

DISTRIBUCION Y ORIGEN DE SEDIMENTOS LOESSICOS SUPERFICIALES DE LA PAMPA NORTE EN BASE A LA MINERALOGIA DE ARENAS. RESULTADOS PRELIMINARES.

Héctor J.M. MORRAS¹

¹Instituto de Suelos, INTA-CIRN, 1712 Castelar.
E.mail: hmorras@cirn.inta.gov.ar

Resumen: Se analizó la información mineralógica de noventa y dos muestras de arena representativas de horizontes profundos de suelos desarrollados en sedimentos loésicos de la Región Pampeana Norte (provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba), seleccionándose cuatro parámetros (índice cuarzo / feldespatos + vidrio; % de pesados totales; % de piroxenos; % de micas), sobre la base de las variaciones cuantitativas observadas y de su valor como indicadores sedimentológicos. Los datos mineralógicos de cada uno de los sitios fueron representados cartográficamente, delimitándose así sectores cuantitativamente diferenciados para cada uno de los parámetros utilizados. Finalmente se construyó un mapa sintético que integra la información de los distintos parámetros y que permite diferenciar tres áreas de distinta composición. Hacia el oeste de la región estudiada (área A) el material loésico se caracteriza por la mayor proporción de plagioclasas, vidrio volcánico y piroxenos, así como también un mayor contenido de pesados totales que las otras áreas; esta composición se corresponde con una asociación volcánico-piroclástica de origen andino. Por el contrario, hacia el este aparece delimitada una franja que bordea el río Paraná y el río de la Plata, y que se halla caracterizada por mayores proporciones de cuarzo, menor proporción de piroxenos y un menor tenor de minerales pesados; por las características mineralógicas así como por su localización, el origen de gran parte de los componentes de la fracción arena de esta franja se lo considera relacionado con aportes de la cuenca del Paraná. Por otro lado, diferencias en la proporción de micas dentro de esta franja que bordea el eje fluvial, permiten además distinguir allí dos áreas: en el noreste de Buenos Aires (área "B"), los porcentajes de micas son bajos y similares a aquellos del área "A"; en cambio, en el sureste de Santa Fe y una pequeña porción del NE de Buenos Aires (área "C"), el porcentaje de estos minerales es notoriamente mayor, lo que indicaría la existencia de aportes provenientes de las Sierras Pampeanas. Estos resultados derivados del análisis mineralógico de la fracción arena contribuyen a poner en relieve el origen múltiple de los materiales y sugieren una gran complejidad de los procesos vinculados con el transporte y deposición de los sedimentos loésicos superficiales en la Pampa Norte. Por otro lado, la evidente heterogeneidad composicional del material parental de los suelos constituye un elemento fundamental a ser tenido en cuenta en la interpretación de los procesos de formación y diferenciación pedológica que han actuado en esta región.

Palabras clave: Pampa Norte, loess, suelos, fracción arena, mineralogía

Key words: Northern Pampa, loess, soils, sand fraction, mineralogy

EXTENDED ABSTRACT

Distribution and origin of surface loessic sediments of Northern Pampa based on sand mineralogy. Preliminary results.

Mineralogical information about the sand fraction (62-246 μm), available at the Institute of Soils of INTA-Castelar, was analyzed by selection of 92 representative samples of deep (BC or C) horizons of soils from the Northern Pampa Region developed on loessic ma-

terials. On the basis of the observed quantitative variations and their common usage as sedimentological indicators, four mineralogical parameters were selected: quartz / feldspar + glass index; % heavy minerals; % pyroxenes; and % micas (Table 1). These parameters were then used to differentiate and cartographically group the data into sectors using prior information in the literature and statistical techniques (Figures 1 to 4). Finally a map was developed that integrates the information for the surficial sediments (Figure 5).

Area A, located in the western portion of the region, occurs north of Buenos Aires, southwest of Santa Fe,

Recibido: 19 de septiembre de 2002
Aceptado: 21 de mayo de 2003

and south east of Córdoba. This area is characterized by a high relative proportion of volcanic glass and feldspars [index $(Q / F + V) \cdot 100$, less than 30], a high content of pyroxenes (more than 16 %), and a high percentage of total heavy minerals (more than 12 %).

A strip towards the east that borders the Paraná River and the de la Plata River is characterized by higher proportions of quartz and lower proportions of pyroxenes and heavy minerals than the soils in area A. Furthermore the differences observed in the proportion of micas within this strip, which borders the fluvial axis, can be differentiated into two areas. In the first one northeast of Buenos Aires, area B, the percentages of mica are relatively low (less than 7 %) and similar to those in the area A. Conversely, an area southeast of Santa Fe and a small part NE of Buenos Aires, area C, has a markedly higher proportion of micas (more than 7 %) than area B.

The mineralogical association dominant in area A coincides in general with classical Pampean loess that has been characterized by several authors. The high proportion of plagioclases, volcanic glass, and pyroxenes suggests a volcanic-pyroclastic association of Andean origin. Besides direct eolian contribution of ashes, recent work suggests diverse stages of fluvial and eolian transport of the materials until their sedimentation in the Pampean plain.

In areas B and C near the Paraná - de la Plata Rivers, sand characteristics may be differentiated from those in area A by variation in sedimentary origin. The lower content of volcanoclastic minerals and total heavy minerals may be related to a relative diminution of the Andean contributions due to the great distance from the source and the occurrence of preferential selection during transport. Secondly due to the proximity of areas B and C to the Paraná - de la Plata axis, a significant component of the sand fraction may be derived from the Paraná Basin. The quartz and heavy minerals contents are similar to the characteristics of the sediments of the alluvial plain of this fluvial system. Although the processes of supply of these materials to the surficial sediments of the Undulating Pampa are not obvious, one possibility is eolian re-distribution of the sediments of the Paraná's fluvial plain, particularly during the dry periods of the recent Quaternary.

The relatively high mica content southeast of Santa Fe, area C, may be due to contributions from the local Pampean Sierras, possibly moved by fluvial transport along the Carcarañá River and redistribution by wind. Thus, the sediments in area C may well be a mixture of materials from three sources resulting in a compositional complexity that coincides with the complexity of the geomorphological processes active in this region. Nevertheless, there is a minority of samples and profiles in this strip near the fluvial axis (areas B and C) with a composition more similar to those of area A, and thus, to the classical Pampean loess of Andean provenance. The great compositional heterogeneity of this

strip, in addition to the contrast in mica content between areas B and C, is clearly evidenced by statistically greater coefficients of variation for the characteristics of the sand fraction. Vertical and horizontal heterogeneities suggest the existence of distinct areas with varying contributions from the possible various sources.

Our conclusions, derived from the mineralogical analysis of the sand fraction, substantiate a multiple origin for the sediments and suggest a great complexity of processes responsible for the transport and deposition of surficial loessic sediments in the Northern Pampa.

INTRODUCCION

El material parental de los suelos de la Pampa Norte y, en particular de la subregión de la Pampa Ondulada, está constituido fundamentalmente por loess y limos loésicos del Pleistoceno Tardío-Holoceno. Generalmente se considera que (salvo los contenidos de vidrio volcánico) estos sedimentos superficiales son mineralógicamente homogéneos (Imbellone y Teruggi, 1993), particularmente en lo concerniente a la composición de la fracción arcilla (Scoppa, 1976; Moscatelli, 1991). Sin embargo, diversas evidencias mineralógicas y geoquímicas sugieren que en los sedimentos loésicos de esta área podrían reconocerse diferentes composiciones en relación con aportes de distinta procedencia (Morrás, 1997, 1999; Zárate, 2002).

