

3

Evidencias sedimentológicas de cambios climático-ambientales en el cuaternario de la provincia de La Pampa

Santiago B. Giai, Ricardo N. Melchor y Aldo M. Umazano

Facultad de Ciencias Humanas, UNLPam
Administración Provincial del Agua de La Pampa
CONICET. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNLPam

@ [sgiai@cpenet.com.ar; amumazano@exactas.unlpam.edu.ar;
rmelchor@exactas.unlpam.edu.ar].

Resumen

Entre los sedimentos cuaternarios de la llanura pampeana, en particular en las provincias de Buenos Aires, sur de Córdoba y La Pampa, son frecuentes acumulaciones arenosas culminando la secuencia. Han recibido distintos nombres formacionales, y estratigráficamente se las ha considerado asignables a la edad mamífero Lujanense (Pleistoceno superior), en algunos casos con sus términos superiores en el Holoceno. En el centro de la provincia de La Pampa, extensos mantos arenosos se conocen como Formación Meauco, formación que tiene continuidad física con depósitos equivalentes de la provincia de Buenos Aires. En el trabajo se describen e interpretan cuatro perfiles sedimentológicos detallados de esta unidad, relevados en la cercanía del paraje Jagüel del Monte. Los mismos ponen en evidencia que existieron dos períodos en los que la humedad fue mayor, coincidiendo con sedimentación escasa a nula y el desarrollo de paleosuelos, de manera que durante el lapso de tiempo materializado por la Formación Meauco, se sucedieron cinco períodos con diferencias climático ambientales: árido - húmedo - árido - húmedo - árido.

Palabras clave: Cuaternario - Provincia de La Pampa - Formación Meauco - Sedimentología - Cambios climático-ambientales.

Evidências sedimentológicas de mudanças climáto-ambientais no quaternário da província de La Pampa

Resumo

Entre os sedimentos quaternários da planície pampeana, em particular nas províncias de Buenos Aires, sul de Córdoba e La Pampa, são frequentes acumulações arenosas, culminando a seqüência. Têm recebido distintos nomes formacionais, e estratigraficamente são considerados assignáveis à idade

mamífero Lujanense (Pleistoceno superior), em alguns casos com seus termos superiores no Holoceno. No centro da província de La Pampa, extensos mantos arenosos se conhecem como Formação Meauco, formação que tem continuidade física com depósitos equivalentes da província de Buenos Aires. No trabalho são descritos e interpretados quatro perfis sedimentológicos detalhados dessa unidade, relevados na cercania da localidade Jagüel del Monte. Os mesmos põe em evidência que existiram dois períodos em que a umidade foi maior, coincidindo com sedimentação escassa a nula e o desenvolvimento de paleossolos, de maneira que durante o lapso de tempo materializado pela Formação Meauco, se sucederam cinco períodos com diferenças climato-ambientais: árido - úmido - árido - úmido - árido.

Palavras-chave: Cuaternário - Província de La Pampa - Formação Meauco - Sedimentologia - Mudanças climato-ambientais.

Sedimentation evidence of climatic and environmental changes in the quaternary period in the province of La Pampa

Abstract

Quaternary sediments of pampean plains, particularly in Buenos Aires province, south of Córdoba and La Pampa, frequently had sandy beds at the sequence top. They had named with different formational names, and were considered of mammal age Lujanense (upper Pleistocene), in some cases with his upper beds in Holocene. In center La Pampa province, there are great sandy beds named Meauco Formation, which have physical continuity with similar deposits within Buenos Aires province to the east. In this work four sedimentary detailed profiles near Jagüel del Monte are described and interpreted. From this is evident that two wet periods take place with a poor or nule sedimentation rate, and paleosoils development, so during time period in which Meauco Formation was deposited, five stages with different climatic environmental conditions take place: dry - wet - dry - wet and dry.

Key words: Quaternary - La Pampa province - Meauco Formation - Sedimentology - Climatological-environmental changes.

