

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MUSEO

REVISTA DEL MUSEO DE LA PLATA
(NUEVA SERIE)

TOMO XI

1992

Geogofa N° 102

**EL LOESS Y EL PROBLEMA DE LA IDENTIFICACION DE LAS
LOESSITAS**

LUIS A. SPALLETTI (1)

RESUMEN

Se discuten los conceptos sobre loess, sus atributos principales y origen, así como la posibilidad de su formación e identificación en sucesiones pre-cuaternarias.

El loess ha sido definido de diversas maneras, pero hay al respecto dos conceptos esenciales: 1) loess = roca clástica de grano fino (limosa), y 2) loess = depósito sedimentario clástico de origen eólico. Este último concepto incluye a los rasgos depositacionales del loess, como por ejemplo su carácter homogéneo y macizo en cuerpos de considerable extensión y discreto espesor, con frecuentes niveles de paleosuelos.

El loess es un depósito distal de algunas cuencas sedimentarias continentales, por lo que su potencial de preservación es relativamente grande. El aspecto controversial sobre la identificación de loess pre-cuaternario radica en el concepto que se tenga de él (roca o depósito). Si se lo considera un depósito, las posibilidades de diagnosis se hacen mayores. Como la formación del loess depende de: aporte de limo, de la persistencia de los vientos superficiales y de la existencia de un ambiente de tierra firme en la periferia de regiones glaciales o desérticas, el término loessita reúne a conceptos genéticos y ambientales, como ocurre, por ejemplo, con eolianita, turbidita, tidalita, debrita, etc.

Finalmente, se presentan diversos criterios para la identificación estratigráfica de las loessitas.

Palabras clave: Loess - Loessitas.

ABSTRACT

LOESS AND THE PROBLEM OF LOESSITE IDENTIFICATION. This paper attempts to discuss the concepts about loess, its main features and origin, as well the possibilities of pre-Quaternary loess formation and identification.

(1) Centro de Investigaciones Geológicas, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, CONICET. Avda. 1 N° 644, 1900 La Plata.

Loess has been defined in different ways. There are two main approaches concerning the meaning of the term: loess = fine grained (silt-size) clastic rock, and loess = clastic eolian sedimentary deposit. The second concept includes the depositional features of the loess, e. g. massive and homogeneous sedimentary bodies of large surficial extent and discrete thickness, with paleosol levels.

Loess is a typical deposit of quite distal sectors of the continental basins; so its preservation potential is relatively high. Therefore, the controversial point of the geological identification of the loess in pre-Quaternary successions lies in the concept of this term (rock or deposit). If it is considered a sedimentary deposit, the possibilities of identification in the stratigraphic record become greater. As loess formation is conditioned by silt supply, the persistence of surficial winds, and a firm-land environment in the periphery of both glacial and desert regions, the term loessite should be used in both genetic and environmental sense, as an equivalent of eolianite, turbidite, tidalite, debrite, etc.

Several diagnostic features for the identification of loessites are listed and discussed.

Key words: Loess - Loessites.

INTRODUCCION

Durante largos años, los estudios sobre las características, origen y significado del loess han ocupado a numerosos especialistas de la Geología del Cuaternario. Particularmente, en tiempos recientes se han producido avances muy significativos en el conocimiento de estos depósitos continentales, a tal punto que en el índice anual de Geo Abstracts (1989) se han compilado cincuenta y siete trabajos publicados, en su mayoría dedicados a loesses de Europa y Asia.

Contraria y curiosamente, son bastante escasos los trabajos relacionados con las loessitas o loesses pre-cuaternarios. La falta de aportes científicos en esa dirección ha llamado la atención de diversos analistas, especialmente si se tiene en cuenta que en el Cuaternario los depósitos de loess han cubierto alrededor del 10 % de las superficies continentales (Pesci, 1968; Pye, 1987).

¿Cuáles son entonces las razones de este vacío? Según Pye (op. cit.) y Johnson (1989) existen varias alternativas: a) que el loess no haya sido depositado en grandes volúmenes antes del Cuaternario, b) que no haya sido preservado, y c) que no se hayan encontrado los criterios para distinguir al loess de otros depósitos. El objetivo de este trabajo es discutir las mencionadas cuestiones.

