



PARÁMETROS MAGNÉTICOS EN LA RECONSTRUCCIÓN PALEOCLIMÁTICA Y PALEOAMBIENTAL DE UNA SECUENCIA DEL CENOZOICO TARDÍO, PUNTA SAN ANDRÉS, ACANTILADOS DE CHAPADMALAL, PROVINCIA DE BUENOS AIRES.

Yamile Rico^{1*} y Juan Carlos Bidegain¹

¹PALEOMAGNETISMO, LEMIT-CIC, calle 52 e/ 121 y 122, CP.1900, La Plata, Buenos Aires, Argentina. E-mail: yamrico@hotmail.com

Resumen

Se presentan los resultados preliminares de un estudio geológico y de magnetismo ambiental, realizado sobre sedimentos del Cenozoico tardío (< 2,9 Ma), expuestos en los acantilados costeros de Punta San Andrés (38° 10' 46,95'' Lat. S., 57° 38' 59,44'' Long. O), Miramar, provincia de Buenos Aires. Es una secuencia sedimentaria de origen continental (fluvial y eólico), integrada por niveles de loess, paleosuelos, horizontes cálcicos y grandes paleocanales, correspondientes a las unidades formacionales, Vorohué, San Andrés, Miramar y Arroyo Seco. Los procesos de meteorización y pedogénesis sobre el material parental (loess), durante los períodos de mayor humedad (interglaciales), dieron lugar a la formación de suelos, generando el decrecimiento de los parámetros magnéticos de concentración, tal como ocurre en las secuencias de loess/paleosuelos de Alaska y Siberia (“modelo de los fuertes vientos”). Los valores más bajos corresponden a los horizontes calcáreos, los intermedios a los paleosuelos y los más elevados a las capas de loess. Por el contrario, los valores de susceptibilidad dependiente de la frecuencia (χ_{df}) y coercitividad (H_c y H_{cr}) se incrementan en los paleosuelos, en relación al loess.

Abstract

The geological and environmental study carried out in late Cenozoic sediments (< 2.9 Ma) of Punta San Andrés, Buenos Aires (38° 10' 46,95'' Lat. S., 57° 38' 59,44'' Long. O), is reported in this contribution. The geological profile of Punta San Andrés is mainly integrated by fluvial and eolian deposits assigned to the Vorohué, San Andrés, Miramar and Arroyo Seco Formations. Loess, loess-like sediments, paleosols, calcic horizons and conspicuous paleochannels cutting different layers are well represented along the section. Pedogenesis and weathering on parent materials produced the decrease of susceptibility values which follows the “wind vigor model” of magnetic behavior (Siberia). Consequently the concentration magnetic values are higher in the parent materials, paleosols show the intermediate values and the calcic horizons the lowest ones. Conversely, the F factor and the coercivity parameters increase in paleosols.

Introducción

Los sedimentos del Plio-Pleistoceno que afloran a lo largo de los acantilados de la costa atlántica bonaerense, han sido motivo de estudios geológicos, paleontológicos (Ameghino, 1908; Frenguelli, 1921; Kraglievich, 1952; Pascual et al., 1965; Zárate, 1989; Teruggi et al., 1974, entre otros) y también paleomagnéticos (Orgeira, 1987, 1988, 1990; Ruocco, 1990; Bidegain et al., 2005b; Bidegain y Rico 2011, en prensa). La geología del perfil de Punta San Andrés, fue descripta anteriormente por Teruggi et al., 1974. Basados en la clasificación propuesta por Kraglievich (1952), estos autores reconocen la presencia de sedimentos correspondientes a las unidades formacionales, Vorohué, San Andrés, Miramar y Arroyo Seco, integradas por niveles alternantes de limolitas, paleosuelos y costras calcáreas, frecuentemente atravesados por valles fluviales, que en ocasiones alcanzan los 100 m de ancho, también destacan la presencia de crotovinas. De acuerdo con el contenido fosilífero, los sedimentos del perfil de Punta San Andrés, fueron asignados a los pisos Uquiense, Ensenadense y Lujanense. Los estudios paleomagnéticos, permitieron definir varias zonas de polaridad normal y reversa a lo largo del perfil, correspondientes a los crones Brunhes (< 0,78Ma, de polaridad normal), Matuyama (0,78 - 2,6 Ma, de