Introducción

Los sedimentos cuaternarios de la República Argentina han sido objeto de estudio desde la época colonial, pero los mayores aportes se produjeron entre fines del siglo XIX y el siglo XX. Las primeras investigaciones se refirieron al litoral del río de La Plata y a la costa de la provincia de Buenos Aires, en virtud de que allí se encontraba la mayor parte de la población, cierta riqueza de restos fósiles y afloramientos con buena exposición. Una vez establecida a grandes rasgos la estratigrafía del Cuaternario

en esta zona, comenzaron los intentos de correlación con los sedimentos coetáneos del interior del país, en primer término con el Cuaternario de la provincia de Córdoba y más adelante con el resto de la llanura pampeana.

Pascual *et al.* (1965), sobre la base del contenido faunístico de las distintas unidades reconocidas, y haciendo la salvedad de las dificultades que involucra que Sudamérica fuera un continente insular con fauna autóctona hasta el Terciario, establecieron las equivalencias entre las unidades cronoestratigráficas y las “edades mamífero”. En particular, la edad mamífero Uquiense representa la base del Cuaternario (Pleistoceno temprano), la Ensenadense el Pleistoceno medio y la Lujanense el Pleistoceno tardío. Posteriormente, Marshall y Pascual (1978) correlacionan las edades mamífero del oeste norteamericano con las propias sudamericanas, y propusieron las siguientes edades absolutas: Lujanense 0,01 a 0,3 millones de años antes del presente (Ma); Ensenadense 0,3 a 1 Ma; Uquiense 1 a 2,3 Ma; Montehermosense 2,3 a 4,5 Ma, y Huayqueriense 4,5 a 9,5 Ma.

En las provincias de Buenos Aires, sur de Córdoba y La Pampa, son comunes las acumulaciones arenosas cuaternarias, de origen eólico y que adoptan geofomas diversas. Groeber y Tapia (1933) denominaron a los mantos de arena que se encuentran en gran parte de la llanura bonaerense como “Médano Invasor”. Tapia (1935) continuó utilizando tal denominación y efectuó correlaciones con otras localidades de las provincias de Buenos Aires y La Pampa. Varios autores describieron sedimentos equivalentes en distintos sitios, ubicándolos estratigráficamente. Entre ellos cabe mencionar a Zetti (1964), quien denominó Formación La Movediza a las acumulaciones de arena en la cercanía de Toay (provincia de La Pampa), en la que halló un Megatheridae que atribuyó a la edad mamífero Lujanense. En el centro de La Pampa estos depósitos han recibido distinta denominación. Cannelle (1950) reconoció a estos depósitos como “médanos fluvio-eólicos” y considera que el material que le da origen fue transportado a la zona por el río Salado-Chadileuvú y luego distribuido y acumulado hacia el este-noreste por los vientos predominantes en la región.

Giai (1975) utilizó la denominación de Formación Meauro (al igual que Tullio, 1981 y Melchor y Llambías, 2000) para referirse a los extensos mantos de arena modernos y los cordones de igual origen que ocupan los valles del área correspondiente a la mitad oriental de la Hoja 3766-I (Santa Isabel) y parte de la vecina Hoja 3766-II (Victorica). Además, en la zona de

Jagüel del Monte reconoció capas arcillosas discontinuas intercaladas en la sucesión arenosa. Dichos niveles pelíticos podrían ser el registro de episodios lagunares ocurridos durante períodos más húmedos. Gaii y Tullio (1998) correlacionaron a los depósitos arenosos de la zona de Jagüel del Monte con acumulaciones similares de Santa Rosa y las ubicaron temporalmente en el Pleistoceno tardío-Holoceno (*cf.* Zetti, 1964).

De Salvo *et al.* (1969), describieron sedimentos similares a los que denominaron Formación Junín, en el entorno de la localidad homónima en la provincia de Buenos Aires. Dichos sedimentos son portadores de una fauna también asignada a la edad mamífero Lujanense (Odreman Rivas y Zetti, 1969). Del mismo tipo litológico y origen (arenas eólicas) son las formaciones temporalmente equivalentes de la provincia de Buenos Aires denominadas Lobería (Kraglievich, 1952), Saavedra (De Francesco, 1971), Las Animas (Rabassa, 1973) y La Postrera (Fidalgo *et al.*, 1973). La última de las unidades citadas posee dos niveles: uno inferior con megafauna extinguida y otro superior carente de la misma, por lo cual abarcaría un lapso temporal que va desde el Pleistoceno tardío hasta épocas más recientes.

