulares grandes fuerte cementación	n/d	-----	Revest. De Fe y Mn en caras de agregados, abundantes

a - Nomenclatura del Soil Survey Staff, 1993; Birkeland (1983) y Cat (1990). b - bl a: bloque subangular, lam: laminar, m: masivo; mg: muy gruesa; gr: gruesa, med: mediana, fi: fina; f: fuerte, mod: moderado, d: débil. c - ed: extremadamente duro, md: muy duro, d: duro, ld: ligeramente duro, b: blando. d - abundancia de rasgos: muy escasos (menor a 2%); escasos (2 a 20%); comunes (20 a 40 %); abundantes (mayor a 40 %).

Tabla 1: Rasgos morfológicos seleccionados del perfil tipo. Table 1: Selected morphological features of the type section.

Una sucesión con paleosuelos superpuestos del pleistoceno medio-tardío, holoceno. Zona sur de La Plata. Provincia de Buenos Aires

por ser marcadamente planar, con depósitos calcáreos asociados y sólo interrumpida en su continuidad lateral por megacrotovinas (0,80 a 1,20 m de diámetro) (Fig. 4). Estas se observan lateralmente en varias paredes de la excavación, ya sea con sección subcircular completa (unidad D), o con su base excavada en el depósito infrayacente (unidad E), y abiertas en su mitad superior con relleno del material suprayacente, de aspecto masivo ó ligera estratificación fina (Imbellone et al., 1990). Las paleosuperficies de erosión mencionadas podrían considerarse como marcadores estratigráficos ya que estarían indicando **eventos geológicos significativos**.

La porción superior de la sucesión hasta 4,45 m muestra cambios morfológicos más sutiles que la inferior hasta la base de la cantera. En la primera se identifican dos ciclos pedológicos además del suelo actual separados en un caso por una superficie de erosión suave y discontinua y una discordancia temporal insinuada por cambios de color y características de las calcretas. Por encima de la misma el color es más oscuro e intenso (7,5YR5/6) y las calcretas más escasas, pequeñas y redondeadas que debajo de la discordancia, donde el color es 7,5YR6/3 y las calcretas son abundantes.

La porción inferior de la sucesión, a partir de 4,45 m de profundidad refleja acontecimientos sedimentario-pedológicos bien definidos e identificables claramente en el campo por las propiedades morfológicas (mediascañas, tipo y grado de la estructura, color, rasgos pedológicos, etc.) y extensión lateral bien definida. En esta porción se identifican tres paleosuelos enterrados separados de la unidad suprayacente por tres (claramente expresadas) superficies de erosión. Dos de ellas onduladas y acompañadas por concreciones de carbonato de calcio subparalelas a la superficie de erosión a 4,45 y 9,60 m respectivamente, y otra totalmente planar a 7,30 m (Fig. 4).

Las propiedades morfológicas principales que permitieron la separación de las unidades se indican en la Tabla 1. El color de los materiales presenta leves variaciones, es homogéneo con respecto al matiz ya que corresponde al 7,5YR de la tabla Munsell con la excepción de las zonas donde el hidromorfismo afecta la matriz del material otorgando matices 5Y. La luminosidad varía entre 5 y 7 y la intensidad es más variable entre 3 y 6. Al analizar el color de los recubrimientos en las caras de los agregados (horizontes Bt de las unidades D, E y F), se verifica que es más intenso y menos luminoso que el de los correspondientes materiales originarios, indicando reorganización pedológica.

La estructura, principalmente el tipo y grado, diferencia los horizontes B de las porciones menos pedogenizadas, con estructuras desde bloques angulares a subangulares moderados a fuertes en los primeros, y masiva o con bloques subangulares débiles en las segundas. La unidad B posee estructura pseudolaminar que evidencia procesos hídricos.

El horizonte C de la unidad D posee una estructura masiva y suelta, con aspecto de loess primario, aunque la observación microscópica muestra la presencia de sedirelictos provenientes de sedimentos retrabajados. La consistencia en seco varía desde dura a muy dura y blanda a ligeramente dura, estas última sobre todo en los horizontes C del suelo actual y los paleosuelos de las unidades D, E y F.

En toda la sucesión se observa redistribución de carbonato de calcio manifestada por la presencia de calcretas principalmente discontinuas, con distintas morfologías y abundancia, y dos zonas del perfil con calcretas casi continuas y fuertemente cementadas que podrían denominarse horizontes "K master".

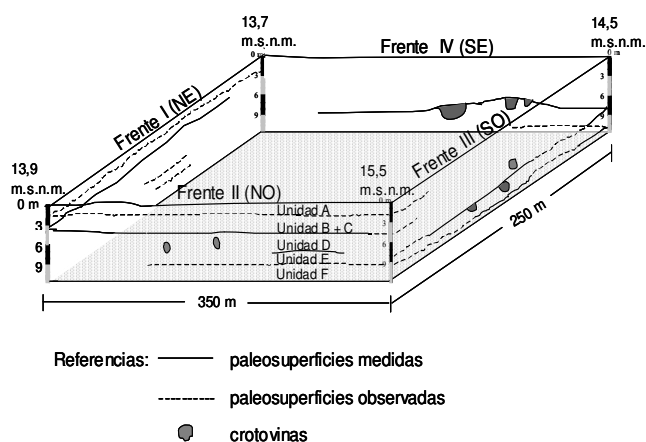


Figura 5: Esquema de la variación lateral de las unidades sedimentario-pedológicas en los diferentes frentes de exposición de la cantera.

Figure 5: Diagram showing lateral variation of the pedological-sedimentary units in the different cut-faces of the quarry.

En las unidades A, B y C hay superficies brillantes con apariencia de recubrimientos de arcilla y escasos rasgos hidromórficos. En las unidades D, E y F los recubrimientos de arcilla iluvial son fácilmente visibles, continuos, discontinuos y abundantes sobre caras de los agregados y poros en los horizontes Bt y están ausentes en los horizontes C. Los recubrimientos de sesquióxidos son predominantes en el horizonte Bt del paleosuelo de la unidad D y en la base de la sección donde recubren totalmente los agregados de la zona más fuertemente hidromórfica de la sucesión.

Variación lateral de las unidades sedimentario-pedológicas

Las unidades indicadas en el perfil tipo (A, B, C, D, E y F) se identificaron en casi todos los frentes: I, II, III y IV (Fig. 5), algunas con fuerte expresión (Fig. 4). Así, la paleosuperficie marcada a 4,45 m en el perfil tipo se observa en los frentes I, II y escasamente en el

