

# Magnetoestratigrafía de sedimentos cenozoicos en el oeste del gran Buenos Aires

Paulina E. NABEL<sup>1</sup>, Héctor J. M. MORRÁS<sup>2</sup> y Marysol SAPOZNIK<sup>3</sup>

<sup>1</sup> CONICET-MACN-Laboratorio de Geología del Cuaternario, Av. Ángel Gallardo 470, 1405 Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Fax: 4981-9365 int 147, E-mail: pnabel@gecuat.gov.ar

<sup>2</sup> INTA-Centro de Investigación de Recursos Naturales, Instituto de Suelos, 1712 Castelar, Pcia. de Buenos Aires. E-mail: hmorras@cirn.inta.gov.ar

<sup>3</sup> MACN-Laboratorio de Geología del Cuaternario, Av. Ángel Gallardo 470, 1405 Ciudad Autónoma de Buenos Aires. E-mail: marysol@gecuat.gov.ar

**RESUMEN.** En el presente trabajo se realizó el estudio paleomagnético de sedimentos cuaternarios, en las proximidades de la ciudad de Buenos Aires, de modo de valorar su edad y acotar el marco temporal en el que se produjeron los diversos procesos de deposición y evolución de los mismos. Este estudio realizado en dos perfiles denominados CAS y GAO permitió asignar los 8 m superiores de los sedimentos de la planicie loésica del área a la zona de polaridad magnética de Brunhes (menor de 0,78 Ma) y los sedimentos subyacentes a la zona de polaridad magnética de Matuyama. Esta significativa extensión en el tiempo da soporte a los estudios mineralógicos y geoquímicos que sugieren diferentes áreas de origen de los sedimentos superficiales de la Pampa Ondulada, modificando la tradicional concepción sobre la homogeneidad de los mismos. El cambio de polaridad magnética se verifica por encima de un suelo enterrado, a los 13,30 m s.n.m., probablemente equivalente al Geosuelo Hisisa reconocido en otros sectores de la provincia, que presenta una paleosuperficie regional y es indicador del límite superior de la zona de polaridad magnética de Matuyama. Por las características morfológicas de los materiales estudiados y en razón de que dicho límite de polaridad ha sido reiteradamente encontrado en sedimentos de la sección superior de la Formación Ensenada, es posible asignar a los sedimentos de la base del perfil de CAS a dicha Formación, mientras que los sedimentos del nivel superior, como así también los reconocidos en el perfil GAO, corresponden a la Formación Buenos Aires.

**Palabras Claves:** *Magnetoestratigrafía, Sedimentos pampeanos, Buenos Aires.*

**ABSTRACT.** *Magnetostratigraphy of Cenozoic sediments in western Buenos Aires.* A palaeomagnetic study of Quaternary sediments in western Buenos Aires city, was carried out in order to know their age and the time span during which the different processes of deposition and evolution took place. This study carried out on two profiles called CAS and GAO, recognized the upper 8m of the loessic plain sediments as belonging to the Brunhes Magnetic Polarity Zone (younger than 0.78 Ma), and the underlying sediments to the Matuyama Magnetic Polarity Zone. This significant extension in time supports geochemical and mineralogical studies that suggest the existence of different areas of origin of the sediments in the Pampa Ondulada, and modifies the traditional concept of their homogeneity. The change of magnetic polarity was found above a buried soil, at 13,30 m a.s.l., probably equivalent to the Hisisa Geosol, identified in other areas of the province as a regional palaeosurface and proposed as the upper boundary of the Matuyama Magnetic Polarity Zone. Taking into account the morphological features of the studied materials and the fact that this magnetic polarity boundary has been repeatedly found in the upper section of the Ensenada Formation, it is possible to correlate the sediments from the lower section of the CAS profile with this formation, whereas sediments of the upper level, as well as the ones recognized in the GAO profile, correlate with the Buenos Aires Formation.