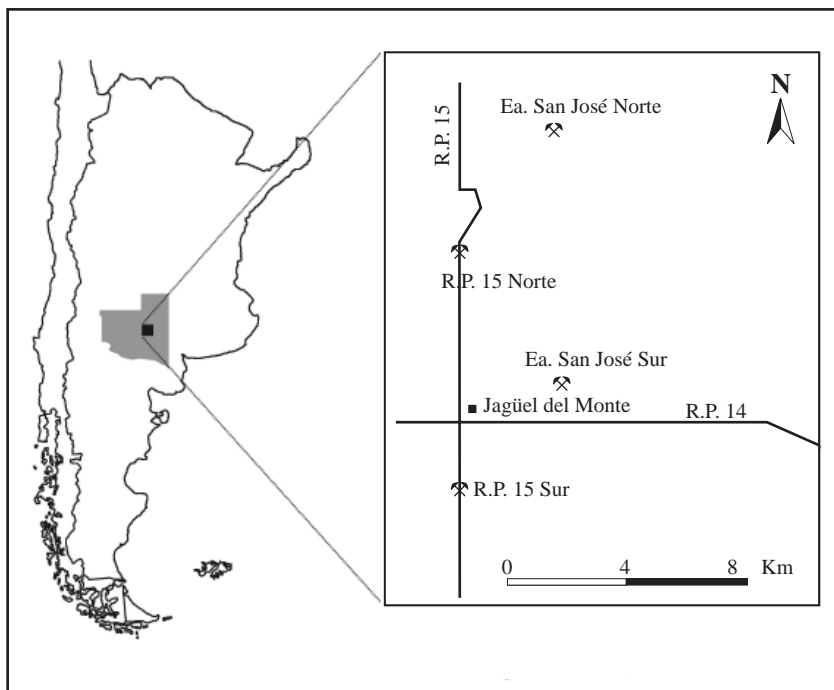
En la presente contribución se describen e interpretan cuatro perfiles sedimentológicos, relevados en los sedimentos medianosos superficiales (Formación Meauro) de la zona centro-oeste de la provincia de La Pampa. Mediante este análisis se pretende caracterizar las condiciones climáticas y ambientales durante el intervalo de tiempo involucrado en la depositación de dichos sedimentos.

Marco geológico y geomorfológico regional

La zona de estudio se encuentra en el sector centro-oeste de la provincia de La Pampa, en las vecindades del paraje Jagüel del Monte, departamento Loventué, provincia de La Pampa (Figura N° 1). El basamento aflora unos 50 Km hacia el SO, en la Estancia La Elbita, donde está constituido por rocas volcánicas asignables al volcanismo permotriásico del Grupo de la Sierra Pintada. Asimismo, unos 10 Km al SE de Jagüel del Monte, en el Puesto La Espuma, una perforación de estudio alcanzó granito a 180 m de profundidad (Gaii, 1975), por sobre el cual se encuentran limos arenosos de la Formación Cerro Azul y arenas de la Formación Meauro. Trabajos

en desarrollo en la zona de la Ea. La Sara, ponen en evidencia, a partir de información geofísica y perforaciones, que estas rocas están afectadas por un fallamiento (Malan y Silleta, com. verbal).

Figura N° 1. Croquis de Ubicación.



Por sobre el basamento granítico-volcánico se han depositado las sucesiones de loess-paleosuelos de la Formación Cerro Azul, la cual generalmente remata con capas de tosca de hasta 2 m de espesor (Visconti, 2007). Dicha unidad es asignada al Mioceno superior, y ha cubierto parcialmente el relieve que afectaba al basamento.

La columna estratigráfica culmina con una cobertura arenosa cuaternaria de origen eólico, asignada a la Formación Meauco (Giai, 1975; Melchor y Llabrás, 2000). En general, adopta la forma de un manto de arena, en el que pueden distinguirse crestas y senos de rumbo suroeste-noreste, coincidente con la dirección de los vientos dominantes en la actualidad. Asimismo, en

algunos sectores son visibles médanos tipo barjanas, dunas lineales y parabólicas (Melchor y Llambías, 2000) y dunas transversales (Szelagowski, 2003). Se trata de arenas y areniscas finas o muy finas, masivas, con estratificación entrecruzada de gran escala (se han medido capas entrecruzadas de hasta 4 m. de potencia), de color pardo rojizo, bien seleccionadas, e inmaduras composicionalmente por la alta proporción de fragmentos líticos volcánicos (Vilela y Riggi, 1953; Tullio, 1981; Giai, 1975; Melchor y Llambías, 2000). El espesor máximo conocido es de 32 m en la Estancia La Gitana (Tullio, 1981).