LOS CONCEPTOS SOBRE EL LOESS

En la literatura geológica y sedimentológica existen diversos conceptos sobre el loess. Algunos autores han preferido definirlo en forma simple y general (Cf. Friedman y Sanders, 1978; Blatt, 1982), en cambio otros han tratado de hacerlo sobre la base de múltiples atributos (Kukal, 1971; Pettijohn, 1975; Teruggi, 1982). Hay quienes sostienen que *el loess es una roca* (sedimento o sedimentita), específicamente una limolita (Cf. Teruggi, op. cit.), por lo que debe ser definido a partir de elementos objetivos. Por otra parte, están los que consideran al loess un *depósito sedimentario clástico*, e incluyen en su concepto no sólo a los aspectos litológicos, sino también a los de yacencia, haciendo además alusión concreta a los procesos generadores (Cf. Pye, 1987). Debe destacarse que estos dos enfoques son simplemente los extremos de toda una gama de criterios con los que los diversos investigadores han jugado para producir sus propios conceptos respecto al significado del término loess.

ACUERDOS Y DESACUERDOS

Sobre la base de la información existente, se puede deducir que los caracteres de *yacencia* son aquéllos en los que se da un mayor acuerdo entre los investigadores. Resultan palpables las coincidencias en cuanto a la amplia extensión superficial de los depósitos loésicos, el espesor bastante discreto de sus unidades, su adaptación a las irregularidades topográficas, su desarrollo a modo de cuerpos macizos y bastante homogéneos, la presencia de rasgos y niveles de paleosuelos, y su asociación tanto con mares de arena eólica (Iriando, 1990) y campos de dunas eólicas (Spalletti y Gazzera, 1989), como con depósitos de planicie de inundación fluvial, muchas veces resultantes del retrabajamiento de los propios materiales loésicos (= loess secundario o depósitos loessoides; Cf. Teruggi, 1982).

Desde el enfoque litológico (*loess = roca*), debe señalarse que un punto de coincidencia bastante generalizado radica en la granulometría dominante. Así, la mayoría de los autores consideran al loess una limolita (Swineford y Frye, 1945; Doeglas, 1949; Teruggi, 1957, entre otros). No obstante, hay quienes puntualizan que -si bien los loesses típicos son limosos- también aparecen variedades arenosas y arcillosas (con más del 20% de cada uno de estos componentes, respectivamente; Pye, 1987). Además, el aspecto granulométrico ofrece como cuestión controversial la selección de los materiales (considerada desde pobre a buena), lo que seguramente está fundado en las variables proporciones de las fracciones arcilla y arena que acompañan al limo. En cuanto a la composición, son conocidas desde largo tiempo las diferencias marcadas en la mineralogía de los distintos loesses cuaternarios, tanto en lo que hace a los contenidos y asociaciones de especies alotígenas como autógenas; por ello parece ser inadecuado el empleo de la composición como un elemento diagnóstico en la definición del loess (como roca).

ORIGEN DEL LOESS

Desde el punto de vista genético, el loess ha sido atribuido a diversos procesos (Cf. Teruggi, 1982), y si bien durante algún tiempo se barajaron varias alternativas en cuanto a su origen (American Geological Institute, 1972), en la literatura hay marcada coincidencia para asignarlo a procesos eólicos (Baulig, 1970; Kukal, 1971; Friedman y Sanders, 1978; Blatt, 1982; Pye, 1987; Tsoar y Pye, 1987; Johnson, 1989). Debe, sin embargo, tenerse muy en cuenta la posibilidad de que el loess sea un material poligénico (Teruggi, 1982), formado por transporte y depositación eólica y modificado por fenómenos fundamentalmente edáficos (Frenguelli, 1955; Gorshkov y Yakushova, 1967; Teruggi, 1982; Collinson, 1986).

Tsoar y Pye (1987) han sugerido tres condiciones para la formación del loess: 1) aporte de limo, 2) energía eólica suficiente como para captar y transportar a las partículas de dicha fracción granulométrica, y 3) un ambiente de depositación adecuado (cf. Fig. 1). A ello debe agregarse su posibilidad de preservación en el registro geológico (Johnson, 1989). Analicemos ahora estos aspectos.