polaridad reversa) y Gauss Superior (2,6 – 2,9 Ma, normal), y a los subcronos, Jaramillo (0,99 - 1,05Ma, normal) y Olduvai (1,78 - 2,02Ma, normal). Estudios comparativos, permiten correlacionar los sedimentos de Punta San Andrés con los aflorantes a 3,4 km al sureste, en el perfil de “El Muelle” (Orgeira, 1987, 1988, 1990), aunque su base presenta sedimentos más viejos, de edad magnética Kaena (>2,9Ma). Por el contrario, no es posible la misma correlación con los sedimentos expuestos a 4,5 km al norte de Punta San Andrés (Bidegain y Rico, 2011 en prensa), en los acantilados de Barranca de Los Lobos estudiados por Orgeira y Valencio (1984), Orgeira (1988 y 1990), ya que han sido asignados a los cronos de polaridad Gauss (2,6-3,5Ma) y Gilbert (>3,5Ma), más antiguos.

En la Argentina, al igual que en China, Europa, Siberia y Alaska, el uso de los parámetros magnéticos, ha permitido realizar la reconstrucción de la historia paleoclimática y paleoambiental de algunas secciones de loess/paleosuelos de edad cuaternaria. Sobre el Plateau de Loess Pampeano, se han efectuado varios estudios completos en canteras del partido de La Plata (Bidegain et al., 2001, 2005 a y b, 2007, 2009, entre otros), en suelos actuales y paleosuelos de la provincia de Buenos Aires, La Pampa e Isla Grande de Tierra del Fuego (Orgeira et al., 2008; Bartel et al., 2011, entre otros) y en los acantilados costeros ubicados al norte de la ciudad de Mar del Plata (Bidegain et al., 2005b). La presente contribución forma parte de un trabajo más extenso que comprende localidades ubicadas al sur de Punta San Andrés.

Metodología

En primer lugar, se realizó la descripción geológica de la secuencia estratigráfica de Punta San Andrés y el reconocimiento de las unidades formacionales. Luego se efectuó un estudio detallado de cada uno de los niveles en base a su color, textura al tacto, estructuras, tipos de contacto en base y techo y espesor.

Una vez definida la sucesión de estratos, se extrajeron muestras representativas (aproximadamente 1 kg) para análisis granulométricos y mineralógicos. Mediante un susceptibilímetro de campo marca Bartington, con sensor MS2F, se midió la susceptibilidad volumétrica (κ) a una equidistancia de 10 cm entre punto de medición y el valor que se consignó es el promedio de tres mediciones por punto.

En el Instituto de Física Arroyo Seco (IFAS) de la Universidad Nacional del Centro (UNICEN), se midió la susceptibilidad másica (χ), en alta (4700Hz) y en baja (470Hz) frecuencia, mediante la utilización de un equipo Bartington MS2B y se determinó el valor de la susceptibilidad dependiente de la frecuencia (χ_{df}) ó factor F ($= 100 \times [\chi_{470} - \chi_{4700}] / \chi_{470}$). Los valores de magnetización remanente isothermal de saturación (MRIS) y coercitividad de la remanencia (H_{cr}), se obtuvieron mediante un magnetómetro de pulso ASC Scientific modelo IM-10-30 y un magnetómetro rotativo Minispin marca Molspin.

En el Departamento de Física de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), mediante la utilización de un Magnetómetro de Muestra Vibrante (VSM), se obtuvieron los parámetros del ciclo de histéresis: M_s (magnetismo de saturación), M_{rs} (magnetismo remanente a saturación), H_c (fuerza coercitiva) y H_{cr} (coercitividad de la remanencia).

Resultados y Análisis

En la Fig.1 se representa el perfil geológico de Punta San Andrés con las unidades litoestratigráficas, las edades mamífero y la magnetoestratigrafía. También se indican los valores de susceptibilidad volumétrica (K), susceptibilidad másica (χ), magnetismo de saturación (M_s) y magnetismo remanente a saturación (M_{rs}).