Iriondo (1990) incluye a éstos depósitos en el “sistema eólico pampeano” y propone una zonación granulométrica a escala macro-regional. Posteriormente, Iriondo y Krohling (1995) e Iriondo (1997) consideran a estos sedimentos como parte del “Mar de Arena Pampeano”, desarrollado en el centro de Argentina (entre latitudes 33° S y 38° S y longitudes 59° 20' O y 67° O), con una extensión de aproximadamente 200.000 km². Las arenas eólicas mencionadas tienen continuidad física hacia el este hasta dentro de la provincia de Buenos Aires, al menos hasta Trenque Lauquen. Acerca de su edad, varios autores (Zetti, 1964; Odreman Rivas y Zetti, 1969; Fidalgo *et al.*, 1973), coinciden en ubicarla en el Pleistoceno superior (Lujanense), en algunos casos indicando que los niveles superiores pueden corresponder a épocas más recientes.

Desde el punto de vista geomorfológico, la Formación Meauco conforma una planicie medanosa con geofomas típicas, como dunas y planicies arenosas. (Melchor y Llambías, 2000). La altura promedio es de 300 m.s.n.m., correspondiente a un relieve regional plano a suavemente ondulado. Esta planicie medanosa se caracteriza por el predominio de campos de dunas longitudinales separados por áreas de depósitos eólicos mantiformes (*aeolian sand sheet*) y por depresiones elongadas que pueden albergar cuerpos de agua. Los campos de dunas longitudinales tienen una longitud máxima de 22 km, ancho variable entre 1 km y 3 km y el espaciado entre campos de dunas es de aproximadamente 3 km. Las dunas longitudinales pueden medir hasta 6 km de largo. Esta configuración se verifica en el cuadrante suroeste del campo de dunas, pero hacia el noreste las dunas longitudinales son de menor longitud y comienzan a ser frecuentes dunas parabólicas y barjanoides asociadas. Dichas dunas alcanzan un tamaño máximo de 2 km de ancho y 3 km de largo (Melchor y Llambías, 2000).

Metodología y área de estudio

Se relevaron cuatro perfiles sedimentológicos detallados (escala 1:5) denominados: Ruta 15 Norte (36° 38' 15,5" S; 65° 47' 12" O), Ruta 15 Sur (36° 42' 39,5" S; 65° 47' 2,4" O), Ea. San José Norte (36° 35' 50,7" S; 65° 45' 18,6 O) y Ea. San José Sur (36° 40' 50" S; 65° 45' 16,5" O). La ubicación de los mismos puede observarse en la Figura N° 1. Los perfiles medidos se disponen en dos depresiones elongadas, casi paralelas, vecinas y de rumbo SO-NE. La depresión septentrional incluye a los perfiles Estancia San José Norte y Ruta 15 Norte, en tanto que la más meridional incluye a los restantes.

Las observaciones se realizaron en calicatas construidas utilizando una retroexcavadora, pala de mano y barreno. Los colores de las sedimentitas fueron tomados en húmedo utilizando la carta de colores de roca. Las sucesiones sedimentarias fueron separadas en *facies*, o sea cuerpos sedimentarios caracterizados por su litología, estructuras físicas y biológicas, que le confieren un aspecto diferente de los cuerpos sedimentarios adyacentes arriba, abajo y lateralmente. Posteriormente, las *facies* fueron agrupadas en asociaciones de *facies*, a las cuales se les puede asignar significado paleoambiental. La Figura N° 2 (página 51) muestran los perfiles sedimentológicos relevados y las asociaciones de *facies* reconocidas.

Análisis de facies

Las distintas secciones relevadas pueden ser correlacionadas utilizando un paleosuelo cementado que se indica por una línea punteada en la Figura N° 2. Fue posible distinguir cinco facies sedimentarias, las que se organizan en dos asociaciones de facies.