Aporte de limo. Procedencia del loess.

El problema de la generación de partículas de limo produjo no pocos debates. Si bien hay diversos mecanismos que pueden producir materiales detríticos de esa granulometría (Cf. Pye, 1987), Smalley (1966) y Smalley y Vita-Finzi (1968) han sugerido que su formación se relaciona esencialmente con procesos de molienda glacial. Esta idea se encuentra avalada por la vinculación que diversos autores han encontrado entre el loess y los eventos glaciales (Cf. Pettijohn, 1975).

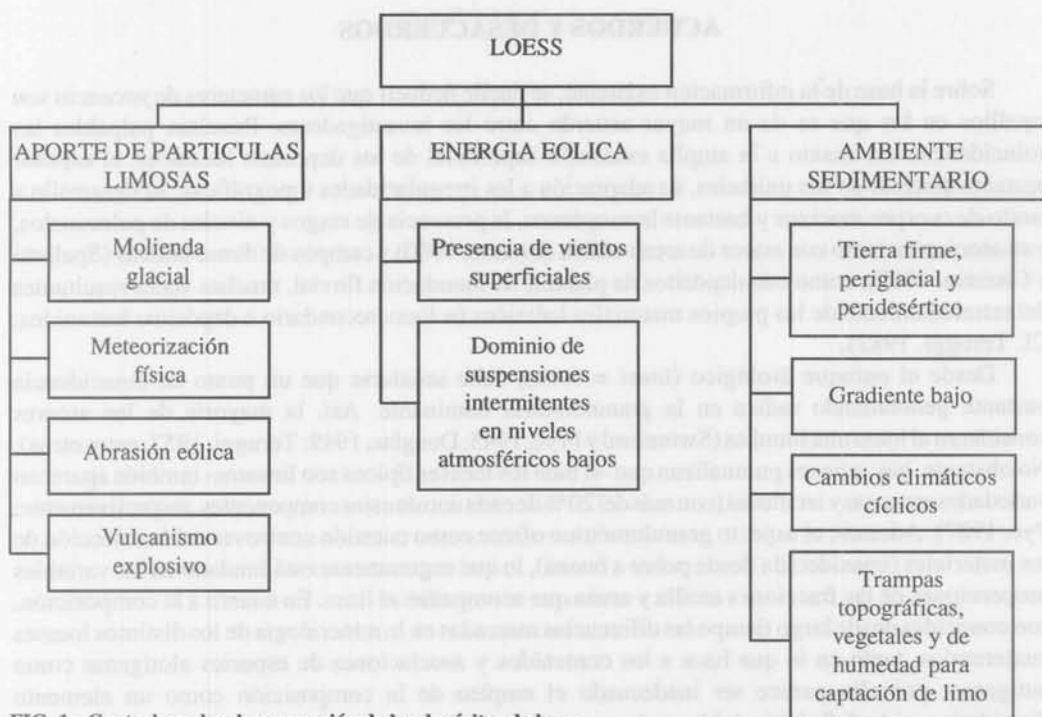


FIG. 1 - Controles sobre la generación de los depósitos de loess

También se ha probado que los depósitos loésicos se presentan en los márgenes de regiones desérticas (Cf. Kukul, 1971; Collinson, 1986; Coude-Gaussen, 1987; McTainsh, 1987), razón por la cual debe tenerse muy en cuenta -tal como lo señalara Kuenen (1969)- que las partículas limosas pueden deberse no sólo a molienda glacial sino además a la desintegración por meteorización de rocas esquistosas y cristalinas. Vale destacar que Whalley et al. (1982) han considerado que el limo puede producirse por abrasión eólica, aún cuando Kuenen había descartado en forma absoluta tal posibilidad.

Un fenómeno poco comentado en cuanto a la generación de partículas limosas es el vulcanismo explosivo (Fisher, 1966), el que puede llegar a proveer miles de kilómetros cúbicos de materiales clásticos susceptibles a transporte y depositación eólica (Mazzoni, 1985). La naturaleza volcánico-lástica de los depósitos loésicos cuaternarios de la Argentina (Teruggi, 1957) muestra a las claras la enorme importancia de este factor de procedencia (Fig. 1).