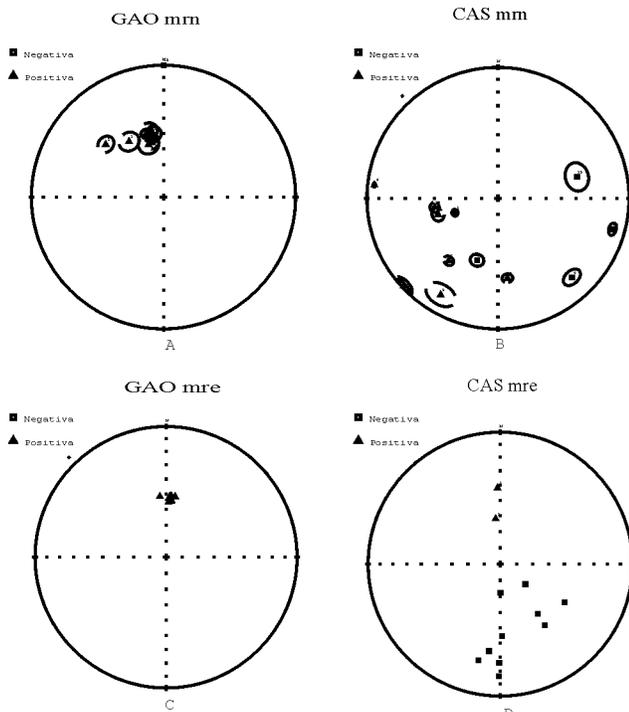
**Key words:** *Magnetostratigraphy, Pampa sediments, Buenos Aires.*

## Introducción

En los últimos años se han generado numerosos y detallados estudios sobre suelos y sedimentos superficiales de la región pampeana que han permitido obtener información variada, particularmente mineralógica y geoquímica. En contraposición a conceptos arraigados, estos resultados indican una marcada heterogeneidad composicional, permiten deducir una gran complejidad de los procesos de aporte y deposición de los sedimentos loésicos y sugieren que diversos aspectos del modelo clásico deben ser reconsiderados (Morrás 1997, 1999, 2003, Zárate 2003)

Del mismo modo, el estudio magnetoestratigráfico iniciado en los sedimentos loésicos de la región pampeana (Nabel y Valencio 1981) permitió modificar ideas tradicionales referidas a la edad de los mismos, las que luego fueron corroboradas con posterioridad por diversos autores (v.g. Valencio y Orgeira 1983, Re y Orgeira 1991, Bidegain 1998, Bidegain *et al.* 2001, 2002). En el momento que se encaró ese primer trabajo, y sobre la base de estudios realizados con técnica geocronológicas de corto alcance temporal, se había generalizado la idea de que los sedimentos loésicos de la región eran mucho más jóvenes (en casi dos órdenes de magnitud).

En este marco, estudios granulométricos, químicos y



**Figura 1:** Direcciones de magnetización remanente natural (mrn) del perfil a) GAO, b) CAS, c) GAO y d) CAS.

mineralógicos que incluyeron la mineralogía magnética, de afloramientos expuestos en el área de Castelar (Nabel *et al.* 1999), permitieron poner en evidencia la existencia de dos unidades sedimentarias superficiales de diferente composición, sobrepuestas a una tercera unidad común subyacente. En consecuencia, con el fin de acotar la edad de estos materiales se llevó a cabo un estudio magnetoestratigráfico cuyos resultados se presentan a continuación.

**Material y métodos**

Para este trabajo se tomaron un total de 25 muestras distribuidas entre dos perfiles localizados próximos al límite entre los partidos de Ituzaingo, Morón y Hurlingham, en el oeste del Gran Buenos Aires, aproximadamente a los 58,65°O y 34,65°S. El perfil denominado GAO se halla ubicado en una zona elevada de la planicie loésica a 22 m s.n.m. y el perfil denominado CAS en la misma planicie pero a menor altura relativa, en una zona próxima a una ladera de valle a 17 m s.n.m.

Las muestras fueron obtenidas con sacabocados de bronce, trasbasadas a cápsulas plásticas y selladas con resina epoxi. En el proceso de trasbasamiento se perdieron cuatro muestras. Se midió el magnetismo remanente natural (mrn) con un magnetómetro spinner de flujo (Minispin) de Molspin, cuyos valores están representados en la figura 1a y b. Con el fin de obtener las direcciones de magnetismo remanente estable (mre), como así también analizar la estabilidad magnética de las muestras, los especímenes fueron sometidos a un tratamiento de desmagnetización por campos magnéticos alternos decrecientes (cma), en un desmagnetizador blindado de Molspin.