El perfil geológico de Punta San Andrés (Foto A), tiene una potencia de 15,5 m, está integrado por las unidades formacionales Vorohué, San Andrés, Miramar y Arroyo Seco (de base a techo). El contacto

**Foto A**

entre las mismas es claramente discordante. La Formación Vorohué, aflora en la base del acantilado, su espesor varía entre 1 y 2,5 m; se trata de un limo masivo, de color castaño oscuro, algo bioturbado, que presenta intercalaciones de venillas calcáreas y en ocasiones cavidades saltuarias rellenas por una arenisca grisácea de grano fino; en general aparece coronada por un nivel de tosca laminar (T1) de 30cm de espesor, aunque en algunos sectores, éste nivel, ha sido erosionado por paleocanales.

La Formación San Andrés, está integrada por una sucesión alternante de limolitas, paleosuelos (P1, P2, P3 y P4) y niveles de tosca (T2, T3, T4, T5, T6 y T7) de distinta morfología (laminar, masiva, en candelabro, pulverulenta y mamelonar). La actividad fluvial durante la depositación de estos sedimentos ha sido muy intensa, por lo cual, la continuidad lateral de los niveles mencionados anteriormente, resulta interrumpida por la presencia de gran cantidad de paleocanales y diamictos. Dentro de esta unidad formacional, sólo algunos niveles, como T2, T3, y el horizonte de paleosuelo P3, podrían considerarse horizontes guía, por su continuidad a lo largo del perfil. La presencia de crotovinas de aproximadamente 1m de diámetro, con estructura interna laminar, es común en el contacto entre el nivel de tosca T2 y el paleosuelo P1. El espesor conservado de los paleosuelos P1, P2 y P3, identificados como horizontes Bt, no excede los 0,60 m, mientras que el nivel indicado como P4, alcanza a tener 1,80 m de espesor; posiblemente, se trate de una sucesión de horizontes de paleosuelo superpuestos (“pedocomplex”), cuyos contactos no pudieron ser diferenciados, debido a la precipitación de carbonato de calcio, que dio origen a las toscas en candelabro (T5 y T6). Finalmente, la Fm. San Andrés, culmina con el desarrollo de la tosca tabular T7, que precipitó durante un período de aridez.

En la Formación Miramar, de 3 m de espesor, se diferenciaron 4 horizontes de paleosuelo (P5, P6, P7 y P8), un nivel de loess masivo escasamente pedogenizado, dos niveles de limolitas laminadas, con abundantes concreciones de arcilla y venas carbonáticas, y un nivel de tosca laminar (T8). Los paleocanales son más frecuentes en el tope de esta unidad formacional; intercalados entre los niveles basales se observan facies paleolagunares de color gris verdosas y geometría lenticular. En general, el color de los sedimentos de la Fm. Miramar es castaño claro y contrasta con los de la Fm. San Andrés, castaño rojizo.



Los sedimentos de la Formación. Arroyo Seco, depositados durante el Lujanense, están representados en este perfil, por un nivel limo arenoso, un paleosuelo y dos niveles de tosca. El primero es muy friable en la base y está frecuentemente erosionado por paleocanales con infiltraciones carbonáticas en el tope; el paleosuelo (de 0,90 m de espesor), presenta tintes anaranjados y está estructurado en bloques subangulares, los dos niveles de tosca (T9 y T10) son laminares. Finalmente, por encima de estos sedimentos se deposita una capa de limo (loess) sobre la que se desarrolla el suelo actual.

Los valores de K , varían entre 20 y 690×10^{-5} SI; los de χ , entre 20 y 380×10^{-8} m^3/kg ; los de M_s , entre $0,2$ y $5,0 \times 10^{-7}$ Am^2/kg ; y los de M_{rs} entre $0,02$ y $0,71 \times 10^{-7}$ Am^2/kg (Fig.1). Sobre la base de estos resultados, fue posible agrupar las muestras en tres poblaciones: la de las limolitas (valores altos), la de los paleosuelos (valores intermedios) y la de las toscas (valores más bajos). Los parámetros magnéticos de concentración (K , χ , M_s y M_{rs}) decrecen en los paleosuelos y más aún en los niveles de tosca; los valores más elevados corresponden a los materiales menos pedogenizados, como las limolitas. Este comportamiento, es similar al descrito para el loess del sector NE de la provincia de Buenos Aires.