Otro de los aspectos que puede ser tenido en cuenta en cuanto a la provisión de partículas de limo es el relieve de las áreas circundantes (de procedencia) a las cuencas de depositación. En este sentido, Tsoar y Pye (1987) han destacado que en paisajes de alto relieve, donde los niveles de erosión son grandes, los productos de la meteorización poseen un elevado tenor de la relación limo:arcilla.

Energía eólica

Friedman y Sanders (1978) han mostrado que la acción eólica (salvo las corrientes tipo jet) es mucho más discriminante que el agua en la selección por tamaño de los materiales detríticos sujetos a transporte. Como el aire tiene una densidad mil veces menor que la del agua, la fuerza de sostén de las partículas en transporte es sumamente baja; por lo tanto la velocidad requerida para la movilización eólica de determinadas partículas debe ser considerablemente mayor que la necesaria para efectuar su transporte en medio acuoso.

Por estas razones, la acción del viento produce tres tipos característicos de depósitos: a) los depósitos residuales de la deflación, que cuando están sujetos a transporte lo hacen mediante carpeta traccional, b) las dunas, formadas por la migración de arenas que se desplazan en tracción y saltación, y c) el loess, constituido por partículas pelíticas movilizadas por suspensión.

Recientemente, Tsoar y Pye (1987) analizaron el transporte de polvo eólico y la generación de loess. Entre sus principales conclusiones mencionan que las tormentas de polvo tienen un limitado significado en el transporte en gran escala de material pelítico, el que se ve más que nada beneficiado por la persistencia de vientos superficiales, especialmente aquéllos asociados con sistemas frontales y depresiones ciclónicas. También han deducido que las partículas de limo mediano y grueso son transportadas por suspensiones de corto término en niveles bajos de la atmósfera (Fig. 1); en cambio, las partículas menores son movidas en un rango vertical amplio por suspensiones (atmosféricas) de largo término, y su depositación se produce en general durante lluvias.

La captación de los materiales limosos puede producirse por deflación de sedimentos glaciales o fluvio-glaciales, desde abanicos aluviales y sedimentos de redes fluviales entrelazadas y efímeras procedentes de zonas montañosas, desde bajos sin salida (playas, lagos-playas) y desde áreas de afloramiento de rocas basamentales sujetas a meteorización predominantemente física.

Por su parte, las áreas de acumulación de loess se dan donde las suspensiones eólicas de corto término pueden ser *atrapadas* por irregularidades topográficas, superficies húmedas y superficies vegetadas (Tsoar y Pye, 1987). Si bien la vegetación no es esencial para la acumulación de loess, Dunbar y Rodgers (1957), Embleton y King (1968) y Tsoar y Pye (1987) han indicado que las áreas vegetadas son las trampas más adecuadas para los depósitos de envergadura desarrollados en las márgenes de los desiertos y regiones glaciales.

Ambiente de depositación

Los polvos eólicos pueden decantar en cuerpos de agua o en ambientes de tierra firme. Los depósitos de loess primario se acumulan en estos últimos sectores, tanto en la periferia de regiones glaciales como de las desérticas (loess frío y cálido, respectivamente; Teruggi, 1982). Los cuerpos sedimentarios extensos de loess son característicos de los sectores distales de las cuencas sedimentarias o más precisamente de los ambientes continentales de dichas cuencas. Se trata de regiones de bajo gradiente (Fig. 1) en las que, de acuerdo con las condiciones climáticas, pueden darse fenómenos de acumulación eólica-fluvial efímera (arenosa y/o pelítica en ambos casos) o fluvial (sistemas de carga mixta o suspensiva, con canales de alta sinuosidad y marcado desarrollo de planicies de inundación). Las regiones de sabana, estepa y pradera parecen ser sitios más que apropiados para la generación de los depósitos loésicos.