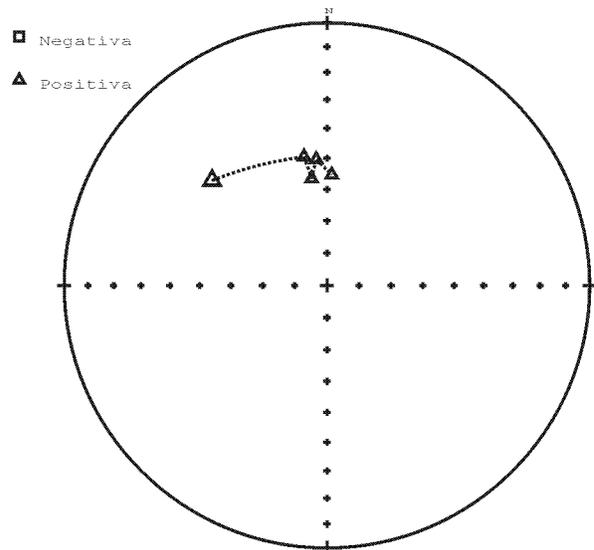
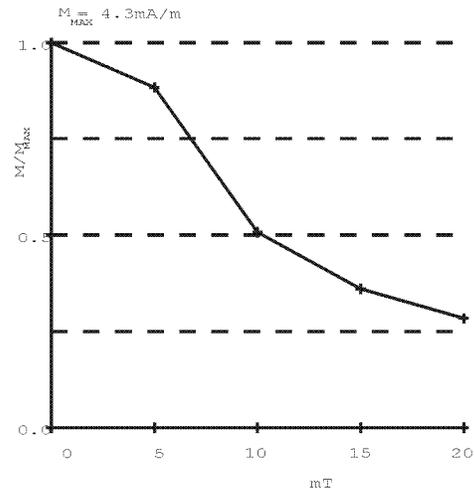
Se aplicaron etapas de desmagnetización sucesivas, utilizando campos magnéticos a partir de los 5 mT hasta los 30 mT, de modo de obtener las mencionadas direcciones estables. Éstas últimas fueron alcanzadas entre los 15 mT y los 25 mT (Fig. 1 c y d).

Los especímenes que presentaron direcciones de magnetización de inclinación negativas, correspondientes al perfil GAO y a la sección superior del perfil CAS, se agruparon alrededor de la dirección dipolar axial, que para la región que es de 54°, mientras que las muestras de la sección inferior del perfil CAS, de inclinación positiva, se agruparon en oposición, aproximadamente a 180° de aquellas.

**Resultados**

*Perfil GAO*

La magnetización de los sedimentos de este perfil está inte-



**Figura 2:** Cambios en las direcciones y en la intensidad del magnetismo remanente residual del espécimen 3.1 del perfil GAO.