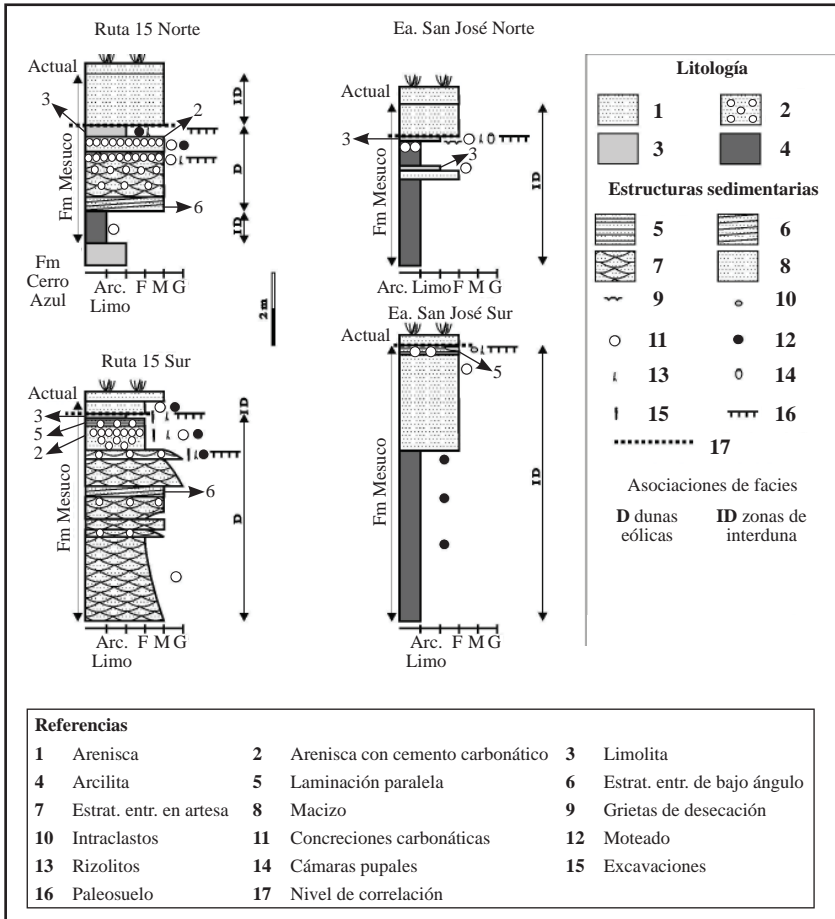
Asociación de *facies* 1: dunas eólicas

La asociación de *facies* 1 está compuesta mayoritariamente por sucesiones de arenas color marrón-amarillento, gruesas a finas, bien seleccionadas y con estratificación entrecruzada en artesa de escala media a chica (facies St) que rematan en niveles limo-arenosos pedogenizados (facies P). Las

sucesiones se presentan no gradadas o con gradación directa, raramente con gradación inversa, y espesor variable entre 2,0 m y 5,8 m. En general las areniscas son friables, aunque algunos niveles decimétricos están más indurados debido a la presencia de cemento carbonático. Ocasionalmente se presentan intercalaciones de areniscas medianas, bien seleccionadas, de hasta 0,30 m de espesor, con estratificación entrecruzada de bajo ángulo (facies S1). Los paleosuelos (facies P) poseen dos horizontes macizos separados por un límite suave y abrupto (cf. Catt, 1991). El horizonte superior, de 0,07 m a 0,30 m de espesor, está compuesto por limolitas gris-oliva portadoras de excavaciones de organismos subverticales, rizolitos de hasta 1 mm de diámetro y moteado carbonático incipiente. El horizonte inferior, de hasta 1 m de potencia, es una arenisca fina a mediana, de color marrón-pardo, con abundante contenido de carbonato de calcio y menor cantidad de rizolitos y excavaciones en relación al horizonte suprayacente. El horizonte inferior se presenta macizo o con laminación paralela mal definida; en el primer caso es común la ocurrencia de concreciones carbonáticas alargadas en sentido vertical de hasta 0,04 m de largo. La asociación de *facies* 1 domina los perfiles occidentales relevados en ambas depresiones (Ruta 15 Norte y Sur).