Uno de los aspectos que parece jugar un rol importante en las formación de loess es la variación cíclica en las condiciones climáticas (Fig. 1). Johnson (1989) ha puesto énfasis en este aspecto y sugiere que durante los períodos en que los cambios climáticos globales poseen mayor variabilidad, se favorece la provisión de limos y la generación de la energía eólica requerida para el transporte de tales materiales. La notable abundancia del loess durante el Pleistoceno, así como la recurrencia vertical de loessitas en algunas secciones estratigráficas (Cf. Spalletti y Gazzera, 1989), tenderían a avalar las ideas de Johnson.

LOESSITAS

Una primera cuestión a ser considerada con respecto al loess pre-cuaternario es si pudo o no haberse formado. Algunos autores han puesto en duda la existencia de las loessitas (Cf. Teruggi,

1982), mientras que otros han tratado de demostrar su presencia en las columnas estratigráficas (Spalletti y Mazzoni, 1977, 1979; Edwards, 1979; Winkler, 1987; Johansen, 1988; Johnson, 1989). En este sentido, es prioritario determinar si los factores que condicionan el desarrollo de los depósitos han actuado en el pasado geológico. Al respecto, la literatura específica abunda en referencias positivas en cuanto a que los procesos formadores de limos, los agentes aptos para su captación y transporte, y los ambientes y condiciones adecuados para su acumulación han estado activos y presentes en cuencas sedimentarias continentales pre-cuaternarias.

Si se acepta que las loessitas pueden potencialmente haberse formado en el pasado geológico, surge entonces una segunda cuestión que hace a su potencial de preservación en las sucesiones sedimentarias. Es claro que los materiales formados en los medios continentales son mucho más susceptibles a la erosión que aquéllos generados en medios marinos. En los depósitos continentales son particularmente frecuentes las discontinuidades estratigráficas, tales como las típicas superficies de paleosuelos en los loesses y sedimentos fluviales asociados (Cf. Teruggi et al., 1973, 1974; Retallack, 1986; Zárate, 1989). Con todo, es dable inferir que en numerosas circunstancias los procesos destructivos en medios continentales no pudieron equilibrar a los constructivos o acumulativos y por ende se tiene como resultado la preservación de importantísimos espesores de sedimentos fluviales, glaciales, de flujos gravitacionales de sedimentos, lacustres y eólicos. Por lo expuesto, debe esperarse que muchos de los depósitos de loess pre-cuaternarios se hayan conservado en el registro geológico, más si se tiene en cuenta que su acumulación es propia de los sectores bastante distales (con energía dinámica baja) de las cuencas sedimentarias continentales.

Admitidas la generación y conservación del loess en el registro precuaternario, se arriba así a una última cuestión que hace a las dificultades inherentes a su diagnosis. Pulvertaft (1985) ha señalado un vacío en el reconocimiento de rocas de origen eólico, mientras que Johnson (1989) ha destacado la escasez de contribuciones específicas y la pobreza de detalles sedimentológicos en los trabajos relacionados con las loessitas.

En cuanto a la identificación geológica, el punto controversial reside esencialmente en el concepto que se tenga del loess. Volvemos necesariamente al principio y nos preguntamos ¿es el loess una roca o un depósito?

Si como loess entendemos a una *roca*, definida sobre la base de los rasgos litológicos de aquellos sedimentos formados en tiempos recientes (cuaternarios), es muy difícil que podamos producir su diagnosis en sucesiones más antiguas. La razón de esta dificultad estriba esencialmente en la existencia de procesos diagenéticos que tienden a modificar u obliterar muchos de los rasgos (litológicos, cromáticos, etc.) típicos de estos materiales. En este sentido, las sedimentitas serán definidas por estratígrafos y sedimentólogos simplemente como limolitas, fangolitas, tobas, chonitas o margas, según su textura y composición.

En cambio, si al loess se lo considera un *depósito* se amplían las posibilidades de llegar a su identificación o a inferir su potencial desarrollo en las sucesiones sedimentarias continentales. Aquí no sólo participan en la diagnosis los atributos litológicos, sino que se suman los aspectos generales de yacencia (que no se emplean normalmente para definir una roca o sedimentita), las asociaciones de facies y la inducción sobre los procesos formadores de las facies en cuestión. En este contexto, el concepto de loessita no es descriptivo, como deben serlo las rocas o las facies sedimentarias, pues conlleva a aspectos interpretativos o especulativos sobre su origen. Loessita es así equivalente a vocablos muy en uso en estratigrafía y sedimentología modernas, tales como eolianita, turbidita, debrita, tidalita, sismita, etc.