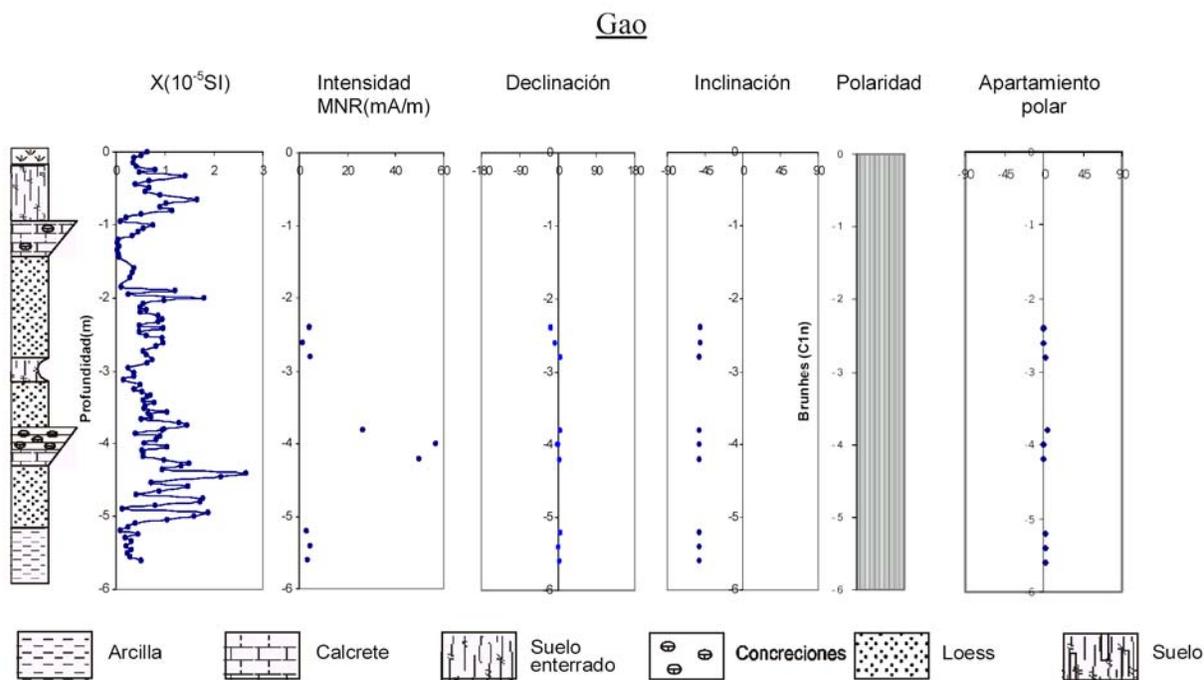


Figura 3: Sedimentología, susceptibilidad, intensidad del mnr, direcciones del mre, y polaridad magnética del perfil GAO.

grada por una única componente de polaridad normal, que fue satisfactoriamente aislada alrededor de los 20 mT. (Fig. 2). En dicha figura se representaron las variaciones en la dirección e intensidad del magnetismo remanente residual (mrr), luego de las sucesivas etapas de lavado. El valor de campo que aísla la magnetización remanente estable (mre), representado por el campo de desmagnetización óptimo, es en este caso de 20 mT.

Las muestras obtenidas de este perfil de 6m de profundidad y ubicado topográficamente en una zona elevada de la planicie loésica evidenciaron todas polaridad magnética normal, por lo que desde el punto de vista de la cronología sólo se puede decir que pertenecen a sedimentos depositados durante la época Brunhes ó C1n cuyo límite inferior es 0,78Ma (Fig.3).

Los valores de la intensidad de la magnetización medidos se encuentran entre  $1,17 \times 10^{-3}$  A/m y  $56,9 \times 10^{-3}$  A/m, a lo largo del perfil. Los valores de susceptibilidad magnética de GAO, fueron obtenidos en mediciones en el campo con un susceptibilímetro consistente en un circuito oscilador y una inductancia, que trabaja con una frecuencia de 10 kHz. Los mismos variaron entre  $0,14 \times 10^{-5}$  SI y  $2,66 \times 10^{-5}$  SI, siendo su valor medio de  $0,69 \times 10^{-5}$  SI. La susceptibilidad magnética fluctuó solidariamente a lo largo del perfil con los valores de intensidad de la magnetización indicando que las variaciones de aquellos están ligados a cambios en la mineralogía magnética y no manifiestan cambios vinculados a variaciones del campo magnético terrestre.