En este sentido, estudios mineralógicos de la fracción arena, y en particular los trabajos realizados por Bertoldi de Pomar (1969) y Etchichury *et al.* (1988; 1997a,b) en las provincias de Santa Fe y Buenos Aires, han mostrado la existencia de variaciones espaciales cuantitativas de ciertos componentes de esta fracción, aún cuando ha diferido en ciertos casos la interpretación sobre el origen de las mismas.

En consecuencia, con el propósito de contribuir al conocimiento de los materiales sedimentarios superficiales de la Pampa Norte, en este trabajo se ha realizado un primer análisis de conjunto de algunos datos mineralógicos de la fracción arena, disponibles en el Instituto de Suelos del INTA de Castelar.

MATERIAL Y METODOS

Los análisis mineralógicos utilizados fueron efectuados por J. Remiro y M. Etchichury en el Museo de Ciencias Naturales B. Rivadavia entre los años 1966 y 1973, por encargo del INTA como parte de las tareas del Plan Mapa de Suelos de la Región Pampeana. Estas determinaciones se ejecutaron sobre la fracción arena comprendida entre 62-246 μm , separada con bromoformo en sus fracciones pesada y liviana.

Distribución y origen de sedimentos loessicos superficiales de la pampa norte en base a la mineralogía de arenas. Resultados preliminares.

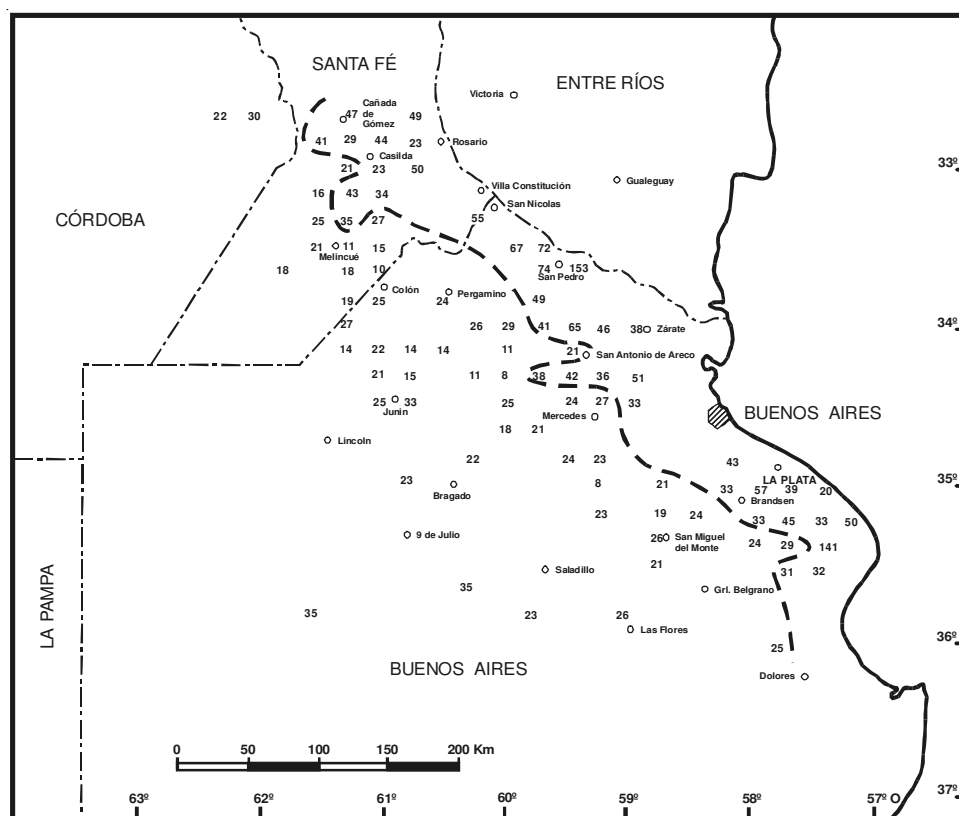


Figura 1: Valores del índice [(C/F+V).100] representados cartográficamente. La línea de trazos permite distinguir dos áreas con valores diferentes del índice de minerales livianos.

Figure 1: Values of the index [(C/F+V).100] represented cartographically. The line of dashes delineates two areas distinguished by different values for the index of light minerals.

Para los objetivos de este trabajo, las muestras analizadas fueron en principio agrupadas según su ubicación en las cartas topográficas (planchetas) del Instituto Geográfico Militar en escala 1:50.000, identificándose así todas aquellas cartas que contaban al menos con un análisis mineralógico. Hecho esto, se compararon los datos mineralógicos y se eligió una muestra representativa de cada una de las planchetas, de preferencia correspondiente a un horizonte de profundidad (BC o C). De este modo se seleccionaron un total de 92 muestras, correspondientes a otras tantas cartas (o sitios) del norte de la región pampeana, que abarcan la Pampa Ondulada y sectores circundantes de la Pampa Arenosa y la Pampa Deprimida.

Al mismo tiempo, y de acuerdo a este análisis comparativo, se seleccionaron algunos parámetros que evidenciaban variaciones cuantitativas significativas entre muestras ubicadas en distintos sectores. Los parámetros mineralógicos fueron asimismo elegidos teniendo en cuenta su valor como indicadores de proveniencia de los materiales, así como antecedentes de la literatura que mostraban la existencia de variaciones espaciales de los mismos, relacionadas con diferentes fuentes de aporte. De este modo se seleccionaron finalmente cuatro parámetros: la relación cuarzo/feldespatos+vidrio [(C/F+V) 100], el porcentaje

total de minerales pesados, el porcentaje de micas y el porcentaje de piroxenos.

A continuación, los datos correspondientes a cada uno de los cuatro parámetros seleccionados fueron volcados en un mapa del área estudiada en escala aproximada 1:3.800.000, en el cual se hallaba representado el gráfico de unión de las hojas topográficas del IGM; dado la pequeña escala cartográfica del mapa de conjunto, así como el carácter "representativo" del dato elegido para cada plancheta, los datos de cada uno de los parámetros fueron ubicados en el centro de cada una de estas (Figs. 1-4).

Una vez realizada esta tarea, en cada uno de los mapas se trazaron líneas entre valores contrastantes de los datos, delimitándose así sectores cuantitativamente diferenciados para cada uno de los parámetros mineralógicos. Es de mencionar que dentro de las zonas individualizadas se presentan también algunos valores "anómalos", notoriamente mayores o menores que los del entorno cercano. Los criterios de interpolación y delimitación, explicitados para cada caso más adelante, se basaron en el análisis estadístico de los datos, en la consideración de diferencias mínimas entre datos contiguos, en antecedentes de la literatura y en la interpretación de los resultados aquí obtenidos.

Finalmente, habiéndose observado una cierta coincidencia entre las líneas delimitantes de sectores para cada uno de los parámetros, se efectuó un trazado y delimitación final que constituye una aproximación sintética de las características de las áreas mineralógicas identificadas (Fig. 5).

RESULTADOS

La información analizada y volcada a los mapas, si bien evidencia asociaciones mineralógicas semejantes en todas las muestras, pone también en relieve ciertas variaciones cuantitativas significativas de algunos minerales de las fracciones liviana y pesada.

Minerales livianos. Índice C/F+V

Estudios de suelos efectuados en el norte de la provincia de Santa Fe, correspondiente a la región del Chaco Meridional, revelaron variaciones de sentido oeste-

este en las proporciones relativas de los minerales de la fracción liviana, con incrementos hacia el este del contenido de cuarzo y la disminución correlativa de los feldespatos y el vidrio (Morrás, 1978; Morrás y Delaune, 1981, 1985). Asimismo, en algunos de los perfiles analizados se constataron diferencias entre horizontes de un mismo perfil en el contenido relativo de esos componentes. Esas variaciones horizontales y verticales fueron atribuidas a la existencia en la región de materiales sedimentarios de distinto origen y composición: aquellos más ricos en cuarzo correspondían a materiales aportados por el río Paraná, provenientes del escudo brasileño, en tanto los materiales con mayores contenidos de vidrio y feldespatos se correspondían con aportes de las fuentes del oeste, esto es de los Andes y de las Sierras Pampeanas. De este modo se propuso el índice cuarzo/feldespatos+vidrio (C/F+V, en el que F incluye plagioclasas y feldespatos potásicos) como parámetro para diferenciar discontinuidades litológicas en los sedimentos superficiales de la región (Morrás, 1978, 1983; Morrás y Delaune, 1981).