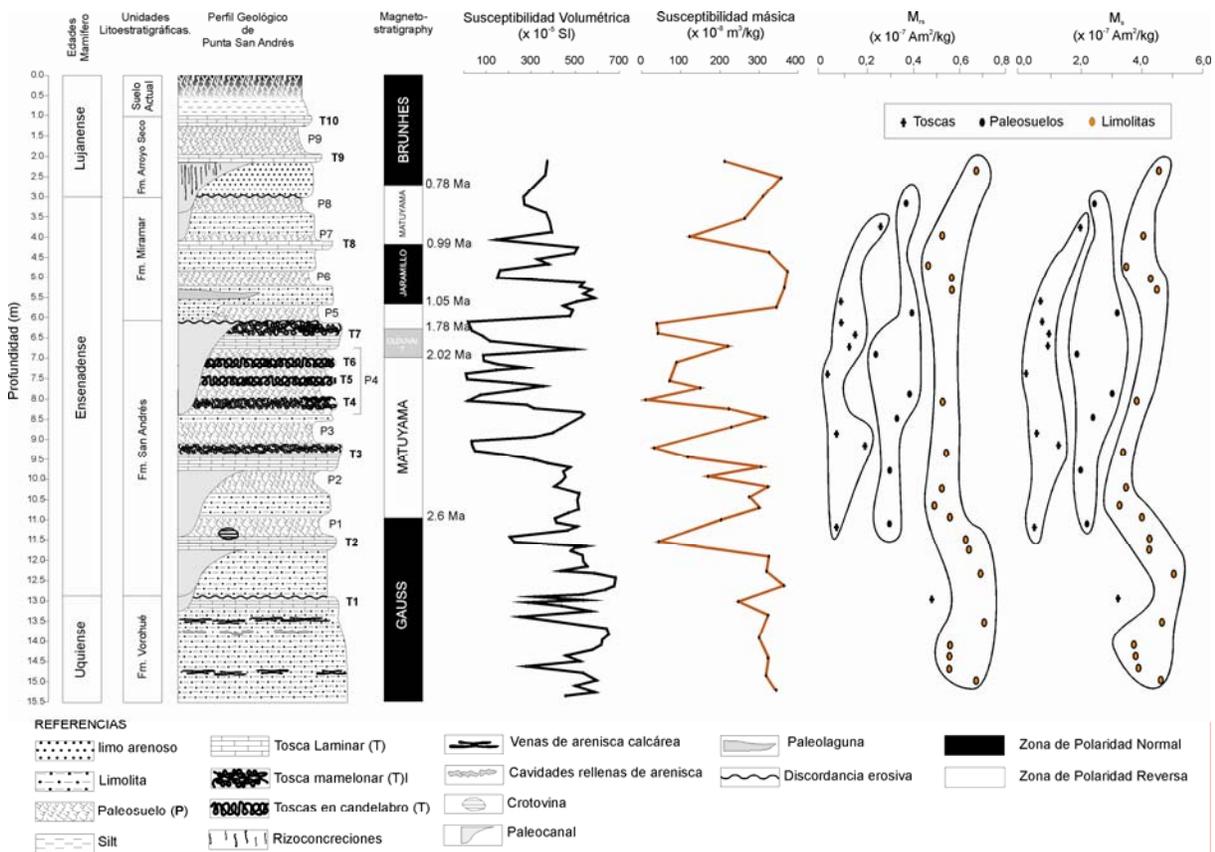


Figura 1.

En Kurtak, Siberia (Chlachula et al., 1998), los valores máximos de susceptibilidad másica 400×10^{-8} m^3/kg , se aproximan a los obtenidos en el loess pampeano (380×10^{-8} m^3/kg), empero los mínimos (100×10^{-8} m^3/kg) están muy por encima de los mínimos (20×10^{-8} m^3/kg) que se obtienen en el loess de nuestra región. Estos registros reflejan las diferencias en el grado de desarrollo pedogenético entre ambas regiones loésicas.