Intervalo	2000 - 1000	1000 - 500	500 - 250	250 - 125	125 - 62	62-31 (um)	31-16	16-8	8-4	4-2	< 2	Arena	Limo (%)	Arcilla	Clase textural Folk, USDA (1954)		Arena (Base no arcillosa) %	Limo %
Horizontes																		
Ck	0	0,21	0,21	0,29	11,58	29,45	17,95	6,94	7,82	6,14	19,41	12,3	62,2	25,6	far	fri	16,5	3,4
2Btk b1	0	0,04	0,08	0,42	11,26	32,30	14,74	10,63	6,55	8,92	15,05	11,8	64,2	24,0	far	fri	5,9	94,1
2BCK b1	0	0,04	0,08	0,50	4,05	25,40	20,33	15,97	11,64	7,45	14,54	4,7	73,3	22,0	l	fri	7,53	92,4
2Btk b2	0	0,02	0,02	0,18	4,19	20,50	14,82	8,45	10,36	4,03	37,42	4,4	54,1	41,5	f	fri	7,5	92,5
2Btk b2	0,08	0,08	0,12	0,57	6,13	21,88	12,71	10,89	7,29	5,93	34,31	6,3	52,7	40,2	f	al	10,6	89,4
2BCKg b2	0,08	0,08	0,24	1,81	9,75	22,24	17,45	11,44	9,71	5,20	21,98	11,8	60,8	37,4	lar	fri	16,2	83,8
3Btkg b3	0	0,08	0,17	0,72	5,87	18,74	17,96	9,81	9,10	9,94	27,61	6,8	55,6	37,6	f	al	10,8	89,2
3BCKg b3	0	0,08	0,29	2,07	10,74	36,60	20,49	11,82	6,45	4,46	6,99	13,2	75,4	11,5	lar	fri	14,9	85,1
3C1k b3	0,11	0,49	0,65	1,63	29,07	40,38	8,82	3,11	2,30	2,12	11,31	31,9	54,6	13,4	lar	fri	36,9	63,1
3C2k b3	0	0,16	0,58	1,03	39,57	41,87	7,66	2,69	1,64	1,68	3,12	41,3	54,0	4,7	lar	fri	43,4	56,6
4Btk b4	0	0,71	1,20	2,76	34,75	41,39	9,24	3,70	1,67	0,58	3,99	39,4	56,0	4,6	lar	fri	41,3	58,7
5BCK b4	0	0,13	2,46	8,86	12,71	15,83	18,11	13,21	8,82	6,36	13,50	24,2	56,0	19,9	lar	fri	30,4	69,6
6C1k b4	0,34	1,65	2,98	4,16	21,87	35,45	13,05	8,68	3,26	1,70	6,95	30,9	60,4	8,6	lar	fri	33,8	66,2
6C2k b4	1,82	4,03	4,15	5,21	10,17	21,82	20,11	12,65	7,31	4,98	7,75	25,4	61,9	12,7	lar	fri	29,1	70,9
6Btk b5	1,82	9,99	12,11	12,71	15,01	12,97	10,94	8,35	6,05	2,79	7,26	51,6	38,3	10,1	arl	fr	57,4	42,6
6C1k b5	0,81	2,54	5,85	9,96	19,28	16,74	14,79	11,77	5,08	3,75	9,43	38,5	48,4	13,2	lar	fri	44,3	55,7
6C2kg b5	2,99	4,9	6,45	8,16	8,40	13,84	15,65	13,24	8,98	6,30	11,10	30,9	51,7	17,4	lar	fri	37,4	62,6

arl: areno limoso, lar: limo arenoso, l: limo, far: fango arenoso, f: fango; fr: franco, fri: franco limoso, al: arcillo limoso.

Tabla 2. Distribución granulométrica del perfil tipo.

Table 2. Grain size distribution of the type section.

***Una sucesión con paleosuelos superpuestos del pleistoceno medio-tardío,
holoceno. Zona sur de La Plata. Provincia de Buenos Aires***

III; en cambio, la indicada a 7,30m se observa escasamente en los frentes I y II y bien definidas en los frentes III y IV; la indicada a 9,60 m de profundidad se observa en los frentes I, II, III y IV.

La variación lateral de las paleosuperficies muestra unidades de contactos concordantes, paralelos y subparalelos con escasa variación de espesores en el perímetro de la cantera. El espesor original de las unidades ha sido disminuido por erosión como queda evidenciado por las paleosuperficies indicadas, aunque no es posible establecer el grado en que el evento erosivo ha afectado a cada una de ellas en cada frente. En función del levantamiento altimétrico efectuado se puede inferir que las paleosuperficies presentan una leve inclinación hacia el NO.

Los paleosuelos de las unidades D, E y F presentan rasgos de iluviación semejantes con variaciones mínimas en el grado de expresión que permiten identificar fácilmente horizontes iluviales en todos los frentes. Los rasgos que presentan mayor variación entre uno y otro frente son los de carbonatación e hidromorfismo con grado de expresión entre débil a fuerte.

Las relaciones estratigráficas mostradas aquí permiten identificar a los paleosuelos asociados a las dos paleosuperficies inferiores como paleocatenas en el concepto de Valentine y Dalrymple (1975), y reafirman la posibilidad de correlacionar los suelos de la región mediante la identificación de la geometría de las unidades depositacionales como puntualizaron Zárate e Imbellone (1998) y por las variaciones de los rasgos pedológicos. Las variaciones catenarias de los procesos pedológicos de iluviación, hidromorfismo y carbonatación son de espesor de horizontes y grado de expresión de los rasgos pedológicos, más que de tipo genético. La cantera se encuentra en un interfluvio con escasa variación de relieve local y posiblemente el paleorelieve tenía características semejantes, aunque no es posible establecer la morfología de las paleosuperficies originales por la presencia de discordancias de erosión. De todas maneras las diferencias de espesor de horizontes están mejor representadas en el frente II de la cantera (Fig. 5).

La ciclicidad sedimentario-pedológica mejor definida en la base de la sucesión se observó también en la localidad de Hernández distante aproximadamente 9 km (Teruggi e Imbellone, 1987) y en San Pedro, distante aproximadamente 200 km, en correspondencia con el mayor desarrollo de los procesos de illimerización, hidromorfismo y carbonatación (Cumba e Imbellone, 2001).

Sedimentología

Granulometría: todos los materiales poseen clases texturales (USDA, 1992) con abundante cantidad de limo, cuyos extremos más finos se ubican en las arcillo limosas y los más gruesos en las franco limosas, excepcionalmente franca (Tabla 2). Esta característica granulométrica se corresponde al denominado loess

retrabajado de Pye (1987), hecho éste que se verifica en la observación microscópica por la presencia de microestructura laminar y clastos de la matriz de horizontes pedológicos y de rasgos pedológicos.

A pesar de la aparente similitud de las clases texturales se observa variación entre las distintas fracciones. El análisis por subfracciones muestra que el intervalo modal en toda la sucesión es 62-31 μm (limo grueso). Para las arenas el intervalo modal es 62-125 μm (arena muy fina), con escasa representatividad de las subfracciones de mayor tamaño. La arena se incrementa en todas las subfracciones en la mitad inferior de la sucesión (unidades C, D y F) debido al aumento de pseudopartículas resistentes a la dispersión. El limo grueso predomina en toda la sucesión, en la porción inferior de la sucesión los cambios entre las subfracciones de limo son más variables, principalmente a 7,30 m, en concordancia con el decrecimiento de arena muy fina. En las unidades donde se identifica claramente el suelo asociado al material originario, la zona pedogenizada suele poseer semejante o mayor tenor de arcilla que la no pedogenizada (suelo actual, D y F). En la parte superior del perfil la variación de tenores de arcilla entre los Horizontes B y BC disminuyen suavemente en cambio en la base del perfil las variaciones son mas abruptas.

La abundancia de pseudopartículas muestra distinta distribución en el perfil. Hasta 3,30 m de profundidad (unidades A y B) poseen poca influencia en el análisis textural, ya que predominan en las subfracciones mayores a 500 μm , que son muy escasas. Entre 3,30 y 4,45 m de profundidad (unidad C) constituyen la casi totalidad de las subfracciones mayores a 125 μm . Entre 4,45 y 7,30 m (unidad D) son abundantes en las mismas subfracciones hasta hacerse escasa en la base de la unidad, correspondiente a un horizonte C (3C1kb3), que por su aspecto blando y friable, aparenta constituir un depósito de loess primario. Hasta la base del perfil (unidades D y F) los sedimentos más antiguos se encuentran fuertemente afectados por carbonatación e hidromorfismo. Aquí, la fracción arena está casi íntegramente constituida por pseudopartículas (85%), en correspondencia con la consistencia dura y muy dura (en seco) y muy firme (en húmedo) de los materiales, y donde los valores absolutos de las subfracciones de arena son muy elevados y claramente afectan la distribución del resto de las subfracciones.