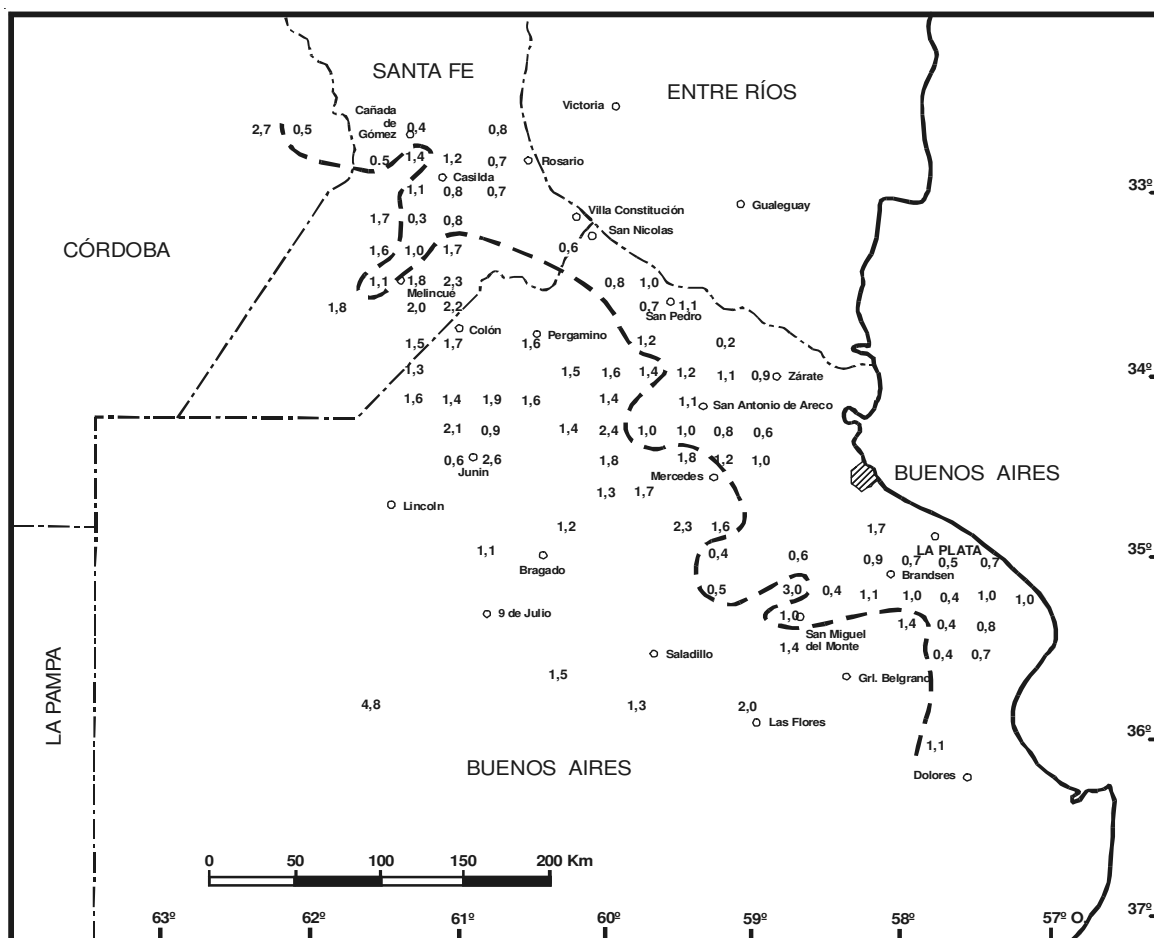


Figura 2: Porcentaje de minerales pesados totales. La línea de trazos interpolada permite diferenciar áreas con distinta proporción de minerales pesados.

Figure 2: Percentage of total heavy minerals. The interpolated line delineates areas differentiated by proportions of heavy minerals.

Distribución y origen de sedimentos loessicos superficiales de la pampa norte en base a la mineralogía de arenas. Resultados preliminares.

Otros autores observaron asimismo en los sedimentos de la región Pampeana variaciones horizontales y/o verticales en las proporciones de los constituyentes de la fracción liviana de la arena, atribuyéndolas a la existencia de aportes de materiales de distintas fuentes. En el caso de la provincia de Santa Fe, Bertoldi de Pomar (1969) constató mayores contenidos de vidrio volcánico y de plagioclasas en el oeste de la provincia, en tanto en el este, con suelos evolucionados sobre materiales procedentes del macizo brasileño, el vidrio es notoriamente escaso o está ausente y los feldespatos potásicos son más abundantes que las plagioclasas. Asimismo, de Orellana y Bertoldi de Pomar (1969) señalan que las fracciones arenosas de los suelos de la llanura aluvial del Paraná Medio están constituidas esencialmente por cuarzo.

En la provincia de Buenos Aires, en los sedimentos del litoral sudeste bonaerense, considerados en su momento como representativos del conjunto de los sedimentos loésicos pampeanos, Teruggi (1957) constató la dominancia de plagioclasas y la baja proporción de cuarzo. Por su parte, Etchichury et al. (1988) en un estudio de depósitos superficiales que abarca la mayor parte de la provincia, observan asimismo una dominancia de feldespatos en general y de plagioclasas en particular; estos autores señalan sin embargo que al nordeste de la localidad de Mercedes se observa un significativo incremento del cuarzo y una disminución de los feldespatos, lo que vinculan con aportes del cratón de Brasilia. González Bonorino (1965, 1966) en sus trabajos sobre el área metropolitana y el NE de Buenos Aires considera que las plagioclasas son de origen volcánico y gran parte de los feldespatos potásicos son de este mismo origen y/o provienen de las Sierras Pampeanas. Si bien en su división estratigráfica del

Pampeano, la Zona I (superior) está caracterizada por una mayor proporción de plagioclasas que la Zona II (inferior), de hecho puede observarse que en la porción más superficial de la columna el cuarzo es frecuentemente más abundante que las plagioclasas, en tanto el vidrio es relativamente escaso (subzona I.a); considerando la totalidad del perfil, según este autor la relación cuarzo / plagioclasa disminuye desde la costa del Río de La Plata hacia el interior del continente. Por su parte Riggi et al. (1986) en excavaciones en la localidad de La Plata, y siguiendo el esquema de Gonzalez Bonorino, observan también una dominancia de cuarzo sobre plagioclasas en los niveles más superficiales de la Zona I.

Estos antecedentes relativos a la región pampeana coinciden con las variaciones de los minerales livianos observadas en el sur de la región chaqueña. En consecuencia, con el fin de evaluar e integrar las variaciones mineralógicas espaciales en nuestro sector de estudio ubicado en el ámbito pampeano, se utilizó también la relación cuarzo/feldespatos + vidrio; en este caso, y a los efectos de la mejor representación cartográfica de los valores, el índice utilizado fue $[(C/F+V).100]$.

Los resultados obtenidos permitieron constatar un evidente incremento del índice hacia el este de la región estudiada. El análisis estadístico de los datos revela un valor medio del índice de 32,5 (Tabla 1); considerando como criterio el valor de la media así como, en base a los valores y variaciones observadas, diferencias superiores a un 25% entre vecinos próximos, se seleccionó el valor 30 del índice para trazar el límite entre dos sectores de diferente composición (Fig. 1). De este modo se identificaron dos poblaciones, la situada al oeste con valores del índice menores (media 21,4) y la situada al este con valores mayores (media 48,0) (Tabla 1).