Perfil CAS

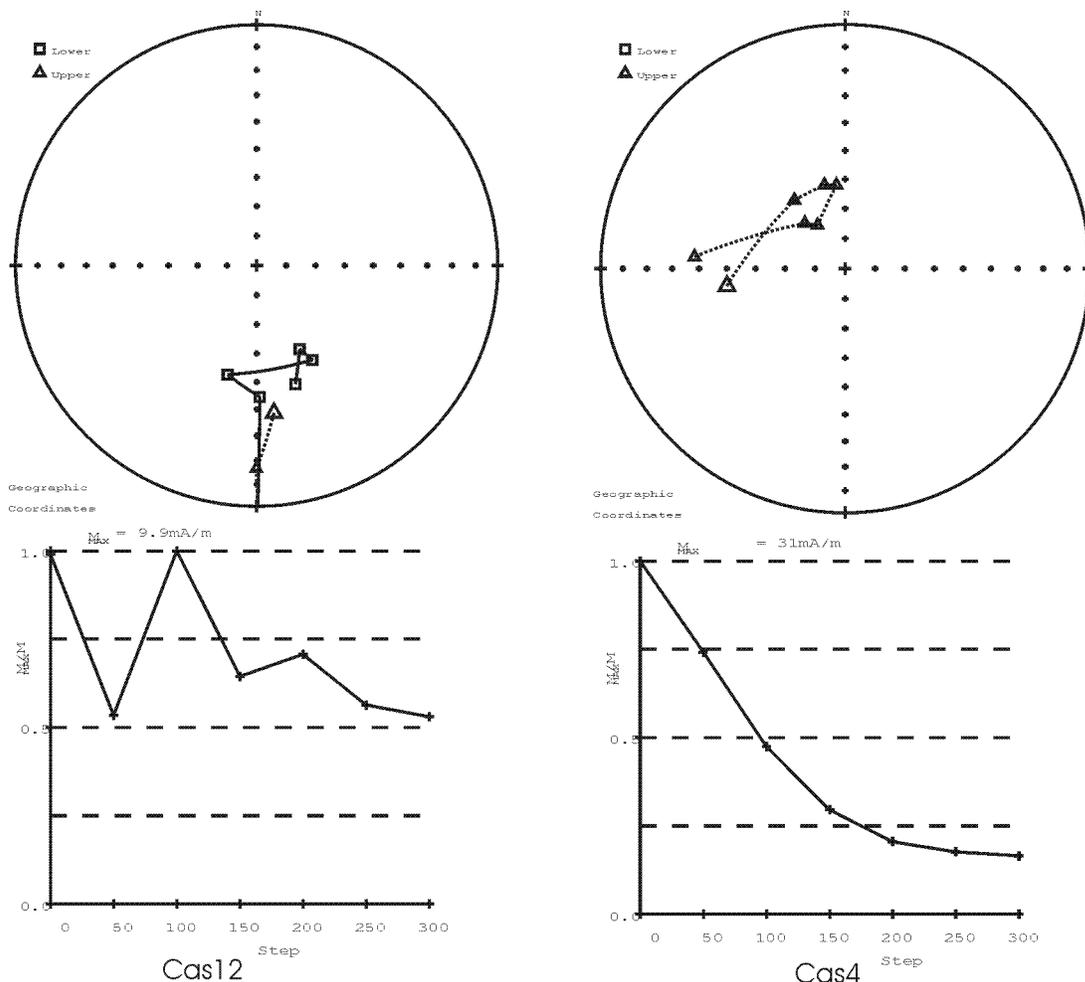
Se presenta aquí un perfil compuesto de 7 m de profundidad, reconstruido sobre la base de las diferentes exposiciones

que se presentan en una excavación ubicada geomorfológicamente en una zona de ladera de valle, cuyo tope se encuentra a 17 m s.n.m.

Las muestras de los sedimentos de la sección superior del perfil presentaron direcciones de magnetización estable de inclinación negativas, compuestas mayoritariamente por una única componente, aunque a veces por mas de una, las que fueron satisfactoriamente aisladas entre los 15 a los 25 mT. (Fig. 4a). Por el contrario, los especímenes de la sección inferior del perfil, con direcciones de mre positivas, presentaron diversas componentes de magnetización, dando lugar a una figura de desmagnetización compleja y quebrada (Fig. 4b). Los valores óptimos de desmagnetización para estos especímenes se encuentran por encima de los 30 mT indicando la presencia de minerales magnéticos con mayores espectros de coercitividad.

En las figuras mencionadas anteriormente se representaron las variaciones en la dirección e intensidad del magnetismo remanente residual (mrr), luego de las sucesivas etapas de lavado. El valor de campo que aísla la magnetización remanente estable (mre), representado por el campo de desmagnetización óptimo, para las muestras de polaridad normal es en este caso de 15 mT, mientras que la correspondiente a la muestra de polaridad inversa es de 30 mT.

Las intensidades de mnr de los especímenes con direcciones de polaridad normal fueron de  $31 \times 10^{-3}$  A/m a  $43,9 \times 10^{-3}$  A/m, mientras que aquellos con direcciones de polaridad inversa fueron menores, fluctuando entre  $2,66 \times 10^{-3}$  A/m y  $26 \times 10^{-3}$  A/m, a lo largo del perfil. Los valores de la susceptibilidad magnética acompañaron solidariamente a los valores de intensidad de la magnetización, indicando que, al igual que en el perfil GAO, sus variaciones están ligadas a cambios en la



**Figura 4:** Cambios en las direcciones y en la intensidad del magnetismo remanente residual. a) Espécimen 4 de polaridad magnética normal del perfil CAS. b) Espécimen 12 de polaridad magnética inversa, del perfil CAS.

mineralogía magnética. Dichos valores, fueron obtenidos de la misma manera que la explicitada para GAO y variaron entre  $1,21 \times 10^{-5}$  SI y  $5,46 \times 10^{-5}$  SI, siendo su valor medio de  $2,98 \times 10^{-5}$  SI.