La composición granulométrica recalculada eliminando la fracción arcilla que se moviliza por pedogénesis, muestra que los contenidos de limo y arena total del sedimento original son variables en las distintas unidades. Así, ellas poseen tenores de arena: A 17%; B entre 6 y 8%; C entre 11 y 16%; D: entre 11 y 43%; E: entre 29 y 41%; F 37 y 58 %. La unidad D muestra un incremento de arena muy fina desde el techo hasta la base que indica aumento en la energía del agente de transporte en ese sentido. En términos generales y considerando la parte superior de la sucesión (unidades A, B y C), hasta los 4,45 m de profundidad donde la

cantidad de pseudopartículas es menos abundante que en la base del perfil (unidades D, E y F), podrían separarse en dos grandes ciclos sedimentarios. Uno superior hasta 4,45 m de profundidad, más fino, con tenores de arena promedio (pseudopartículas?) en el sedimento original entre 6 y 17 % y otro inferior más grueso entre 11 y 57 % de arena (valores de arena recalculados sobre base no arcillosa). Variaciones menores en los tenores de arena en ambos ciclos corresponderían a cambios sedimentarios producidos por variación en la intensidad del agente de transporte. La distribución mencionada confirma una vez más los resultados de trabajos anteriores (Teruggi e Imbellone, 1987; Blasi et al, 2001).

Vitroclastos: el único componente mineralógico de

la fracción gruesa que presenta variaciones porcentuales destacables es el vidrio volcánico. Se registran dos zonas del perfil con mayor abundancia separadas por otra donde los vitroclastos están casi ausentes (unidades B y C). La zona superior que constituye el material originario del suelo actual, en la base de la unidad A con 10 a 15%; la otra, correspondiente a las unidades D, E y F, cuya máxima concentración se registra en la base de la unidad D con 50 a 60 % aproximadamente y decreciendo hasta la base del perfil con 25 a 35 %. Existe una fuerte coincidencia con respecto a la profundidad y contenido de vitroclastos de la zona superior con la descrita por Blasi et al. (2001) y Tonni et al. (1999), en las cercanas canteras de Gorina y Hernández respectivamente. Asimismo es posible establecer una

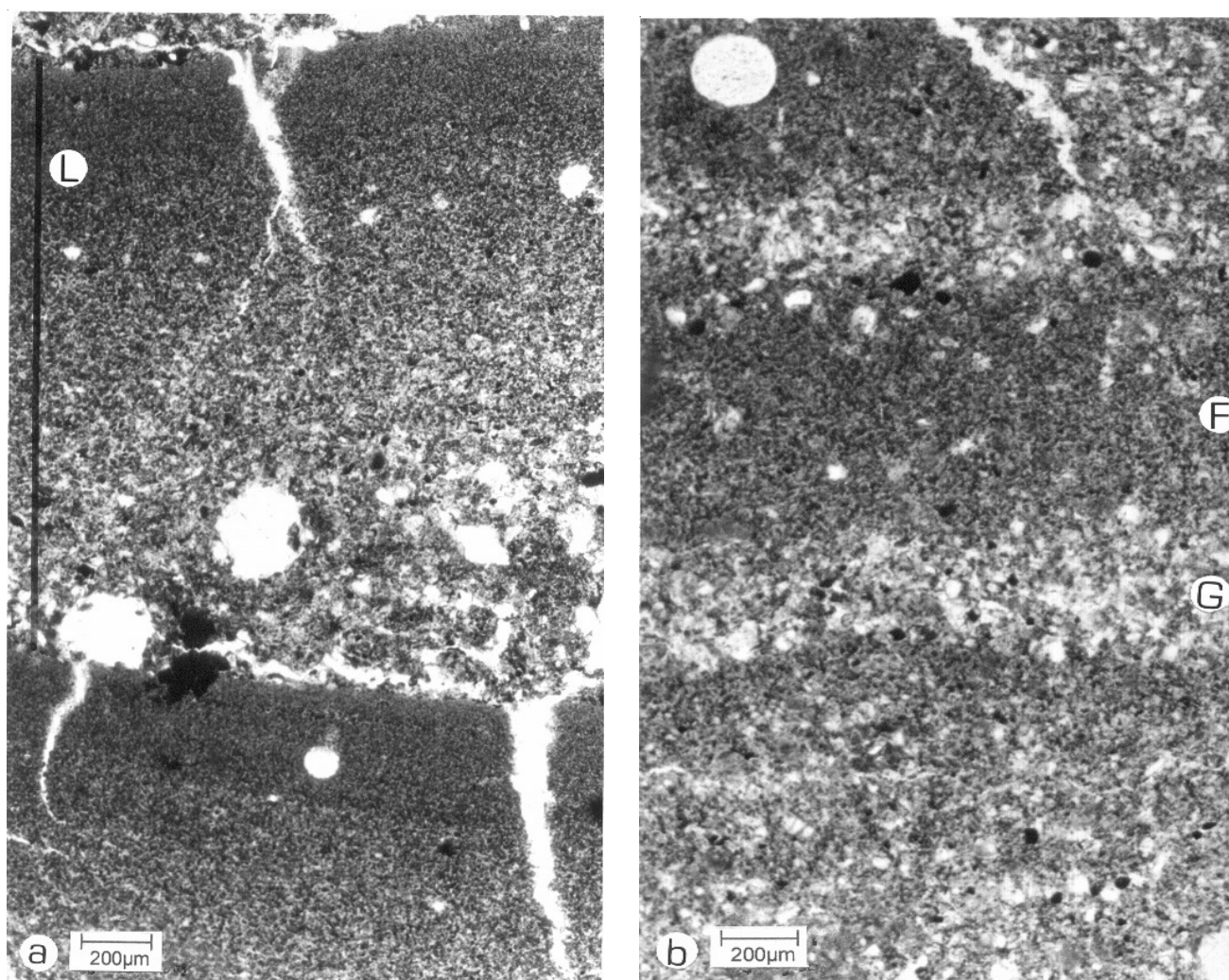


Figura 6: Microestructura seleccionada laminar de la unidad B. a) granodecreciente, en áreas localmente anegadas y efímeras; láminas entre 1.760 (L) a 3.000 µm; vacíos de contracción en el material más fino y vesículas esféricas producidas por aire entrampado. b) con capas superpuestas de material grueso (G) y fino (F) y vesículas (2Btk1b1; 2,10-2,50 m). X 5.

Figure 6: Sorted laminar microstructure of unit B. a) grain decreasing locally produced in areas subject to ephemeral waterlogging. Laminae between 1.760 (L) – 3.000 µm, contraction voids in the finest sediment and vesicles formed by trapped air. b) superposed layers of coarse (G) and fine (F) sediment. Vesicles. (2Btk1b1; 2.10-2.50 m). X 5.

***Una sucesión con paleosuelos superpuestos del pleistoceno medio-tardío,
holoceno. Zona sur de La Plata. Provincia de Buenos Aires***

correlación general para la parte media y la base de estas canteras.

Micromorfología

El estudio micromorfológico permitió verificar algunos rasgos observados en campo y relativizar otros que aparentemente tienen fuerte expresión macroscópica y no así microscópica. A continuación se indican rasgos claves en la descripción micromorfológica. Ellos son: relación entre el material grueso y fino, vacíos, microestructura, pedorrasgos texturales, amorfos, de empobrecimiento, cristalinos y biorrasgos.