En la presente contribución también se indican las diferencias de registros a nivel de la región pampeana. En el NE de la provincia de Buenos Aires, los valores de susceptibilidad, tienen un rango de variación entre 11 y 280×10^{-8} m^3/kg y no alcanzan los registros máximos indicados para Punta San Andrés y norte de Mar del Plata. Esto podría relacionarse con diferencias en el tamaño de partícula del material original



(más grueso en los acantilados costeros) y con el grado de meteorización y pedogénesis, que ha sido más intenso en regiones con regímenes de humedad más elevada.

Los valores de χ_{df} en Punta San Andrés, varían entre 0 y 6,3 %, los máximos se obtiene en los paleosuelos más meteorizados y en algunos horizontes cálcicos lo que indica una mayor contribución de partículas superparamagnéticas en estos horizontes. En Siberia (modelo de los fuertes vientos), este rango de variación es significativamente inferior (χ_{df} : e/ 1 y 2 %), pero en China (modelo pedogenético), es similar (χ_{df} : e/ 0,8 y 7,8 %) y también se incrementa en los paleosuelos más que en el loess al igual que en nuestra región.

Los valores de H_c , varían entre 8,2 y 11 mT y los de H_{cr} entre 22 y 30 mT. Estos valores, comparados con loess y paleosuelos del NE de Buenos Aires (H_c : e/ 8,5 y 13,5 mT; H_{cr} : e/ 26 y 38 mT) son algo inferiores y podrían estar relacionadas a un menor grado de meteorización y pedogénesis aunque están en el rango de las magnetitas.

Conclusiones

El perfil geológico de Punta San Andrés, está integrado por sedimentos correspondientes a las unidades formacionales Vorohué, San Andrés, Miramar y Arroyo Seco.

La secuencia está integrada por niveles alternantes de limolitas, paleosuelos y horizontes cálcicos, que frecuentemente son cortados por paleocanales de considerable dimensión.

Los parámetros magnéticos de concentración (K , χ , M_s y M_{rs}) decrecen con el incremento del grado de meteorización y pedogénesis, durante los períodos de mayor humedad (interglaciales) y se incrementan hacia el material parental (loess y loessoides) acarreados hasta la región en períodos de mayor aridez (glaciales). Este patrón de comportamiento, es semejante al de los “fuertes vientos” definido para Alaska y Siberia y contrapuesto al de China y Europa, definido como “modelo pedogenético”. No obstante el desarrollo pedogenético sobre materiales loessoides y la presencia de limos (arenosos) calcáreos constituyen rasgos del loess pampeano que proporcionan parámetros magnéticos que no pueden asimilarse mecánicamente a ninguno de los dos modelos magnetoclimáticos en pugna: el de los fuertes vientos y el pedogenético.

Los valores de susceptibilidad magnética en los acantilados de la costa bonaerense, superan a los máximos registrados en el NE de la provincia de Buenos Aires, contrariamente los valores de coercitividad son algo inferiores. Estos resultados evidencian un menor grado de meteorización y pedogénesis, asociado a un incremento del tamaño de grano litológico en los sedimentos de la costa, donde la fracción dominante (limo arenosa) es más gruesa que en el sector NE (limo y limo arcillosa).

Referencias

- Ameghino, F., 1908. Las formaciones sedimentarias de la región de Mar del Plata y Chapalmalal. Anales del Museo Nacional de Buenos Aires 3 (X): 343-428.
- Bartel, A.A., Bidegain, J.C. and Sinito, A.M., 2011. Magnetic parameter analysis of climosequence of soils in the Southern Pampean Region, Argentina. *Geofísica Internacional* 50 (1): 9-22.
- Bidegain, J.C., 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 paleoclimáticos y paleoambientales. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 56(4): 503-516.
- Bidegain, J.C, M.E. Evans, A.J. van Velzen., 2005a. A magnetoclimatological investigation of Pampean loess, Argentina. *Geophysical Journal International* 160: 55-62.