Las muestras obtenidas de los 3,70 m superiores, evidenciaron tener una dirección magnética de polaridad normal, mientras que por el contrario las muestras por debajo de ese nivel, presentaron sistemáticamente direcciones de polaridad magnética inversa, por lo que desde el punto de vista de la cronología, es posible reconocer dos zonas de polaridad magnética. La superior, correspondiente a la zona de polaridad magnética Brunhes, menor que 0,78 Ma y la inferior correspondiente a la zona de polaridad magnética Matuyama, de edad mayor que ese valor.

## Discusión y conclusiones

1) El objetivo primordial de este trabajo, que fue el de acotar la edad de los sedimentos cuaternarios de este sector de la Pampa Ondulada, permite asignar los 8 m superiores de los sedimentos de la planicie loésica del área estudiada a la zona

de polaridad magnética de Brunhes con una edad menor de 0,78 Ma, y a los sedimentos subyacentes a la zona de polaridad magnética de Matuyama, de edad mayor.

2) El cambio de polaridad magnética se verifica por encima de un suelo enterrado, aproximadamente a 13,30 m s.n.m. Este cambio marca el límite entre las mencionadas zonas de polaridad magnética fue sistemáticamente observado por encima de un suelo enterrado, no solo aquí sino también en otras regiones de la Pampa Ondulada, (Bobbio *et al.* 1986, Nabel y Spiegelman 1988, Nabel *et al.* 1990, Bidegain 1991, Nabel 1993, Bidegain y Rico 2004), por lo que consideramos que el suelo enterrado reconocido en CAS por debajo de los 3,70 m del nivel topográfico y a 13,30 m s.n.m., es equivalente al Geosuelo Hisisa, reconocido en otros sectores de la provincia de Buenos Aires (Nabel *et al.* 1993), conformando una paleosuperficie regional. Dicho suelo, de extensión regional, ha sido propuesto formalmente como un indicador del límite superior de la zona de polaridad magnética de Matuyama (Tonni *et al.* 1999). La presencia de sedimentos loésicos por encima de dicho suelo sugiere también, al igual que en los otros casos reconocidos, la coincidencia con una de las fluc-

Cas

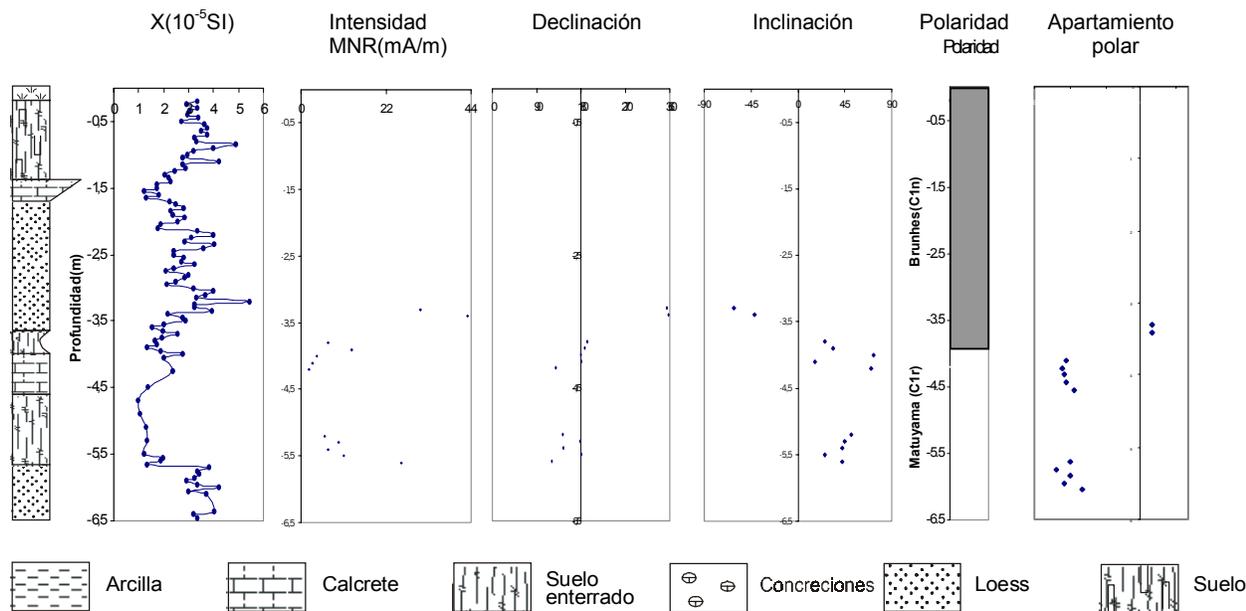


Figura 5: Sedimentología, susceptibilidad, intensidad del mrn, direcciones del mre, y polaridad magnética del perfil CAS

tuaciones climáticas que se produjeron en la región durante el Cuaternario, de condiciones relativamente más húmedas hacia otras más secas.