Relación gruesos sobre finos: esta relación permite determinar rápidamente en la sección delgada, la proporción entre conjuntos granulométricos separados por un límite de tamaño elegido, según el tamaño general del material. En nuestro caso esta relación (g/f 50 mm) es menor en las unidades superiores (A, B y C), de carácter porfírica abierta mientras que en profundidad a partir de los 4,45 m en porfírica cerrada, aunque el aspecto general de la matriz en toda la sucesión es semejante. Es de señalar que en el horizonte C del suelo actual y en los horizontes que presentan microestructura laminar hay una relación moderadamente variable de esta relación con un carácter entre gélifica y porfírica abierta.

Fábrica de birrefringencia: en el horizonte C del suelo actual es de tipo moteada. En los horizontes superpuestos infrayacentes hasta los 4,45m de profundidad es

moteada poro y grano-estriada y gradaciones entre grano-estriada a reticular. Este hecho indicaría algún proceso físico de ordenamiento de la matriz que permite observar en el campo superficies discontinuas y lustrosas con apariencia de rasgos de iluviación. En los horizontes B más profundos predominan las fábricas poro y granoestriada en detrimento de las fábricas con mayor grado de ordenamiento de la matriz. Esto concuerda con la mayor cantidad de elementos granulométricos de tamaño arena. En cambio en los horizontes C, si bien se observa fábricas poro y grano estriada, predomina la fábrica moteada como era de esperar.

Vacíos: en toda la sección existen vacíos de empaquetamiento y vacíos de origen biológico, con mayor abundancia relativa de estos últimos en la base de la unidad B. Poseen diversidad morfológica, algunos son de empaquetamiento simple, aislados y compuestos, como también cavidades mamelonares aisladas o interconectadas entre sí, cámaras y canales. La vesículas se encuentran localizadas en zonas con laminación. Las paredes de los vacíos de las unidades A, B y C son rugosas y/o lisas, en general sin recubrimientos, y sólo poseen hiporevestimientos y revestimientos de calcita y sesquióxidos muy escasos. En cambio, las unidades D, E y F suelen presentar revestimientos texturales, cristalinos y amorfos más abundantes en correspondencia con la mayor madurez pedológica.

Microestructura: es pedal en la mayoría de los hori-



Figura 7: Microfotografía de revestimientos compuestos texturales con superposición desordenada de capas de arcilla impura y limo e impregnación irregular de sesquióxidos. Unidad D, (3Btkgb3, 4,45 - 4,30 m). X 20.

Figure 7: Microphotograph of textural composite coatings with a random superimposition of layers of impure clay and silt and irregular impregnation of amorphous coatings. Unit D (3Btkgb3, 4,45 - 4,30 m). X 20.

zontes de la sucesión, excepto en la base de la unidad D donde es masiva con tendencia a bloques con muy escasos agregados identificables y modificada por la abundancia de vacíos de origen biológico. En la base de la unidad E la microestructura es masiva típica. La microestructura laminar se encuentra mejor expresada en la unidad B (Fig. 6a y b) como también la microestructura excremental.

Rasgos pedológicos: con respecto a los rasgos texturales, en el horizonte C del suelo actual se observan muy escasos revestimientos, muy finos de arcilla iluvial límpida y bien orientada al igual que en los horizontes infrayacentes identificados en el campo como horizontes iluviales. Los horizontes B desarrollados en las unidades inferiores (D, E y F) presentan revestimientos en los vacíos de conducción; son: simples y finos y/o compuestos finos y gruesos. Los primeros son de arcilla con fuerte birrefringencia, en general no laminados, continuos y discontinuos. Los compuestos presentan laminación constituida por capas superpuestas de arcilla y limo (Fig. 7), con birrefringencia variable, algunos con mayor segregación de hierro indi-

cado por el color rojizo. Otros tapizan los biovacíos descriptos. En los horizontes C hay menor abundancia y son menos birrefringentes y más finos.

Los rasgos amorfos son muy escasos hasta 4,45 m de profundidad bajo la forma de nódulos típicos y otros con neoimpregnación superficial, aumentando en abundancia en la base de la unidad C en correspondencia a una lente hidromórfica. A partir de 4,45 m los rasgos hidromórficos son más abundantes tanto como nódulos, hiporevestimientos y revestimientos de sesquióxidos continuos y discontinuos. Estos últimos se disponen indistintamente, ya sea superpuestos a los rasgos texturales o infrayaciendo a los mismos, tapizando los vacíos principalmente interpedales y a veces biovacíos. Áreas de empobrecimiento de compuestos solubles se manifiestan en las zonas más hidromórficas de la sucesión (base de las unidades C y F).

Los rasgos cristalinos presentan distintas morfologías, desde fases iniciales de formación como pseudomicelios y halos micríticos hasta fábrica cristalítica típica de horizontes K; son frecuentes calcretas septáricas y nodulares como también relleno de grietas con calcita

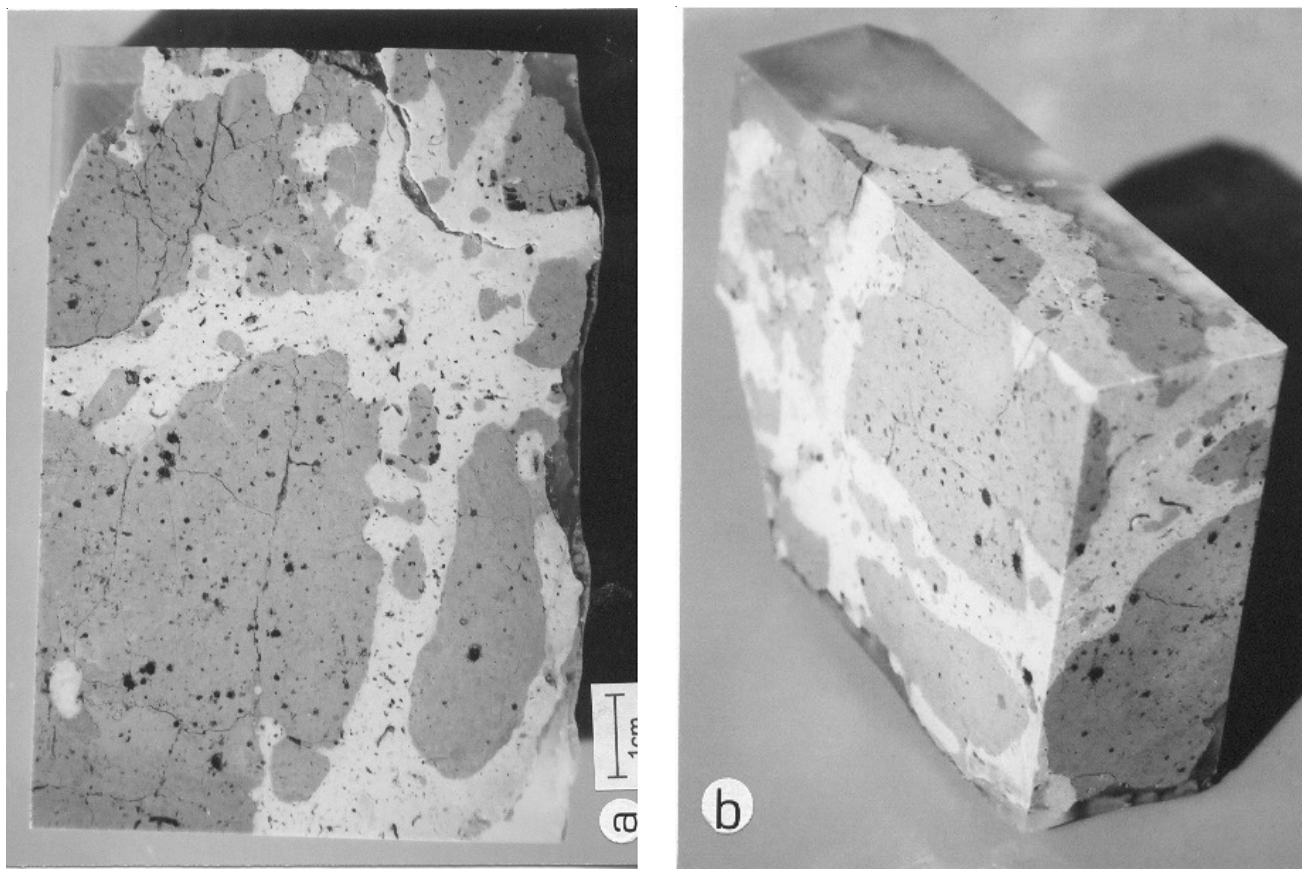


Figura 8: Calcretas de la unidad E: a) Vista en planta de una sección delgada de 6 por 10 cm correspondiente a la cara de mayor superficie del bloque de la Figura 8b mostrando rellenos reticulares. b) Bloque impregnado con resina mostrando la distribución espacial de rellenos que en el campo forman calcretas casi continuas. Se observa la estructura masiva del horizonte (6C2kb4, 8,60-9,60 m).