Parámetros	Población	N	Rango min.-max.	X	DS	CV
(C/F+V)100	Total	91	8-153	32,5	22,1	67,8
	Oeste	53	8-35	21,4	6,3	29,5
	Este	38	20-153	48,0	26,6	55,5
Pesados	Total	92	0,2-4,8	1,2	0,7	55,3
	Oeste	40	0,6-4,8	1,8	0,7	38,0
	Este	52	0,2-1,7	0,8	0,3	40,0
Piroxenos	Total	90	1-45	16,1	9,7	60,3
	Oeste	46	12-45	23,9	6,5	27,2
	Este	44	1-16	7,9	4,1	52,4
Micas	Total	92	0-20	3,5	3,9	111,8
	Suroeste	52	0-5	1,4	1,1	80,5
	Transición	27	0,5-9	3,7	2,3	63,4

Tabla 1: Datos estadísticos de los parámetros mineralógicos para el conjunto de valores y para cada una de las áreas identificadas. n: número de individuos; rango: valores extremos máximo y mínimo; X: media; DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variación. En el caso de las micas, para el análisis estadístico los recuentos porcentuales inferiores a la unidad identificados en la Fig. 4 con una X, fueron considerados equivalentes a 0,5 %.

Table 1: Statistical data for the mineralogical parameters for the group of values and for the identified areas. n: number of individuals; range: maximum and minimum extreme values; X: mean; DS: standar deviation; and CV: coefficient of variation. In the case of micas, values inferior to the unit, identified in Figure 4 with X's, were considered equivalent to 0.5% in the statistical analysis.

Por otro lado, puede también constatarse un mayor coeficiente de variación en las muestras situadas en el sector Este.

Minerales pesados totales

De acuerdo a Bertoldi de Pomar (1969), la franja oriental de la provincia de Santa Fe, paralela al río Paraná, se caracteriza por el escaso contenido de minerales pesados, generalmente menor al 1% de la fracción arena. Asimismo, Etchichury et al. (1997a), señalan que en la provincia de Buenos Aires el contenido de minerales pesados decrece de oeste a este, con contenidos menores a 1% en una franja de unos 60-100 km de ancho paralela al eje fluvial Paraná-de la Plata y al litoral este de la provincia.

Estos bajos contenidos de minerales pesados en la franja "ribereña" se corresponden con la escasa proporción de los mismos en la llanura aluvial del río Paraná. Así, Bertoldi de Pomar (1961) y de Orellana y Bertoldi de Pomar (1969) señalan un muy pobre contenido de éstos en la llanura aluvial del Paraná Medio, en tanto Altinier et al. (2002) encuentran en la fracción arena de los suelos del Delta menos de 0,9 % de pesados totales.

En nuestro caso, una observación rápida de la distribución espacial de los valores permite constatar que en el oeste del sector estudiado el porcentaje de minerales pesados es claramente superior al determinado en la zona próxima al eje fluvial Paraná – de la Plata (Fig. 2). El análisis estadístico del conjunto de los datos indica una media de 1,2 % (Tabla 1). En consecuencia, tomando en cuenta los antecedentes arriba señalados, el valor de la media obtenida y la existencia de diferencias notorias entre vecinos próximos, se eligió un valor de 1,2 % para trazar el límite entre áreas de mayor y menor proporción de minerales pesados (Fig. 2). De esta manera, puede constatarse que la población situada al oeste de la línea interpolada presenta una media de 1,8 %, en tanto la población situada al este presenta una media de 0,8 % de minerales pesados. En este caso los coeficientes de variación son similares entre ambas poblaciones de datos (Tabla 1).

Piroxenos

En los sedimentos pampeanos los piroxenos constituyen una porción importante de los minerales transparentes de la fracción pesada. De acuerdo a Teruggi (1957), en estos sedimentos los piroxenos, casi tan abundantes como los anfíboles, derivan sin duda de vulcanitas dado que las rocas plutónicas piroxénicas son escasas en Argentina. Bertoldi de Pomar (1969) señala que en los suelos de la provincia de Santa Fe gran parte de anfíboles y piroxenos son evidentemente de origen volcánico. Del mismo modo, Etchichury et al. (1997a) indican que en los suelos bonaerenses los piroxenos se presentan como cristales bien desarrollados, sin desgastar, frecuentemente incluidos en vidrio o con restos de pastas de vulcanitas adheridos, observándose los contenidos mínimos en las

proximidades de la costa. En el sur de la región Chaqueña, si bien el contenido de piroxenos encontrado fue reducido, se constató asimismo una disminución hacia el este en dirección al río Paraná (Morrás y Delaune, 1985).

Para el área aquí estudiada, se observó asimismo que ciertas especies tales como la augita y el hipersteno presentaban variaciones cuantitativas significativas con gradiente este-oeste. En consecuencia, teniendo en cuenta el origen mayoritariamente volcánico atribuido a los piroxenos de estos sedimentos, así como los gradientes observados por diversos autores, se utilizó la suma de estos minerales (augita, augita titanífera e hipersteno) como criterio de diferenciación. Una vez los valores volcados al mapa se constató un contraste marcado entre valores vecinos a lo largo de una línea aproximadamente paralela al eje fluvial. El análisis estadístico indica una media de 16,1 % para el conjunto de los datos (Tabla 1). Tomando en cuenta el valor de la media así como la presencia de diferencias marcadas (superior a 30 %) entre datos vecinos, se utilizó un contenido de 16 % de piroxenos como valor delimitativo entre zonas de distinta composición (Fig. 3).

Los resultados obtenidos permiten constatar que en el sector Oeste el valor medio de piroxenos es de 23,9 %, en tanto en el sector Este la media desciende a 7,9 %. Asimismo el coeficiente de variación es claramente mayor en este sector oriental.

Micas

De acuerdo a Bertoldi de Pomar (1969), las micas son frecuentes en gran parte de los suelos de la provincia de Santa Fe: biotita y muscovita en conjunto son más abundantes en la franja occidental de la provincia, lo que se relaciona con su procedencia de la Sierras Pampeanas. Morrás y Delaune (1985) observaron también una proporción importante así como variaciones cuantitativas y cualitativas de las micas en el norte de esa provincia, tanto en sentido oeste-este como nort-sur, las que relacionan con las distintas fuentes de aporte de los sedimentos. En el sureste de la provincia de Córdoba la fracción pesada de los suelos se distingue asimismo por la presencia de micas (Baamonde, 1973). Por el contrario, en la provincia de Buenos Aires, distintos trabajos indican que tanto la biotita como la muscovita se encuentran de manera solo ocasional (Teruggi, 1957; Baamonde, 1973; Etchichury et al., 1997a).

Para el caso del sector aquí estudiado, se observó también que en la provincia de Buenos Aires el conjunto de biotita más muscovita se halla en escasa cantidad, en muchos casos en proporciones no cuantificables. Sin embargo, pudo constatarse la existencia de un área en el sureste de la provincia de Santa Fe, en la que el contenido de micas (tanto biotita como muscovita, pero con predominio de esta última) es notoriamente elevado. A su vez, este sector se halla circundado por un cinturón con contenidos intermedios respecto a los reducidos valores presentes hacia el sur del sector.

Distribución y origen de sedimentos loessicos superficiales de la pampa norte en base a la mineralogía de arenas. Resultados preliminares.