3) En razón de que dicho límite de polaridad hallado ha sido encontrado en sedimentos de la sección superior de la Formación Ensenada (Nabel *et al.* 1993) así como por las características morfológicas de los materiales aquí estudiados, es posible asignar a los sedimentos de la base del perfil de CAS a dicha formación, mientras que los sedimentos del nivel superior, como así también los reconocidos en el perfil GAO, corresponden a la Formación Buenos Aires.

4) El comportamiento de la susceptibilidad magnética ha evidenciado valores máximos en los niveles loésicos, del mismo orden de magnitud que el horizonte B de suelo actual, en tanto los valores mínimos coinciden con los calcretes y con los niveles de suelos enterrados. Dentro de este comportamiento genérico, que se manifiesta en todos los perfiles estudiados por estos autores en la región, resalta el significativo aumento de la susceptibilidad magnética de los sedimentos más antiguos de la Formación Ensenada, de polaridad inversa a la actual. Una posible explicación a dicho comportamiento ha sido sugerida (Nabel *et al.* 1999), aunque se requieren reiterados y exhaustivos estudios para arribar a una interpretación más ajustada.

5) La significativa extensión en el tiempo de los procesos de depositación y evolución de estos sedimentos, dan soporte a estudios mineralógicos y geoquímicos (v.g. Morrás 1996, 1999, 2003, Morrás *et al.* 1998, 2002, 2004, Nabel *et al.* 1999, Zárate 2003) que sugieren diferentes áreas de influencia para la Pampa Ondulada, modificando la tradicional concepción

sobre la homogeneidad en el origen de los sedimentos pampeanos.

Uno de los aportes importantes de este trabajo, es haber podido realizar una valoración de la edad de los sedimentos, sobre la base del estudio magnetoestratigráfico de los mismos. Dicha valoración del tiempo transcurrido, ofrece la escala temporal necesaria para comprender la dinámica de los procesos de sedimentación estudiados desde el punto mineralógico y geoquímico.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Prof. Randolph J Enkin por facilitar los programas de procesamiento de datos paleomagnéticos, al CONICET, al MACN y al INTA por las facilidades brindadas para la realización de este trabajo.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Bidegain, J., 1991. Sedimentary development, magnetostratigraphy and sequence of events of the Late Cenozoic in Entre Rios and surrounding areas in Argentina. Doctoral Thesis, Stockholm University 345 p., Stockholm.  
 Bidegain, J., 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(12): 207-229  
 Bidegain, J., van Velzen, A. y Rico, Y., 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 climáticos y paleoambientales. Revista de la Asociación Geológica Argentina 56 (4): 503-516