Figure 8: Calcretes from unit E: a) Plan view of a thin section (6 x 10 cm) corresponding to the largest face of the block of 8b, showing reticular infillings. b) Resin-impregnated block showing the spatial distribution of infillings forming nearly continuous calcretes in the field. Note the massive structure of the horizon (6C2kb4, 8.60-9.60 m).

Una sucesión con paleosuelos superpuestos del pleistoceno medio-tardío, holoceno. Zona sur de La Plata. Provincia de Buenos Aires

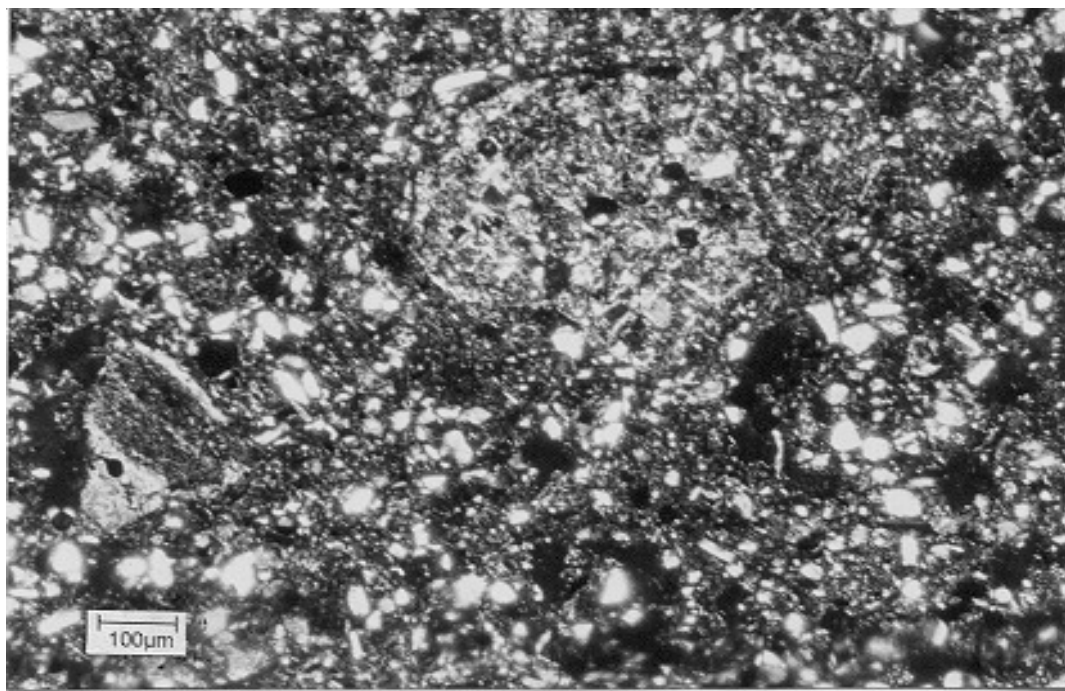


Figura 9: Microfotografía de relictos de matriz de suelo sólo identificable por la fábrica de birrefringencia moteada teselada, inmerso en la matriz del suelo con fábrica de birrefringencia punteada, de la unidad B. (4Btkb4, 7,30-7,70 m). X 10.

Figure 9: Microphotograph of the matrix soil relict only identifiable by stipple-speckled b-fabric embedded in the soil matrix with stipple b-fabric; unit B. (4Btkb4, 7.30-7.70 m). X 10.

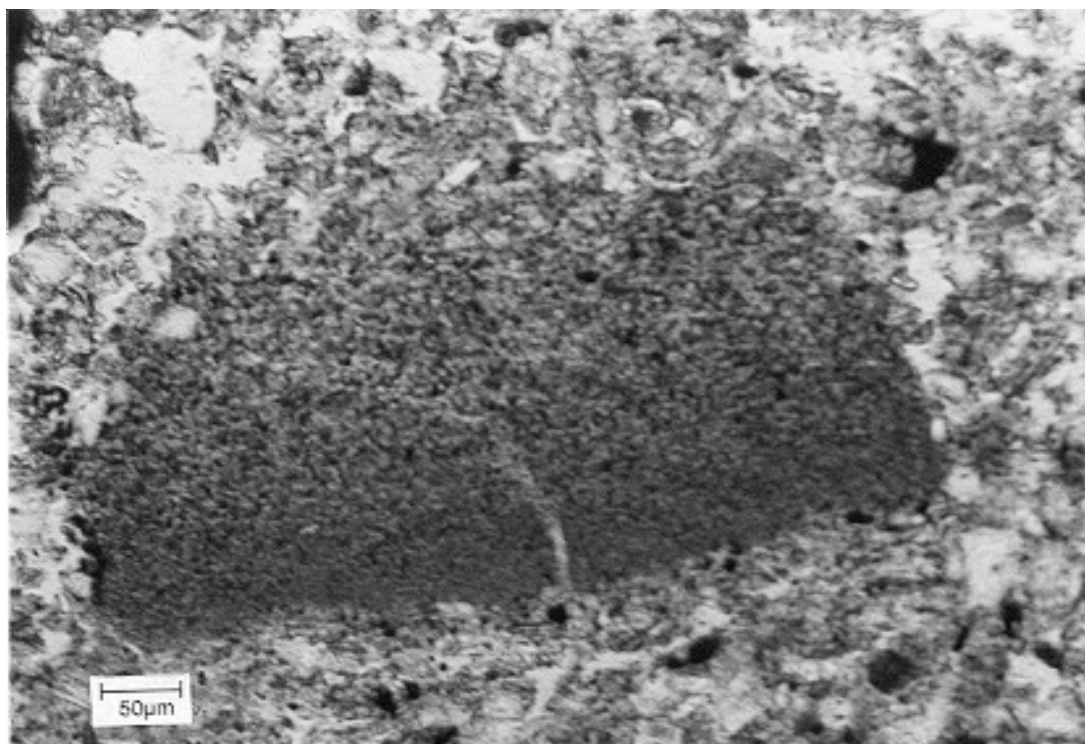


Figura 10. Microfotografía de relictos sedimentario con fábrica granodecreciente inmerso en la matriz del suelo. Unidad A (Ck, 1,60-2,10 m) X 20.