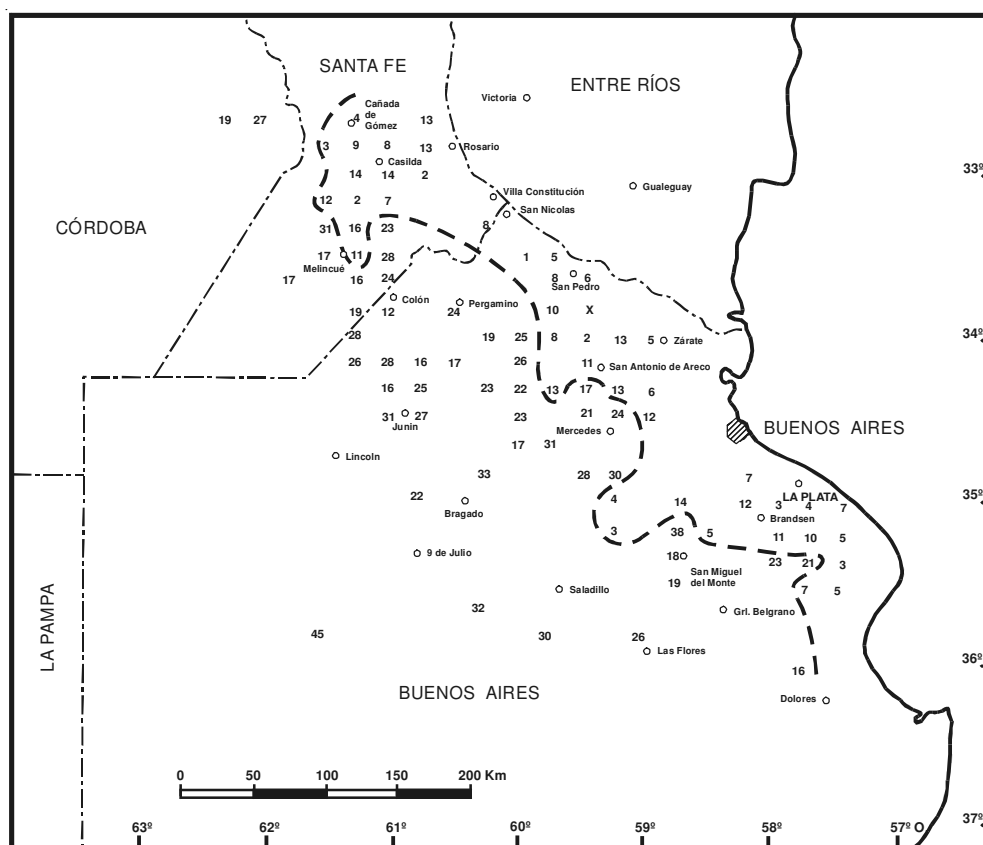


Figura 3: Porcentaje de piroxenos (augita + hipersteno). Pueden distinguirse dos áreas con diferente proporción de piroxenos separadas por la línea de trazos.

Figure 3: Percentage of pyroxenes (augite + hypersthene). Two areas can be distinguished by different proportions of pyroxenes

De acuerdo a estas observaciones, que se reflejan en el elevado coeficiente de variación del conjunto (Tabla 1), en este caso se diferenciaron tres áreas. Además del criterio de diferencias evidentes entre vecinos próximos, para trazar el límite entre el sector pobre en micas y el sector con contenidos intermedios se utilizó un valor de 3 %, cercano a la media estadística del conjunto de los datos (Tabla 1). Por otro lado, para circunscribir el sector más rico en micas se eligió un valor de 7 %, cercano al promedio de las medias de cada una de las áreas yuxtapuestas (Fig. 4). De este modo, el análisis estadístico muestra que el valor medio en el área meridional (que incluye parte de la Pampa Arenosa y de la Pampa Deprimida) es de 1,4 %, en el cinturón intermedio (que abarca parte de la Pampa Ondulada) el valor de la media es de 3,7 %, en tanto la media asciende a 11,4 % en el sector más septentrional. A diferencia de los parámetros anteriores, el coeficiente de variación es menor en este sector vecino al Paraná más rico en micas.

Mapa sintético mineralógico

La representación cartográfica de los parámetros mineralógicos utilizados permitió establecer áreas de distinta composición, observándose además una coincidencia notable en la ubicación espacial de los con-

trastes cuantitativos y consecuentemente en el trazado de las líneas delimitantes. Como resultado, se construyó un mapa sintético que integra la información de los distintos parámetros y que nos permite diferenciar tres áreas de distinta composición y origen de los sedimentos superficiales (Fig. 5).

La primera de ellas, el área "A" ubicada hacia el oeste de la región estudiada, abarca el norte de Buenos Aires, suroeste de Santa Fe y sureste de Córdoba. Este área se caracteriza por tener un índice $[(C/F+V) 100]$ inferior a 30 (es decir con una mayor proporción relativa de vidrio volcánico y feldespatos), una proporción de piroxenos superior al 16 %, un total de minerales pesados superior al 1,2 % y una proporción de micas inferior a 7 %.

Por otro lado aparece delimitada hacia el este una franja que bordea el río Paraná y el río de la Plata, y que se halla caracterizada por mayores proporciones de cuarzo (índice $[(C/F+V) 100] > 30$), menor proporción de piroxenos ($< 16\%$) y un menor tenor de minerales pesados ($< 1,2\%$). Además, las diferencias en la proporción de micas observada dentro de esta franja "ribereña", permite distinguir allí dos áreas. En la primera de ellas en el noreste de Buenos Aires (área "B"), los porcentajes de mica son bajos ($< 7\%$) y similares a

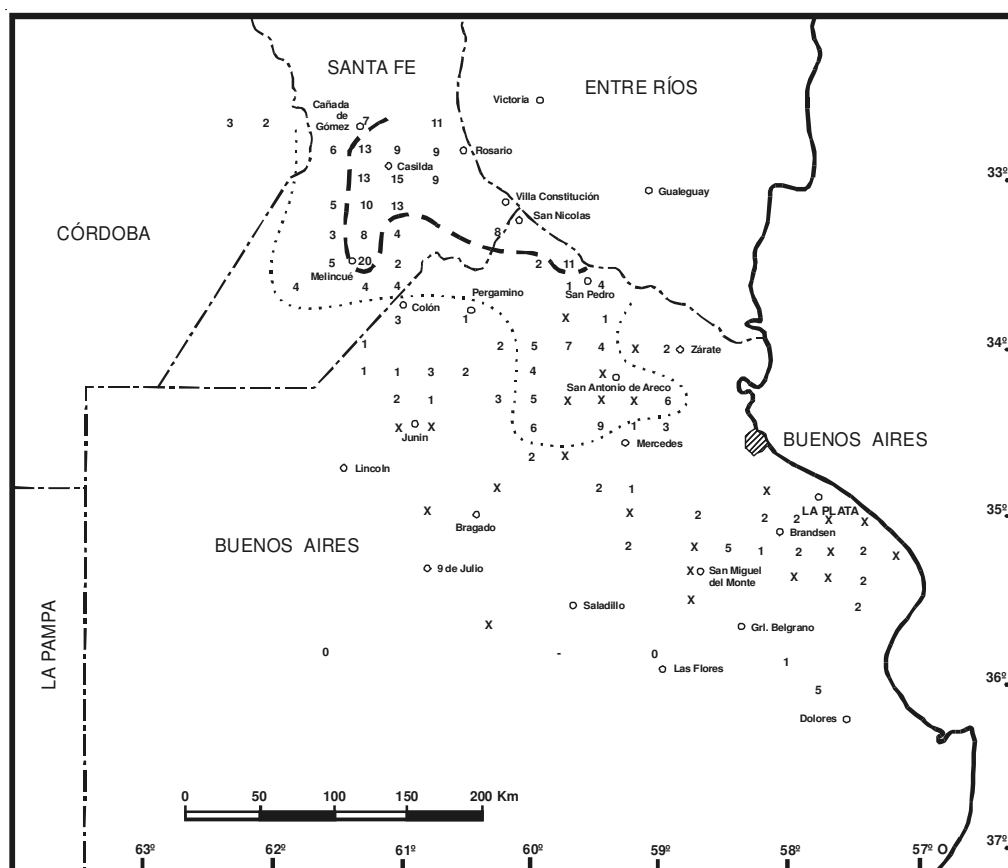


Figura 4: Porcentaje de micas (biotita + muscovita). Pueden observarse tres áreas con diferente contenido de micas separadas por línea de trazos y línea de puntos. Los sitios indicados con una X corresponden a valores inferiores a la unidad (vestigios).