Debemos mencionar que en los trabajos dedicados a definir la presencia de depósitos loésicos en unidades pre-cuaternarias se ha utilizado una metodología esencialmente similar a la destacada en último término, o sea considerando al loess como un depósito clástico (Cf. Spalletti y Mazzoni, 1977; Edwards, 1979; Winkler, 1987; Johnson, 1989; Spalletti y Gazzera, 1989).

CRITERIOS DIAGNOSTICOS DE LA IDENTIFICACION DE LOESSITAS

Como se desprende de la presente contribución, el estudio de loessitas se encuentra todavía en un estado de avance muy incipiente. Sin embargo, de acuerdo con la información disponible, la definición de un depósito loésico en una sucesión sedimentaria puede intentarse si se tienen en cuenta los aspectos que se detallan en la Tabla 1.

TABLA 1 - Principales características de las loessitas

Aspectos generales

- Distribución regional de tipo mantiforme, considerable extensión areal.
- Espesor de las unidades sedimentarias individuales entre 1 m y 8 a 10 m.

Aspectos sedimentarios

- Facies sedimentarias predominantemente limolíticas o fangolíticas, acompañadas por contenidos variables de material arenoso y arcilloso.
- Cuerpos de roca macizos, carentes de estructuras mecánicas internas y de planos de estratificación.
- Nódulos calcáreos milimétricos a pugilares de morfología tubiforme. Tabiques y costras horizontales de caliche o toska. Nódulos de manganeso.
- Componentes detríticos variados, tendencia a la baja madurez textural.

Aspectos biogénicos

- Frecuentes estructuras de bioturbación vegetal, canalículos y tubos verticales a subverticales de raicillas. Paleo-nidos de escarabeidos.
- Fósiles continentales de hábitat subaéreo. Valvas de gasterópodos, huesos y dientes (reptiles, mamíferos), células silíceas de gramíneas (también espongolitos y diatomeas por retrabajo eólico de sedimentos subácueos).

Aspectos paleoedáficos

- Niveles de paleosuelos: horizontes con estructura prismática de disyunción subcolumnar, enriquecimientos en arcilla, cutanes (además de las ya mencionadas costras y nódulos carbonáticos, células silíceas, nidos de escarabeidos y bioturbaciones vegetales).

En la identificación de las loessitas, es también muy importante tener en cuenta a las asociaciones de facies, y en este sentido es preferencial su relación regional y secuencial con sedimentos de sistemas fluviales típicos de áreas de bajos gradientes (de canales sinuosos y planicies de inundación) y también de ambientes lacustres. Los materiales pélticos fluviales pueden provenir del retrabajamiento de depósitos primarios de loess, originándose loesses secundarios o limos loessoides. Cabe también la asociación con eolianitas arenosas, depósitos fluviales efímeros y de playa o playa-lake. En términos más regionales, pueden esperarse pasajes a depósitos glaciales-fluvioglaciales y de sistemas de abanico aluvial en dirección a las áreas marginales, así como a sedimentos litorales y marinos poco profundos hacia los sectores distales de la cuenca sedimentaria.

CONCLUSIONES. VALOR INTERPRETATIVO DE LAS LOESSITAS

La definición de depósitos loésicos en sucesiones sedimentarias posee un innegable valor interpretativo. A partir de ellos se puede contribuir efectivamente a la inferencia de aspectos

concernientes a procesos de acumulación, paleogeografía, ambientes de sedimentación y condiciones paleoclimáticas.

En primer término, las loessitas ponen de manifiesto fenómenos de acumulación en tierra firme, con materiales expuestos a la atmósfera y susceptibles a servir de esqueleto para el desarrollo de suelos regionales o zonales. Con los depósitos loésicos puede contribuirse además a desentrañar características de las áreas de aporte, tales como posible relieve, tipos de rocas madres, procesos actuantes (glaciarismo, acción eólica, vulcanismo explosivo). Se definen asimismo procesos de transporte eólico por suspensiones de corto y de largo término producidas por vientos persistentes más que por tormentas de polvo.