Figure 10. Microphotograph of sedimentary relict with grain decreasing fabric embedded in the soil matrix. Unit A (Ck, 1.60-2.10 m) X 20.

micrítica y esparítica (Fig. 8a y b). Los pseudomicelios y masas pulverulentas blandas de origen pedogénico, son semejantes a las del suelo actual. Ellas coexisten en la unidad B con escasos hiporevestimientos y tosquillas sedimentarias, pequeñas, redondeadas y duras constituidas de micrita con impregnación casi uniforme. Todas las otras calcretas de la sección son de mayor tamaño, compactas y están constituidas por calcita micrítica y esparítica, esta última en los vacíos o zonas de empaquetamiento poco denso. Se interpretan originadas por redistribución y reprecipitación de carcarbonatadas a través de los vacíos de los paleohorizontes y superficies de discontinuidad, permitió la precipitación en sitios favorables y la difusión de las mismas impregnando la matriz de los paleosuelos. En ocasiones, cubriendo rasgos pedológicos preexistentes como lo indican la presencia de revestimientos texturales inmersos en masas micríticas y/o esparíticas. Estas calcretas se formarían por continua acreción de carbonato de calcio a partir de relleno de grietas y canales con crecimiento volumétrico y densificación de nódulos impregnativos e hiporevestimientos. La presencia de nódulos impregnativos difusos en toda la sección indicaría que el proceso de redistribución calcárea continúa hasta el presente. Las calcretas más grandes y densas se encuentran por debajo de 3,30 m, por lo que posiblemente los sedimentos más jóvenes carezcan de suficiente tiempo de evolución y/o cantidad de carbonato de calcio

para la formación de esas calcretas. Así, luego de un período de mínima o ausente depositación, indicado por la discordancia temporal a los 3,30 m de profundidad, se habría producido un aumento relativo en la velocidad de depositación de sedimentos. También es de mencionar la escasa presencia de revestimientos de calcita en los macroporos de todo el perfil en comparación con la abundancia de formas impregnativas (nódulos difusos e hiporevestimientos) dentro de la matriz de los paleosuelos hecho que no podemos explicar con certeza. Posiblemente se deba a variaciones en la velocidad relativa de pérdida de humedad del material en relación al tamaño de los poros. Así, cuando el suelo se seca, en los vacíos de conducción se produciría rápida desecación con la formación de calcretas de mayor tamaño, mientras en los microvacíos del interior de los agregados, aún húmedos, se produciría redistribución impregnativa.

En la lente hidromórfica que se encuentra entre 4,00 y 4,45 m de profundidad se observan conjuntos de cristales radiales de baritina.

Evidencias de actividad biológica se encuentran en toda la sucesión (horizontes B y C) indicada por la presencia de fábrica excremental y biovacíos. Los pedotúbulos son abundantes, visibles macro y microscópicamente; cortan planos de laminación de los sedimentos, sobre todo en la unidad B, indicando intensa bioturbación.

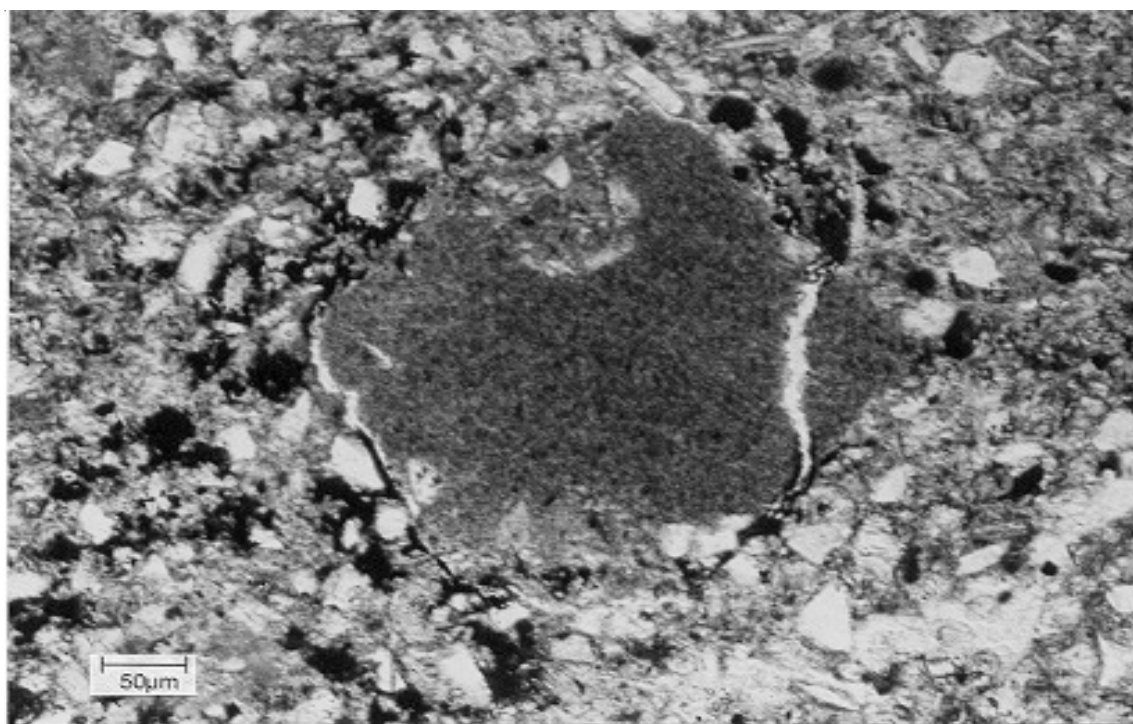


Figura 11: Microfotografía de relicto sedimentario con material fino y grueso y revestimiento amorfo discontinuo y fino de la unidad B. (4Btkb4, 7,30 - 7,70 m). X 20.

Figure 11: Microphotograph of sedimentary relict with fine and coarse material and amorphous discontinuous coating of unit B. (4Btkb4, 7.30 - 7.70 m). X 20.

Una sucesión con paleosuelos superpuestos del pleistoceno medio-tardío, holoceno. Zona sur de La Plata. Provincia de Buenos Aires

Clastos relictos y microlaminación: pedorelictos de suelos erodados se presentan como clastos redondeados de fragmentos de revestimientos texturales y amorfos dentro de la matriz de los suelos, como también relictos de matrices (Fig. 9) y sedirelictos de sedimentos laminados (Fig. 10) y no laminados (Fig. 11). Estos se hallan no sólo en los horizontes afectados por superficies de erosión sino también en la matriz de la mayor parte de los horizontes aún en los horizontes C, indicando que todo el material loésico ha sido retrabajado en mayor o menor medida por acción áeua. Conjuntamente es de considerar la acción de bioturbación provocada por la fauna y la incorporación de los clastos a la matriz del suelo. Seguramente la presencia de clastos se deba tanto a la acción erosiva del agua como a la ruptura de los microagregados por actividad de la fauna, este último hecho mencionado por Blasi et al. (2001).

En general se acepta que los depósitos de loess primario son indiferenciados, es decir no están modificados por la acción penecontemporánea del agua. En cambio el loess retrabajado posee macro y microlaminación resultante de escurrimiento superficial (*overland flow*) como también erosión en manto (*rainwash, sheet wash*), Múcher y De Ploey (1984; 1990). Estos autores caracterizan microscópicamente los depósitos de loess retrabajado que no pueden diferenciarse macroscópicamente e infieren procesos geomórficos a partir de la micromorfología de los materiales formados en experimentos de laboratorio simulando procesos depositacionales. En nuestro caso los sedimentos de los 4,45 m superiores muestran macro y microlaminación discontinua, bien representada en todo el perímetro de la cantera. Micromorfológicamente se distinguen láminas de entre 1000 y 3000 mm. Algunas están bien diferenciadas entre sí con fábrica granodecreciente en cada una de ellas (Fig. 6a). Las partículas dentro de cada lámina poseen muy buena selección desde arena muy fina y limo grueso en la base de cada lámina a limo muy fino y arcilla en el techo. En la parte superior más compacta y con mayor microporosidad se encuentran grietas cuneiformes que se pierden hacia la base de la lámina. Posiblemente estas láminas constituyeron costras superficiales formadas en zonas localmente anegadas. Otro tipo de láminas poseen alternancia de capas de material más fino (arcilla y limo fino) y más grueso (limo grueso y arena fina) pero sin selección interna (Fig. 6b). La falta de selección entre las láminas sugiere que la depositación se produjo durante un régimen de flujo laminar y suavemente turbulento.