- Bidegain, J.C., Osterrieth, M.L., Van Velzen, A.J y Rico, Y., 2005b. Geología y registros magnéticos entre arroyo La Tapera y Santa Clara del Mar, Mar del Plata. RAGA 60 (3): 599-604.
- Bidegain, J.C., van Velzen, A.J., Rico, Y., 2007. The Brunhes/Matuyama boundary and magnetic parameters related to climatic changes in Quaternary sediment of Argentina. Journal South American Earth Sciences 23: 17-29.
- Bidegain, J.C., Rico, Y., Bartel, A.A., Chaparro, M., Jurado, S., 2009. Magnetic Parameters Reflecting Pedogenesis in Pleistocene Loess Deposits of Argentina. Quaternary International 209: 175-186.
- Bidegain, J.C., Rico, Y., 2011 (en prensa). Magnetostratigraphy and magnetic parameters of a sedimentary sequence in Punta San Andrés, Buenos Aires, Argentina, Quaternary International, doi:10.1016/j.quaint.2011.08.018.
- Chlachula, J., Evans, M.E., Rutter, N.W., 1998. A magnetic investigation of a late Quaternary loess/paleosol record in Siberia. Geophysical Journal International 132: 128-132.
- Frenguelli, J., 1921. Los terrenos de la costa atlántica en los alrededores de Miramar (provincia de Buenos Aires) y sus correlaciones. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, t. XXIV: 325-485.
- Kraglievich, J.L., 1952. El perfil geológico de Chapadmalal y Miramar, provincia de Buenos Aires. Revista del Museo Municipal de Ciencias Naturales y Tradicional de Mar del Plata 1:8-37.
- Orgeira, M.J., 1987. Estudio Paleomagnético de los Sedimentos del Cenozoico Tardío en la Costa Atlántica Bonaerense. Revista de la Asociación Geológica Argentina XLII (3-4) :362-376.
- Orgeira, M.J., 1988. Estudio geológico y paleomagnético de los sedimentos asignados al Cenozoico tardío aflorantes en los acantilados costeros entre Mar del Plata y Miramar (Pcia. de Buenos Aires). Tesis Doctoral. Fac. de Ciencias Exactas y Naturales, UBA.
- Orgeira, M.J., 1990. Paleomagnetism of late Cenozoic fossiliferous sediments from Barranca de los Lobos (Buenos Aires Province, Argentina). The magnetic age of South American land-mammal ages. Physics of the Earth and Planetary Interiors, 64: 121-132.
- Orgeira, M.J. y Valencio, D. 1984. Estudio paleomagnético de los sedimentos aflorantes en Barranca de Los lobos, provincia de Buenos Aires. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 4: 162-173.
- Orgeira, M.J., Pereyra, F.X., Vásquez, C., Castañeda, E. y Compagnucci, R. 2008. Environmental magnetism in present soils, Buenos Aires province, Argentina. Journal of South American Earth Science 26: 217-224.
- Pascual, R., Ortega Hinojosa, E.J., Gondar, D. y Tonni, E., 1965. Las edades del Cenozoico mamalífero de la Argentina, con especial atención en aquellas del territorio bonaerense. Anales CIC - Provincia de Buenos Aires 1 (VI): 165-193.
- Ruocco, M., 1990. Paleomagnetic analyses of continental deposits of the last 3 Ma from Argentina: Magnetostratigraphy and fine structures of reversals. Doctoral thesis, Department of Geology and Geochemistry, University of Stockholm, 100 pp.
- Teruggi, M.E., Andreis, R.H., Mazzoni, M.M., Dalla Salda, L.H. y Spalletti, L.A., 1974. Nuevos criterios para la estratigrafía del cuaternario de las Barrancas de Mar del Plata – Miramar. Anales del LEMIT, Serie II, N° 268: 135-148.
- Zárate, M.A., 1989. Estratigrafía y Geología del Cenozoico tardío aflorante en los acantilados marinos comprendidos entre Playa San Carlos y Colonia Chapadmalal, partido General Pueyrredón, provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral, Museo de La Plata, 220 pág.