Figure 4: Percentage of micas (biotite + muscovite). Three areas can be distinguished by different mica contents. The sites marked with an X correspond to values which are inferior to 1%.

aquellos del área "A". Por el contrario, en el sureste de Santa Fe y una pequeña porción del NE de Buenos Aires (área "C"), se presenta una proporción notoriamente mayor de micas (>7 %). A efectos de simplificación, en este esquema no se ha considerado el sector transicional de micas señalado anteriormente.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los sedimentos loésicos superficiales de la llanura pampeana corresponden estratigráficamente al denominado "bonaerense" o Fm Buenos Aires; esta unidad ha sido denominada Fm Tezanos Pinto en Santa Fe y Entre Ríos (Iriondo, 1987; Iriondo y Khröling, 1996). En algunos sectores ésta se encuentra cubierta parcialmente por sedimentos "postpampeanos"; así, este loess "bonaerense" constituye, solo o junto con los sedimentos eólicos "postpampeanos" el material originario de los suelos "zonales" de la región (Pereyra, 2000) o, utilizando el concepto de Iriondo y Khröling (1996) del suelo "hyposothermal".

Si bien inicialmente estos sedimentos loésicos se consideraron provenientes exclusivamente de los Andes y el norte de la Patagonia, diversas evidencias mineralógicas y geoquímicas, han mostrado una heterogeneidad composicional que indican la existencia de diversas fuentes de aporte (Morrás, 1997, 1999; Zárate, 2002). Los resultados obtenidos en este trabajo, procesando los datos de algunos parámetros mineralógicos de la fracción arena, permiten delimitar diversas áreas con características composicionales específicas que confirman la procedencia múltiple del material parental de los suelos de la Pampa Norte.

En primer lugar, la asociación mineralógica dominante en el área A se corresponde en general con las del clásico loess pampeano que ha sido caracterizado por diversos autores: la mayor proporción de plagioclasas, vidrio volcánico y piroxenos se corresponde con una asociación volcánico-piroclástica de origen andino (Teruggi, 1957; González Bonorino, 1965; Etchichury *et al.*, 1988; 1997a; 1997b). Además del aporte directo por lluvias de cenizas, trabajos recientes sugieren diversas etapas de transporte fluvial y eólico de los materiales hasta su sedimentación en la llanura pampeana

Distribución y origen de sedimentos loessicos superficiales de la pampa norte en base a la mineralogía de arenas. Resultados preliminares.

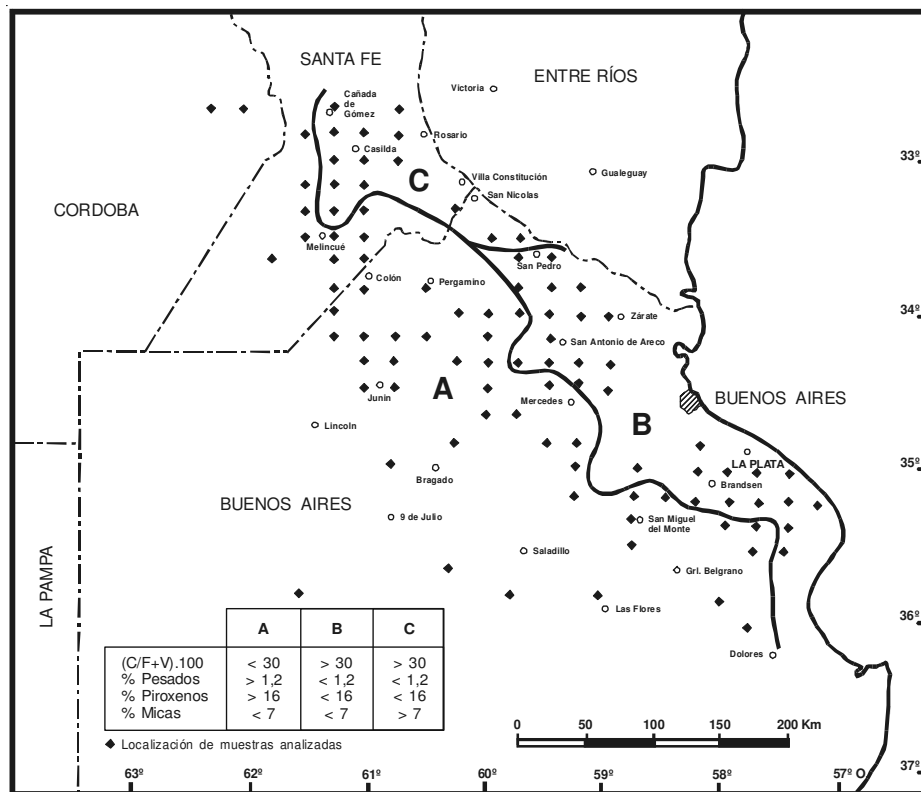


Figura 5: Mapa sintético resultante de la integración de las diferencias mineralógicas observadas en las figuras 1 a 4. La tabla incluida en la figura resume las características composicionales de las tres áreas identificadas (A, B, C). Los puntos indican la localización aproximada de las muestras estudiadas.

Figure 5: Composite map resulting from the integration of the mineralogical differences observed in Figures 1 to 4. The table included in the figure summarizes the compositional characteristics of the three areas distinguished (A, B, C). The points indicate the approximate location of the samples studied.

(Iriondo, 1990; Iriondo y Kröhling, 1996; Zárata y Blasi, 1993; Zárata, 2002)

Por su parte, la franja paralela a los ríos Paraná-de la Plata que se extiende desde un poco al norte de Rosario hasta la Bahía de Samborombón (áreas B y C), presenta características diferenciadas del sector anterior, entre ellas el menor contenido de trizas volcánicas. Debe señalarse que los menores contenidos de vidrio en los materiales del sector cercano al Río Paraná han sido considerados por algunos autores debidos a procesos de alteración química y/o física (Teruggi e Imbellone, 1983; Etchichury *et al.*, 1997b) o producidos por una remoción mecánica diferencial (Marengo *et al.*, 2002). Sin embargo, en nuestra interpretación, la menor proporción no solamente de vidrio sino también de otros minerales de origen volcánico así como el menor contenido de los pesados totales y la modificación en las proporciones relativas de los mismos podría adjudicarse a varias causas concurrentes, estrictamente sedimentarias.

En primer lugar, el menor contenido de minerales volcániclasticos así como de minerales pesados totales, puede relacionarse a una disminución relativa de los aportes andinos a causa de la distancia de las fuentes de origen y del proceso de selección durante el trans-

porte.