A partir de estas observaciones y las mencionadas para otras canteras a partir de observaciones de campo (Frenguelli, 1925; Teruggi e Imbellone, 1987; Blasi et al., 2001) se muestra que durante y/o después de la depositación eólica inicial de los sedimentos de esta zona hubo considerable acción mecánica del agua. Otro hecho que corrobora esta afirmación es la presencia de laminaciones con distinto grado de perfección en los

sedimentos que constituyen el relleno de las megacrotovinas, en este caso ciertamente de carácter postdeposicional.

El estudio micromorfológico ha brindado un aporte sustancial en la verificación de a) procesos pedogenéticos superpuestos de iluviación, hidromorfismo y carbonatación como los observado en los rasgos texturales, amorfos y cristalinos; b) en la identificación de biorasgos como fábrica excremental, pedotúbulos y canales de fundamental importancia en los procesos de bioturbación y c) en la identificación de microestructura laminar, sedirelictos y pedorelictos que aseguran el carácter retrabajado del loess. En los paleosuelos inferiores (unidades D, E y F) hay correspondencia entre la abundancia de rasgos texturales observada macro y microscópicamente. En cambio, en los paleosuelos superiores (unidades B y C) los rasgos texturales relacionados a vacíos son muy escasos en las secciones delgadas, por tanto, la aparente abundancia observada en el campo se debería a superficies de fricción producidas por procesos de vertisolización.

Sucesión suelo-paleosuelos

La sucesión estudiada comienza con el suelo actual al que infrayacen un conjunto de suelos enterrados superpuestos. Los dos superiores pueden separarse en el campo como pertenecientes a unidades distintas por la variación de color, la morfología de las calcretas y abundancia relativa de rasgos de iluviación. En cada una de las unidades los rasgos pedológicos son casi continuos, sin variación gradual de propiedades pedológicas, como ocurre en un suelo normal (suelos complejos, *composite paleosols*). Los tres inferiores poseen identidad pedológica bien definida en la pila sedimentaria (suelos compuestos, *compound paleosols*).

El suelo actual es un Argialbol, con secuencia de horizontes A, E, Bt1, Bt2, BC y C propia de un suelo maduro, desarrollado en la unidad A y con un horizonte C de 50 cm de espesor que constituye el sedimento loessoide original. Esta unidad está separada de la infrayacente por una paleosuperficie de erosión ondulada, irregular y discontinua. Los paleosuelos desarrollados en las unidades B y C forman un conjunto con rasgos pedogenéticos de iluviación, hidromorfismo, carbonatación y bioturbación, que están presentes en forma mas o menos continua, con sólo alguna variación en el grado de expresión que ha permitido separarlos en horizontes. Tampoco se observan en el campo horizontes A y C, por lo que esa sección del perfil muestra una sucesión de horizontes que por sus rasgos de campo han sido considerados iluviales, y en su conjunto constituyen suelos soldados (*welded soils*) según el concepto de Ruhe y Olson (1980). La base de la unidad C correspondería al relleno sedimentario de un paleocauce donde predominan los rasgos hidromórficos. En el techo de la unidad D se encuentra una paleosuperficie de erosión bien marcada que claramente ha eliminado los horizontes superiores del suelo desarrollado en él. A diferencia de los paleosuelos más

superficiales, este paleosuelo, aunque decapitado posee desarrollo definido con variación gradual de las propiedades desde los horizontes iluviales hasta el material originario. Características semejantes presentan los dos paleosuelos que se encuentran en la parte inferior de la sucesión y se desarrollan en las unidades E y F. El piso de la sucesión corresponde a un sedimento altamente modificado por hidromorfismo.

En la literatura clásica y local se ha establecido que el ciclo loess-paleosuelo involucra, dos tiempos, uno de sedimentación y otro de pedogénesis. Es un modelo simple que permite conceptualmente interpretar un momento de inestabilidad del paisaje con más o menos rápida sedimentación de loess y otro de relativa quiescencia registrado por la pedogénesis, seguido a veces por episodios de erosión. Este modelo es fácil de aplicar en un paisaje donde cada episodio está suficientemente separado en tiempo y espacio tal que no exista superposición de procesos pedológicos, y aunque los suelos se encuentren estratificados no hay influencia de las pedogénesis más jóvenes sobre las más antiguas. En nuestro caso este modelo podría aplicarse a los tres paleosuelos inferiores, cuyos perfiles están separados espacialmente con el material originario identificable y decapitados por una superficie de erosión cuya duración no podemos determinar. Estos suelos se habrían desarrollado en un estado del paisaje con aporte sedimentario mínimo y un período de pedogénesis suficiente para desarrollar un suelo maduro semejante al actual. Distinto es el caso de los paleosuelos superiores donde posiblemente existió un aporte sedimentario continuo o discontinuo pero lento, tal que permitió la pedogénesis mientras el paisaje se elevaba acrecionalmente y ésta se producía simultáneamente ó con la superposición de más de un ciclo cuando los sedimentos fueron de escaso espesor. Este modelo discutido conceptualmente a escala global por Bos y Sevick (1975); Johnson y Watson-Stegner (1987); Busacca (1989); McDonald y Busacca (1990), Johnson *et al.* (1990) se aplica adecuadamente en paleosuelos superpuestos de la zona de La Plata (Teruggi e Imbellone, 1987; Blasi *et al.*, 2001).

Los paleosuelos enterrados muestran rasgos pedológicos similares a aquellos del suelo actual de éste perfil y de la región pampeana en general, hecho que sugiere que las condiciones paleoclimáticas durante el espacio de tiempo involucrado en el desarrollo de la sucesión han sido más de grado que de tipo. Tal que, aunque los procesos pedogenéticos habrían sido los mismos, los rasgos observados en los paleosuelos indican que aquellos han actuado con mayor intensidad durante algunos períodos. Este hecho se manifiesta por la débil expresión de rasgos de iluviación, hidromorfismo y carbonatación en los paleosuelos de las unidades B y C, en contraposición con la fuerte expresión de los mismos en los paleosuelos de las unidades D, E y F de éste trabajo y en los paleosuelos inferiores de los perfiles de Hernández y San Pedro (Cumba e Imbellone, en prensa). Las diferencias en el distinto grado de expresión de los procesos pedogenéticos se debería a la variable

relación entre sedimentación y pedogénesis que ocurre en los suelos complejos y los suelos compuestos. El único proceso pedológico que tiene fuerte expresión en todo el perfil es el de bioturbación provocado por la fauna.

El estudio de esta sucesión aporta nuevos datos sobre las características sedimentario-pedológicas de la zona continental NE de la llanura pampeana, que en general concuerdan con los presentados en 1987 por Teruggi e Imbellone validando el modelo presentado en ese trabajo, y enfatiza sobre la posibilidad de utilizar a los paleosuelos y los depósitos ricos en vitroclastos como marcadores estratigráficos.