Sobre la base del predominio de arenas bien seleccionadas y con entrecruzamiento en artesa de escala variable, se interpreta que la asociación de *facies* 1 constituye el registro de dunas eólicas (Mountney, 2006). En particular, la *facies* St representaría la migración de dunas eólicas barjanoides de cresta sinuosa. Por otra parte, la *facies* S1 representa la migración de óndulas eólicas, probablemente desarrolladas como geofomas menores superimpuestas en las caras de barlovento de las dunas. Los paleosuelos (P) sugieren una tasa de sedimentación reducida y condiciones de estabilidad climático-ambiental. En base a la presencia de un horizonte superior oscuro (epipedón mólico?) y al abundante contenido de carbonato de calcio en el horizonte inferior (horizonte Bk?), se considera que dichos suelos son semejantes a los Molisoles (cf. Soil Survey Staff, 1999).

Figura N° 2. Perfiles sedimentológicos.



Asociación de facies 2: zonas de interduna

La asociación de *facies 2* está dominada por capas macizas de arenas marrón-amarillenta (*facies Sm*) o potentes (hasta 5 m) de fangolitas de color marrón moderado (*facies Fm*). La *facies Sm* es de granulometría arena mediana a fina, posee buena selección y en ocasiones presenta concreciones y moteado, ambos de composición carbonática. La *facies Fm*, compuesta por arcillas y limos, también presenta concreciones y moteado de naturaleza

carbonática y ocasionalmente grietas de desecación y diques clásticos rellenos por material arenoso. En las cuatro localidades estudiadas, Sm conforma el sector superior de la sucesión sedimentaria. El espesor promedio de las capas individuales es de 0,20 m, conformando sucesiones no gradadas de hasta 2,55 m de espesor. En el perfil Ea. San José Sur, la facies Sm presenta una intercalación limo-arenosa pedogenizada (P) aproximadamente a 0,25 m por debajo de la superficie del suelo actual. Dicho paleosuelo es semejante al descrito para la asociación de *facies* 1; aunque el horizonte superior se encuentra casi totalmente erosionado. En niveles correlacionables con el horizonte inferior del paleosuelo se encontraron restos de vertebrados fósiles indeterminables. Por otra parte, la *facies* Fm compone mayoritariamente el sector inferior de la sucesión sedimentaria de las localidades orientales. En Ea. San José Norte, la sucesión dominada por Fm remata en un paleosuelo (P) macizo que carece de diferenciación en horizontes. El paleosuelo es una limolita de color marrón-amarillento, con abundante contenido de rizolitos de hasta 10 mm de diámetro, concreciones carbonáticas esféricas y trazas fósiles ovoidales asignadas a cámaras pupales de insectos.

Considerando la presencia de niveles macizos compuestos por arenas finas y fangolitas, la asociación de *facies* 2 es interpretada como depósitos de interduna (*cf.* Ahlbrandt y Fryberger, 1981; Kocurek, 1981). Las fangolitas macizas (*facies* Fm) posiblemente representen depósitos de interduna húmeda, indicando sedimentación lacustre somera. En contraste, las areniscas macizas (*facies* Sm) sugieren zonas de interduna seca, siendo la sedimentación esencialmente eólica. En ésta asociación de *facies* también ocurren niveles que evidencian un aporte reducido a nulo de sedimentos y el concomitante desarrollo de paleosuelos (P). Desde el punto de vista sistemático, el paleosuelo reconocido en Ea. San José Sur presenta similitudes con los actuales Molisoles (Soil Survey Staff, 1991). En tanto, el paleosuelo de Ea. San José Norte manifiesta menor grado de desarrollo y es asignado al orden Entisoles debido a la carencia de horizontes pedogénicos distintivos (Soil Survey Staff, 1991).