En segundo lugar, por las características mineralógicas así como por su localización, el origen de gran parte de los componentes de la fracción arena de esta franja se lo considera relacionado con aportes de la cuenca del Paraná. El incremento relativo del cuarzo y la baja proporción de pesados totales se puede relacionar con las características de los sedimentos de la llanura aluvial de ese sistema fluvial. Además, el cortejo de los minerales pesados de las muestras de esta franja, si bien no ha sido cuantificado en este trabajo, evidencia un ligero incremento entre otros de las proporciones de turmalina y zircón, lo que sugiere la existencia de aportes provenientes del cratón de Brasilia (Bertoldi de Pomar, 1969; Arens, 1969). Esta interpretación se corresponde con los resultados y las conclusiones parciales de diversos autores, los que en conjunto indican la existencia de una franja de influencia fluvial desde al menos el norte de Santa Fe hasta la Pampa Baja en la provincia de Buenos Aires (Bertoldi de Pomar, 1969; Morrás y Delaune, 1985; González Bonorino, 1965, 1966; Etchichury *et al.*, 1988, 1997b; Blasi *et al.*, 2001). Si bien no resultan claros los procesos de aporte de estos materiales en los sedimentos superficiales de la Pampa Ondulada, en principio

puede suponerse una redistribución eólica de los sedimentos de la llanura aluvial del Paraná, en particular durante períodos más secos y de aguas más bajas del Cuaternario más reciente. Otras dos posibilidades son mencionadas por Zárate (2002): los cursos fluviales que atraviesan la Pampa Ondulada han excavado sedimentos del Ensenadense originados en la cuenca del Paraná, por lo que podría asumirse la deflación y mezcla de estos con otros aportes en superficie; otra fuente eventual podrían ser también los afloramientos de rocas ígneas y metamórficas presentes en la cercana margen uruguaya del Río de la Plata.

En tercer lugar, el incremento de micas en el sureste de Santa Fe y la consecuente individualización del área C, puede relacionarse a la existencia en este sector de aportes de las Sierras Pampeanas, quizás transportados por vía fluvial por el río Carcarañá y luego redistribuidos eólicamente. Bertoldi de Pomar (1961) destaca la notable abundancia de micas en arenas del Río Carcarañá. Estudios realizados por el IEIFAG (1937) señalaban que la roca madre de los suelos de esta área de Santa Fe se halla posiblemente vinculada a las sierras de Córdoba. Bertoldi de Pomar (1969), señala también que en los suelos del sector occidental de la provincia de Santa Fe se presentan materiales procedentes de las sierras de Córdoba caracterizados por elevados contenidos de micas, en particular biotita. Krhöling (1999, 2000) indica que en la fracción arena muy fina del loess del sur de Santa Fe existe una proporción de minerales provenientes del basamento cristalino de las Sierras Pampeanas, transportados y depositados por acción fluvial; en perfiles próximos al río Carcarañá esta autora reconoce una mayor contribución serrana, aunque en este caso por la mayor presencia de cuarzo y feldespatos. Estudios geoquímicos sugieren también la presencia en este sector de aportes sedimentarios provenientes de las Sierras (Morrás *et al.*, 1998; Morrás, 1999; Morrás y Cruzate, 2002). La existencia de una orla con contenidos intermedios de micas parecería también indicar una dispersión de sedimentos a partir de un área septentrional más rica en estos minerales. De este modo, los sedimentos superficiales en esta área C resultarían de una mezcla de materiales de tres fuentes de aporte (de la región andina, de la cuenca del Paraná y de las Sierras Pampeanas) a través de acciones eólicas y fluviales, confiriéndoles una particular complejidad composicional. Estas características mineralógicas se hallarían relacionadas con la complejidad de los procesos geomorfológicos que han actuado en esta área, en la que se pueden reconocer procesos neotectónicos, modificaciones en las redes de drenaje, fluctuaciones climáticas y diversos procesos erosivos y sedimentarios (Pasotti, 1974; Pasotti y Albert, 1991; Iriondo, 1991, 1994; Iriondo y Kröhling, 1996)

Por otra parte, debe señalarse que en toda esta franja oriental (áreas B y C), además de la composición aquí indicada que corresponde a la mayoría de las muestras, aparecen también muestras y perfiles con una composición más próxima a la del sector A, es decir a

la del clásico loess pampeano de proveniencia andina. La mayor heterogeneidad composicional en esta franja, además del contraste en el contenido de micas entre los sectores B y C, queda claramente evidenciada desde el punto de vista estadístico por los mayores coeficientes de variación obtenidos en los otros parámetros aquí considerados. Estos resultados de la mineralogía de arenas pueden correlacionarse con diversos estudios a distintas escalas espaciales y utilizando diversos parámetros mineralógicos, químicos y físicos (Morrás *et al.*, 1998, 2002; Morrás y Cruzate, 2000; Nabel *et al.*, 1999), que muestran la yuxtaposición en este sector de “parches” de materiales contrastantes en su composición y propiedades. Por otra parte, observaciones preliminares de los datos de perfiles completos de suelo de donde se han seleccionado las muestras subsuperficiales aquí procesadas, muestran en muchos casos la existencia de variaciones marcadas de componentes livianos y pesados entre los horizontes de un mismo perfil; si bien en varios perfiles se ha observado un incremento de la proporción de vidrio en los horizontes más profundos, en otros casos valores elevados se han presentado en horizontes intermedios y/o superficiales, observándose también casos donde este componente no presenta diferencias con la profundidad; estos hechos apoyarían el criterio del origen primariamente sedimentario de las variaciones en los contenidos de vidrio volcánico de estos materiales (Morrás, 1984). Estas heterogeneidades composicionales verticales y horizontales evidencian por un lado la sedimentación discontinua de aportes de distinto origen y por otro lado la existencia -dentro de la misma franja- de sitios o subáreas en las que han predominado aportes de una u otra fuente.

En síntesis, estos resultados derivados del análisis de datos mineralógicos de la fracción arena de horizontes subsuperficiales de suelos, contribuyen a poner en relieve la heterogeneidad composicional y la complejidad de los procesos vinculados con el transporte y depositación de los sedimentos loésicos superficiales de la Pampa Norte. Por otro lado, la existencia de diferencias composicionales en el material parental de estos suelos constituye un elemento fundamental a ser tenido en cuenta en la interpretación de los procesos de formación y diferenciación pedológica que han actuado en la región.

Agradecimientos. El autor desea expresar su agradecimiento a los evaluadores del trabajo, Dra. A. Blasi y Dr. S. Georgieff, por su minuciosa lectura del texto y atinadas sugerencias, y al Dr. N. Smeck (Ohio State University) por la revisión de la traducción al inglés del resumen expandido.