Agradecimientos. Al Lic. A. Sunesen y al estudiante de Geología A. Martín por la colaboración en tareas de campo, a la Lic. L. Mormeneo por la realización de análisis texturales y al Ing. J. Giménez por la revisión del abstract. Un particular reconocimiento al Dr. Marcelo Zárate y Dra. R. Tófolo que actuaron como revisores por sus enriquecedores comentarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bidegain, J. C., 1998. New evidence of the Brunhes/Matuyama polarity boundary in the Hernandez-Gorina Quarries, north-west of the city of La Plata, Buenos Aires Province, Argentina. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* 11:207-228.
- Bidegain, J. C., 2001. Parámetros magnéticos en una secuencia de loess y paleosuelos del Cenozoico tardío en la cantera de Gorina, La Plata: su relevancia en el estudio de los cambios paleoclimáticos y paleoambientales. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 56:503-516.
- Birkeland, P., 1984. Soils and Geomorphology. Oxford University Press. 372pp.
- Blasi, A., M.A. Zárate y B.M. Kemp, 2001. Sedimentación y pedogénesis cuaternaria en el noreste de la pampa bonaerense. *Revista de la Asociación Sedimentológica Argentina* 8:77-92.
- Bos, R.H.G. y J. Sevink, 1975. Introduction on gradational and pedomorphic features in description of soils. *Journal of Soil Science*: 26:223-233.
- Bullock, P., N. Fedoroff, A. Jongerius, G. Stoops, y T. Tursina, 1985. Handbook for soil thin section description. *Waine Research Publications*. 152 pp. Inglaterra.
- Busacca, A., 1989. Long Quaternary Record in Easter Washington, U.S.A., Interpreted from Multiple Buried Paleosols in Loess. *Geoderma* 45:105-122.
- Catt, J.A., 1990. Paleopedology manual. *Quaternary International* 6:1-95.
- Chlachula, J., N.W. Rutter y M.E. Evans, 1997. A late Quaternary loess-paleosols record at Kurtak, southern Siberia. *Canadian Journal Earth Science* 34:679-686.

**Una sucesión con paleosuelos superpuestos del pleistoceno medio-tardío,
holoceno. Zona sur de La Plata. Provincia de Buenos Aires**

- Cumba, A. y P. Imbellone, 2001. Micromorphology of paleosols at the continental border of the Buenos Aires Province. Argentina. Geofísica Internacional. ISSN 0016-7169. Selected papers of the *VI International Symposium on Paleopedology*. México, 2001.
- Fidalgo, F. y O. Martínez, 1983. Algunas características geomórficas dentro del partido de La Plata. (provincia de Buenos Aires). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 38:263-279.
- Fidalgo, F., 1979. Upper Pleistocene-Recent marine Deposits in Northwestern Buenos Aires (Argentina). En K Sugio, T. Fairemild, L. Martin y J. M. Flexor (Eds). *Proc. Int. Symp. Coastal Evolution in the Quaternary* 384-404. Brasil.
- Fitzpatrick, E., 1996. *Soil Microscopy and Micromorphology*. Wiley & Sons. New York. 304 pp.
- Folk, R., 1954. The distribution between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. *Journal of Geology* 62:344-359.
- Frenguelli, J., 1925. Loess y limos pampeanos. *Anales Sociedad Argentina de Estudios Geográficos*, 1:1-88.
- González Bonorino, F., 1965. Mineralogía de las fracciones arcilla y limo del Pampeano en el área de la ciudad de Buenos Aires y su significado estratigráfico y sedimentológico. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 20:67-148.
- Imbellone, P.A. y M. E. Teruggi, 1987. Discontinuous calcretes in loessic paleosols near La Plata. Argentina. En N. Fedoroff, L. Bresson y M. Courty (Eds.) *Soil Micromorphology Proceeding of the VII International Working Meeting on Soil Micromorphology* 635-630, Paris.
- Imbellone, P., M. E. Teruggi y Mormeneo, L., 1990. Crotovinas en sedimentos cuaternarios del partido de La Plata. *Simposio Internacional sobre loess*. Características, cronología y significado paleoclimático del loess. Actas 166-172.
- Johnson, D.L. y D. Watson-Stengner, 1987. Evolution model on soil genesis. *Soil Science* 143:349-366.
- Johnson, D.L., E.A. Keller y T.K. Rockwell, 1990. Dynamic pedogenesis: New views of some key soil concepts, and a model for interpreting quaternary soils. *Quaternary Research* 33:306-319.
- McDonald, E.V. y A.J. Busacca, 1990. Interaction between aggrading geomorphic surfaces and the formation of a Late Pleistocene paleosol in the Palouse loess of eastern Washington State. *Geomorphology* 3:449-470.
- Morrison, R.B., 1967. Principles of Quaternary soil stratigraphy. En R. B. Morrison y H. E. Wright Jr. (Eds.) *Quaternary Soils*. INQUA, VII Congress, Proc., 9:1-69.
- Mücher, H.J. y J. De Ploey, 1984. Formation of afterflow silt loam deposits and structural modifications due to drying under warm conditions: an experimental and micromorphological approach. *Earth Surface Processes and Landforms* 9:523-531.
- Mücher, H.J. y J. De Ploey, 1990. Sedimentary structures formed in eolian-deposited silt loams under simulated conditions on dry, moist and wet surfaces. En *Soil Micromorphology: A Basic and Applied Science*. Developments in Soil Science 19:155-160.
- Nabel, P., A. Cione y E. Tonni, 2000. Environmental changes in the Pampean area of Argentina at the Matuyama-Brunhes (Clr-Cln) Chrons boundary. *Palaeo*. 162:403-412.
- Pye, K., 1987. *Aeolian Dust and Dust Deposits*. Academic Press, 334pp. Londres.
- Riggi, J.C., F. Fidalgo, O. Martínez y N. Porro, 1986. Geología de los "Sedimentos Pampeanos" en el partido de La Plata. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 41:316-333.
- Ruhe, R.V. y C.G. Olson, 1980. Soil welding. *Soil Science* 130:132-139.
- Simonson, R. W., 1978. A multiple-process model of soil genesis. En: W.C. Mahaney (Ed.), *Quaternary Soils*. Geo Abstracts, 1-25, Norwich.
- Soil Survey Division Staff, 1993. *Soil Survey Manual*. United States Department of Agriculture. Handbook N 18. 4428pp., Washington D.C.
- Soil Survey Staff, 1996. *Keys to Soil Taxonomy*. Natural Resources Conservation Service. 7a. ed. 644pp., Washington D.C.
- Stoops, G., 1986. Multilingual translation of the terminology used in the "Handbook for soil thin section description". *Pedologie* 36:337-348.
- Teruggi, M.E. y P.A. Imbellone, 1987. Paleosuelos loessicos superpuestos en el Pleistoceno superior - Holoceno de la región de La Plata. provincia de Buenos Aires. Argentina. *Ciencia del Suelo* 5:175-188.
- Tonni, E. P. y F. Fidalgo, 1978. Consideraciones sobre los cambios climáticos durante el Pleistoceno tardío-Reciente de la provincia de Buenos Aires. Aspectos ecológicos y zoogeográficos relacionados. *Ameghiniana* 15:235-253.
- Tonni, E. P., P. Nabel, A. Cione, M. Etchichury, R. Tófaló, G. Scillato Yane, J. San Cristóbal, A. Carlini y D. Vargas, 1999. The Ensenada and Buenos Aires Formations (Pleistocene) in a quarry near La Plata, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 12:273-291.
- Valentine, K.W.G. y J. Dalrymple, 1975. Quaternary buried paleosols: a critical review. *Quaternary Research* 6:209-222.
- Wright, V.P., 1992. Paleopedology: stratigraphic relationships and empirical models. En L.P. Martin y W. Chesworth (Eds.) *Weathering, Soils & Paleosols*. Developments in Earth Surface Processes 2: 475-499. Elsevier, Amsterdam.
- Zárate, M.A. y P.A., Imbellone, 1998. Problems and concepts of paleopedology in Argentina. *Quaternary International* 51/52:28-30.