Por supuesto que cuando se detecta la presencia de loessitas, caben inferencias sobre aspectos paleoclimáticos (posibles glaciaciones y/o condiciones desérticas) y también sobre la ciclicidad de los eventos paleoclimáticos, particularmente sobre la base de las relaciones con otras asociaciones sedimentarias (eólicas, fluviales, lacustres). En cuanto al ambiente pueden definirse -a partir del estudio de tipos de paleosuelos, materiales autógenos y contenido biogénico- eventos de acumulación bajo cubierta vegetal en estepas, praderas o sabanas. Además, su frecuente vinculación con depósitos de loess secundario (de retrabajo fluvial), sugiere depositación en zonas distales de cuencas continentales, en condiciones de bajo gradiente y deficiencia en la contribución de detritos extracuencas de grano grueso.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a la Dra. Adriana Blasi por sus importantes sugerencias y comentarios.

REFERENCIAS

- AMERICAN GEOLOGICAL INSTITUTE. 1972. *Glossary of Geology*: 805 pp. Washington.
- BAULIG, H., 1970. *Vocabulaire franco-anglo-allemand de Géomorphologie*. Ophrys: 229 pp. Paris.
- BLATT, H., 1982. *Sedimentary Petrology*. W. Freeman & Co.: 564 pp. San Francisco.
- COLLINSON, J., 1986. Deserts. En: Reading, H. (Ed.). *Sedimentary Environments and Facies*. Blackwell Sci. Publ.: 95-112. Oxford.
- COUDE-GAUSSIN, G., 1987. The perisaharan loess: sedimentological characterization and paleoclimatical significance. *GeoJournal* 15:177-183.
- DOEGLAS, D., 1949. Loess, and eolian product. *Jour. Sedim. Petrol.* 19:112-117.
- DUNBAR, C. y RODGERS, J., 1957. *Principles of Stratigraphy*. Wiley. 356 pp. New York.
- EDWARDS, M., 1979. Late Precambrian loessites from north Norway and Svalbard. *Jour. Sedim. Petrol.* 49:85-91.
- EMBLETON, C. y KING, C., 1968. *Glacial and periglacial geomorphology*. Arnold: 608 pp. Edimburgh.
- FISHER, R., 1966. Textural comparison of John Day volcanic siltstone with loess and volcanic ash. *Jour. Sedim. Petrol.* 36:706-718.
- FRENGUELLI, J., 1955. Loess y limos pampeanos. *Museo La Plata, Ser. Técn. y Did.* 7:89 pp.
- FRIEDMAN, G. y SANDERS, J., 1978. *Principles of Sedimentology*. J. Wiley & Sons: 792 pp. New York.
- GEO ABSTRACTS, 1989. *Annual index 1988: Sedimentary Geology*. Elsevier: 69 pp. Norwich.
- GORSHKOV, G. y YAKUSHOVA, A., 1967. *Physical Geology*. Mir. Publ.: 596 pp. Moscú.
- IRIONDO, M., 1990. Map of the South American plains - its present state. *Quatern. South Amer.* 6(14):297-308.
- JOHANSEN, S., 1988. Origins of Upper Paleozoic quartzose sandstones. American southwest. *Sedim. Geol.* 56:153-166.
- JOHNSON, S., 1989. Significance of loessites in the Maroon Formation (Middle Pennsylvanian to Lower