Distribución y origen de sedimentos loessicos superficiales de la pampa norte en base a la mineralogía de arenas. Resultados preliminares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arens, P., 1969. La interpretación de resultados de análisis mineralógicos de la fracción arena de los suelos, con referencia especial a los suelos de la Región Pampeana. *Quinta Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo*, Actas:659-664, Santa Fe.
- Altinier, M., H. Morrás, y F. Pereyra, 2002. Materiales originarios de suelos de un sector del delta del río Paraná, Entre Ríos. *XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*, Actas (editado en CD), Puerto Madryn.
- Baamonde, E., 1973. Componentes minerales de algunos suelos de la región triguera argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias X*: 113-129.
- Bertoldi de Pomar, H., 1961. Algunas consideraciones sobre la composición mineralógica de las arenas de la provincia de Santa Fe. *Primera Reunión de Trabajos y Comunicaciones de Ciencias Naturales y Geografía del Litoral Argentino*. Instituto Profesional, Universidad Nacional del Litoral Actas 91-107, Santa Fe.
- Bertoldi de Pomar, H., 1969. Notas preliminares sobre la distribución de minerales edafógenos en la provincia de Santa Fe. *Quinta Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo* Actas: 716-726, Santa Fe.
- Blasi, A., M. Zárate y R. Kemp., 2001. Sedimentación y pedogénesis cuaternaria en el noreste de la pampa bonaerense: la localidad de Gorina como caso de estudio. *AAS Revista* 8:77-92.
- de Orellana, J. y H. Bertoldi de Pomar, 1969. Introducción al estudio de los suelos isleños del Paraná Medio. *Quinta Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo* Actas 417-423, Santa Fe.
- Etchichury, M, O. Tófaló y M. Forzinetti, 1988. Composición de la fracción psamítica de sedimentos actuales de la provincia de Buenos Aires y su significado tectónico. *Segundas Jornadas Geológicas Bonaerenses*, Actas: 419-428, Bahía Blanca.
- Etchichury, M, O. Tófaló y M. González, 1997a. Suite de minerales pesados de los suelos bonaerenses. Primer Taller sobre Sedimentología y Medio Ambiente, Resúmenes: 15-16, Buenos Aires.
- Etchichury, M, O. Tófaló y M. González, 1997b. Mineralogía de los suelos del Sur de la provincia de Santa Fe. *Primer Taller sobre Sedimentología y Medio Ambiente*, Resúmenes: 17-18, Buenos Aires.
- 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*. XX: 67-148.
- González Bonorino, F., 1966. Soil clay mineralogy of the Pampa plains, Argentina. *Journal of Sedimentary Petrology* 36:1026-1035.
- IEIFAG, 1937. Departamento de Química Agrícola y Edafología. Su organización y labor. Instituto de Experimentación, Investigación y Fomento Agrícola-Ganadero. 89 pp, Santa Fe.
- Imbellone, P. y Teruggi, M., 1993. Paleosols in loess deposits of the Argentine Pampas. *Quaternary International* 17:49-55.
- Iriondo, M. 1987. Geomorfología y Cuaternario de la provincia de Santa Fe. *D'Orbignyana*, 4: 1-54
- Iriondo, M., 1990. Map of the South American plains – Its present state. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* 7:197-218.
- Iriondo, M., 1991. El Holoceno en el litoral. *Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales Florentino Ameghino*, Santa Fe, 3 (1) 40 pp.
- Iriondo, M., 1994. Los climas cuaternarios de la Región Pampeana. *Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales Florentino Ameghino*, Santa Fe, 4(2) 48 pp.
- Iriondo, M. y D. Kröhling, 1996. Los sedimentos eólicos del noreste de la llanura pampeana (Cuaternario Superior). *XIII Congreso Geológico Argentino* Actas IV:27-48, Buenos Aires.
- Kröhling, D., 1999. Sedimentological maps of the typical loessic units in North Pampa. *Quaternary International* 62: 49-56.
- Kröhling, D., 2000. Mineralogía del loess de la Pampa Norte (Formación Tezanos Pinto, Pleistoceno Tardío - Holoceno Inferior), Argentina. *II Congreso Latinoamericano de Sedimentología y VIII Reunión Argentina de Sedimentología*, Resúmenes: 95-96, Mar del Plata.
- Marengo, H., V. Baumann, P. Tchilingurian y A. Bayarsky, 2002. Proceso de remoción del vidrio volcánico en el loess santafesino. *IX Reunión Argentina de Sedimentología*, Resúmenes: 102, Córdoba.
- Morrás, H., 1978. *Contribution à la connaissance pédologique des Bajas Submeridionales (province de Santa Fe, Argentine). Influence de l' environnement sur la formation et l' évolution des sols halomorphes*. Tesis Doctoral, Université de Paris VII, Francia, 184 p.
- Morrás, H., 1983. Evaluación de algunos métodos de identificación de discontinuidades litológicas. Su aplicación en suelos del norte de la provincia de Santa Fe. *X Congreso Argentino y VIII Latinoamericano de la Ciencia del Suelo*, Resúmenes: 215-216, Mar del Plata.
- Morrás, H., 1984. En relación con "Perfiles de estabilidad mineral en suelos desarrollados sobre loess de la región pampeana septentrional, Argentina". *Comentarios a la Editorial, Ciencia del Suelo* 2: 215-218.
- Morrás, H., 1997. Origen y mineralogía del material parental de los suelos de la región

- pampeana. ¿Homogeneidad o heterogeneidad? *Primer Taller sobre Sedimentología y Medio Ambiente*, Resúmenes: 19-20, Buenos Aires.
- Morrás, H., 1999. Geochemical differentiation of Quaternary sediments from the Pampean region based on soil phosphorous contents as detected in the early 20th century. *Quaternary International* 62:57-67.
- Morrás, H. y M. Delaune, 1981. Composición mineralógica de la fracción arena de algunos suelos de los Bajos Submeridionales (Santa Fe) *VIII Congreso Geológico Argentino Actas IV*: 343-352, San Luis.
- Morrás, H. y M. Delaune, 1985. Caracterización de áreas sedimentarias del norte de la provincia de Santa Fe en base a la composición mineralógica de la fracción arena. *Ciencia del Suelo* 3:140-151.
- Morrás, P., Nabel y W. Zech, 1998. Composición geoquímica de suelos y sedimentos loésicos de un sector de la Pampa Ondulada. *Quintas Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses Actas I*: 225-232, Mar del Plata.
- Morrás, H. y G. Cruzate, 2000. Distribución de sedimentos superficiales en la Región Pampeana Norte (Argentina) a través del análisis de la variación espacial de parámetros físicos y químicos. *II Congreso Latinoamericano de Sedimentología y VIII Reunión Argentina de Sedimentología*, Resúmenes: 126-127, Mar del Plata.
- Morrás, H. y G. Cruzate, 2002. Geoquímica del potasio en los suelos y sedimentos superficiales de la región Chaco-Pampeana. *IX Reunión Argentina de Sedimentología*, Resúmenes: 104, Córdoba.
- Morrás, H., M. Altinier, M. Castiglioni, C. Grasticini y G. Ciari, 2002. Composición mineralógica y heterogeneidad espacial de sedimentos loésicos superficiales en la Pampa Ondulada. *XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo Actas* (editado en CD), Puerto Madryn.
- Moscatelli, G., 1991. Los suelos de la región pampeana. En Barsky, O. (ed.) *El desarrollo agropecuario pampeano*. Grupo Editor Latinoamericano, 11-76, Buenos Aires.
- Nabel, P., H. Morrás, N. Petersen y W. Zech, 1999. Correlation of magnetic and lithologic features of soils and quaternary sediments from the Undulating Pampa. *Journal of South American Earth Sciences* 12: 311-323.
- Pasotti, P., 1974. La neotectónica en la llanura pampeana. Fundamentos para el mapa neotectónico. *Publicaciones del Instituto de Fisiografía y Geología LVIII*: 30 pp, Rosario.
- Pasotti, P. y O. Albert, 1991. El Río Carcarañá en territorio santafesino. *Publicaciones del Instituto de Fisiografía y Geología*, LXVII: 36 pp, Rosario.
- Pereyra, F., 2000. Guía de campo. *Segundo Taller sobre Sedimentología y Medio Ambiente*, 24 pp, Buenos Aires.
- Riggi, J., F. Fidalgo, O. Martínez y N. Porro, Geología de los "Sedimentos Pampeanos" en el partido de La Plata. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 41: 316-333.
- Scoppa, C., 1976. La mineralogía de los suelos de la llanura pampeana en la interpretación de su génesis y distribución. *VII Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo*, Bahía Blanca, IDIA Suplemento N° 33: 659-673.
- Teruggi, M., 1957. The nature and origin of Argentine loess. *Journal of Sedimentary Petrology* 27: 322-332.
- Teruggi, M. y P. Imbellone, 1983. Perfiles de estabilidad mineral en suelos desarrollados sobre loess de la región pampeana septentrional, Argentina. *Ciencia del Suelo* 1: 65-74.
- Zárate, M., 2002. The loess record of Southern South America. *Quaternary Science Review* (en prensa).
- Zárate, M. y A. Blasi, 1993. Late Pleistocene-Holocene eolian deposits of the southern Buenos Aires Province, Argentina: a preliminary model. *Quaternary International* 17: 15-20.