- Bidegain, J., Cortelezzi, C., Pittori, C. y Rico, Y., 2002. Registros paleomagnéticos y paleontológicos en sedimentos loessoides del Pleistoceno-Holoceno en el "Estadio Ciudad de La Plata", provincia de Buenos Aires, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 57 (4): 404-414
- Bidegain, J. y Rico, Y., 2004. Mineralogía magnética y registros de susceptibilidad en sedimentos cuaternarios de polaridad normal (Brunhes) y reversa (Matuyama) de la cantera de Juárez, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59 (3): 451-461.
- Bobbio, M., Devincenzi, M., Orgeira, M. y Valencio D., 1986 La magnetoestratigrafía del Ensenadense y Bonaerense de la Ciudad de La Plata (excavación Nuevo Teatro Argentino): su significado geológico. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 41 (1-2): 7-21.
- Luna, A., Nabel, P. y Machado, G., 1990. Reconocimiento de un paleosuelo entre las Formaciones Ensenada y Buenos Aires (San Pedro-Baradero). Simposio Internacional sobre Loess. Mar del Plata, 25 Nov.-1 Dic. 1990. Resúmenes Expandidos 138-142.
- Morrás, H. 1996. Diferenciación de los sedimentos superficiales de la región pampeana en base a los contenidos de fósforo y potasio. *Actas 6° Reunión Argentina de Sedimentología, Bahía Blanca*: 37-42.
- 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, Asociación Argentina de Sedimentología, Buenos Aires, 19-20
- Morrás, H., 1999. A geochemical differentiation of quaternary sediments from the Pampean region based on soil phosphorous content as detected in the early 20<sup>th</sup> century. *Quaternary International* 62: 57-67
- Morrás, H., 2003. Distribución y origen de los sedimentos superficiales de la Pampa Norte en base a la mineralogía de arenas. Resultados preliminares. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 10 (1): 53-64.
- Morrás, H., Zech, W. y Nabel, P., 1998. Composición geoquímica de suelos y sedimentos loésicos de un sector de la Pampa Ondulada. 2° Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses 1: 225-232, Mar del Plata.
- Morrás, H., Altinier, M., Castiglioni, G., Grasticini, G, Ciari, G. y Cruzate, G., 2002. Composición mineralógica y heterogeneidad espacial de sedimentos loésicos superficiales en la Pampa Ondulada. *Actas 18° Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, (actas electrónicas) Puerto Madryn*.
- Morrás, H., Altinier, M., Castiglioni, M. y Tessier, D., 2004. Relación entre la mineralogía de arcillas y la susceptibilidad magnética en tres suelos del sur de la Pampa Ondulada. *Actas XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, (actas electrónicas) Paraná*.
- Nabel, P. y Valencio, D., 1981. La magnetoestratigrafía del Ensenadense de la Ciudad de Buenos Aires: su significado geológico. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 36: 7-18.
- Nabel, P. y Spiegelman, A., 1988. Caracterización sedimentológica y paleomagnética de una sección del Pampeano en el subsuelo de la Ciudad de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 43 (2): 224-230.
- Nabel, P., Machado, G. y Luna, A., 1990. Criterios diagnósticos en la estratigrafía de los «Sedimentos Pampeanos» del NE de la Provincia de Buenos Aires. 11° Congreso Geológico Argentino, *Actas* 2: 121-124.
- Nabel, P., Machado, G. y Luna, A., 1990. Identificación del límite Brunhes-Matuyama (0,73 m.a.) en sedimentos pleistocenos de la Provincia de Buenos Aires. Simposio Internacional sobre Loess, 25 Nov.-1 Dic. 1990. Resúmenes Expandidos: 91-95, Mar del Plata.
- Nabel, Paulina. 1993. The Brunhes-Matuyama Boundary in Pleistocene Sediments of Buenos Aires Province, Argentina. *Quaternary International* 17: 79-85.
- Nabel, P., Camilion, C., Machado, G., Spiegelman, A. y Mormeneo, L., 1993. Magneto y litoestratigrafía de los sedimentos pampeanos en los alrededores de la Ciudad de Baradero, Provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 48 (3-4): 193-206.
- Nabel P. y Morrás, H., 1996. Susceptibilidad magnética en suelos de la Pampa Ondulada, Prov. de Buenos Aires. 13° Congreso Geológico Argentino, *Actas* 2: 541.
- Nabel, P., Morrás, H., Petersen, N. y Zech, W., 1999. Correlation of magnetic and lithologic features from soils and Quaternary sediments from the undulating Pampa, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 12 (3): 311-323
- Re, G. y Orgeira, M., 1991. Estudio paleomagnético de una secuencia de sedimentos del "Ensenadense-Bonaerense" del subsuelo de la ciudad de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 46 (3-4): 159-166
- Tonni, E., Nabel, P., Cionne, A., Etchichuri, M., Tófaló, R., Vargas, D., Scillato Yan, G., San Cristobal, J. y Carlini, A., 1999. Bioestratigraphy, magnetoestratigraphy and lithoestratigraphy from the Pleistocene of Hernandez Quarry (Pdo. de la Plata, Prov. de Buenos Aires). *Journal of South American Earth Science* 12 (3): 273-291.
- Valencio, D. y Orgeira, M., 1983. La magnetoestratigrafía del Ensenadense y Bonaerense de la Ciudad de Buenos Aires. Parte II. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 38 (1): 24-33
- Zárate, M., 2003. Loess of southern South America. *Quaternary Science Reviews* 22: 1987- 2006.

**Recibido:** 15/03/05

**Aceptado:** 30/05/05