- Permian), Eagle Basin, northwest Colorado. *Jour. Sedim. Petrol.* 59:782-791.
- KUENEN, Ph., 1969. Origin of quartz silt. *Jour. Sedim. Petrol.* 39:1631-1633.
- KUKAL, Z., 1971. *Geology of Recent Sediments*. Acad. Publ. House Czechoslovak Acad. Sci.: 490 pp. Praga.
- MAZZONI, M., 1985. La Formación Sarmiento y el vulcanismo paleógeno. *Asoc. Geol. Arg. Rev.* 40: 60-68.
- McTAINSH, G., 1987. Desert loess in northern Nigeria. *Zetsch. Geomorph.* 31:145-165.
- PETTIJOHN, F., 1975. *Sedimentary rocks* (3rd. Edit.). Harper & Row: 628 pp. New York.
- PESCI, M., 1968. Loess. En: Fairbridge, R. (Ed.). *The Encyclopaedia of Geomorphology*. Reinhold: 674-678. New York.
- PULVERTAFT, T., 1985. Aeolian dune and wet interdune sedimentation in the Middle Proterozoic Dala Sandstone, Sweden. *Sedim. Geol.* 44:93-111.
- PYE, K., 1987. *Aeolian dust and dust deposits*. Academic Press: 334 pp. London.
- RETALLACK, G., 1986. Fossil soils as grounds for interpreting long-term controls of ancient rivers. *Jour. Sedim. Petrol.* 56, 1:1-18.
- SMALLEY, I., 1966. The properties of glacial loess and the formation of loess deposits. *Jour. Sedim. Petrol.* 36:669-676.
- SMALLEY, I. y VITA-FINZI, C., 1968. The formation of fine particles in sandy deserts and the nature of "desert" loess. *Jour. Sedim. Petrol.* 38:766-774.
- SPALLETTI, L. y GAZZERA, C., 1989. Eventos eólicos en capas rojas cretácicas (Formación Río Limay, Grupo Neuquén), sector sudeste de la Cuenca Neuquina, Argentina. En: Spalletti, L. (Ed.). *Contrib. Simp. Cretác. Amér. Latina, A: Eventos y Reg. Sedim.*: 89-100. Buenos Aires.
- SPALLETTI, L. y MAZZONI, M., 1977. Sedimentología del Grupo Sarmiento en un perfil ubicado al sudeste del lago Colhue-Huapi, provincia de Chubut. *Obra Centen. Museo La Plata, Geol.* IV:261-283.
- SPALLETTI, L. y MAZZONI, M., 1979. Estratigrafía de la Formación Sarmiento en la barranca sur del lago Colhue Huapi, provincia del Chubut. *Asoc. Geol. Arg. Rev.* 34:271-281.
- SWINEFORD, A. y FRYE, J., 1945. A mechanical analysis of windblown dust compared with analysis of loess. *Am. Jour. Sci.* 243:249-255.
- TERUGGI, M., 1957. The nature and origin of Argentine loess. *Jour. Sedim. Petrol.* 27:322-332.
- TERUGGI, M., 1982. *Diccionario Sedimentológico*. Volumen I: Rocas Clásticas y Piroclásticas. Edic. Cient. Argentinas Libart: 103 pp. Buenos Aires.
- TERUGGI, M.; SPALLETTI, L. y DALLA SALDA, L., 1973. Paleosuelos en la Sierra de Bachicha, partido de Balcarce, provincia de Buenos Aires. *Rev. Museo La Plata (N.S.), Geol.* 8(67):227-256.
- TERUGGI, M.; ANDREIS, R.; MAZZONI, M.; DALLA SALDA, L. y SPALLETTI, L., 1974. Nuevos criterios para la estratigrafía del Cuaternario de las barrancas de Mar del Plata-Miramar. *Anal. LEMIT, Bs. As.* 2, 268:135-148.
- TSOAR, H. y PYE, K., 1987. Dust transport and the question of desert loess formation. *Sedimentology* 34:139-154.
- WHALLEY, W., MARSHALL, J. y SMITH, B., 1982. Origin of desert loess from some experimental observations. *Nature.* 300:433-435.
- WINKLER, D., 1987. Vertebrate-bearing eolian unit from the Ogalalla Group (Miocene), in northwestern Texas. *Geology* 15:705-708.
- ZARATE, M., 1989. Estratigrafía y geología del Cenozoico tardío aflorante en los acantilados marinos comprendidos entre Playa San Carlos y el Arroyo Chapadmalal, Partido de General Pueyrredón, Provincia de Buenos Aires. *Tesis Doctoral Fac.Cienc. Nat. y Museo, Univ. Nac. La Plata*, (inéd.).