Discusión

Se interpreta que las sucesiones sedimentarias estudiadas constituyen el registro de un sistema eólico del tipo mar de arena (*cf.* Iriondo y Krohling,

1995; Iriondo, 1997) sobre la base de dos aspectos principales: *i*) la dominancia de depósitos arenosos y *ii*) la extensión areal de los mismos. El análisis de *facies* realizado en el centro-oeste de la provincia de La Pampa evidencia que, a escala zonal, el mar de arena estuvo constituido inicialmente por dunas barjanoides sinuosas separadas por zonas de interduna. En la depresión norte, la zona de interduna fue esencialmente húmeda con sedimentación lacustre dominante y procesos eólicos subordinados. La información disponible no permite conocer la extensión en el subsuelo de las fangolitas lacustres, pero su extensión y espesor parece indicar que abarcaban una importante proporción del relieve pasado. Por su parte, en la depresión sur existe una marcada evolución temporal de interduna húmeda a seca. La distribución vertical de las asociaciones de *facies* reconocidas sugiere la existencia de al menos dos períodos de reducido a nulo suministro de sedimentos. Durante dichos períodos se produjo el desarrollo de suelos mayormente similares a los Molisoles, señalando condiciones climáticas más húmedas que las actuales. El paleosuelo más reciente (superior) se desarrolla tanto en facies lacustres como en facies eólicas, lo que apoya la idea de la coexistencia de ambos tipos de depósitos. Posteriormente, ocurrió la instauración de condiciones climáticas más áridas y el predominio de procesos eólicos, en concordancia con la geomorfología y el régimen climático actual.

En la actualidad se están llevando adelante estudios en busca de restos microflorísticos en las facies lacustres, así como estudios micromorfológicos de los paleosuelos, información que permitirá brindar mayores detalles sobre las condiciones paleoambientales durante su depositación. La información disponible acerca de la edad de este evento sugiere que es posterior al Pleistoceno tardío, aunque no se dispone de elementos de juicio que permitan una datación más exacta.

La posibilidad de que gran parte, sino toda la arena, haya sido aportada por el sistema del río Salado-Chadileuvú, abogaría a favor de que tales acumulaciones corten líneas de tiempo. Es decir, que los niveles inferiores de las ubicadas más al este, sean anteriores a los niveles equivalentes de las ubicadas hacia el oeste. Por otra parte, las variaciones climáticas ambientales que tuvieron lugar durante el lapso de tiempo en que se depositó la formación, puestas en evidencia en este trabajo, permiten postular que la alternancia de períodos relativamente más secos y más húmedos, podrían guardar relación con épocas glaciares e interglaciares, respectivamente. Al momento no se está en condiciones de aseverar este hecho, que se menciona a título de hipótesis.

Conclusiones

Los sedimentos preponderantemente eólicos de la Fm. Meaucó muestran una intercalación de facies lacustres profundas (facies Fm) y de paleosuelos comparables con molisoles que sugieren condiciones de humedad más benignas que las actuales.

Este episodio climático no puede datarse con precisión, pero correspondería al lapso Pleistoceno Tardío-Reciente. Es posible que este cambio climático se vincule con épocas glaciares e interglaciares.

Agradecimientos

Las tareas de campo fueron solventadas por el Proyecto de Investigación aprobado por Resolución N° 366-06 CD de la Facultad de Ciencias Humanas (UNLPam). Los autores desean expresar su agradecimiento a la Dirección Provincial de Vialidad de La Pampa, en particular al Ing. Jefe Horacio Gai, por facilitar la retroexcavadora, y a las autoridades de la Escuela Hogar N° 19 de Jagüel del Monte, por permitir nuestra estadía en la misma.

Bibliografía

- AHLBRANDT, T. S. y FRYBERGER, S. G. (1981). "Sedimentary features and significance of interdune deposits". *SEPM Special Publication* 31: 293-314.
- CANNELLE, L. E. (1950). "Condiciones hidrogeológicas de la zona comprendida entre Telén y Santa Isabel y el valle de los ríos Salado-Atuel-Chadileuvú. Territorio de La Pampa". Inf. inédito. Ministerio de Industria y Comercio, Dirección de Industria Minera, Buenos Aires.
- CATT, J. A. (1990). "Paleopedology Manual". *Quaternary International* 6: 1-98.
- DE FRANCESCO, F. D. (1971). "Geología superficial en el área pedemontana del flanco sudoccidental de la sierra de la Ventana, provincia de Buenos Aires". Inf. inéd. Comisión de Investigaciones Científicas, La Plata.
- DE SALVO, O. E.; CECCI, H. y DILLON, A. (1969). "Caracteres geológicos de los depósitos eólicos del Pleistoceno superior de Junín (provincia de Buenos Aires)". *IV Jornadas Geológicas Argentinas, Actas I*: 269-292. Buenos Aires.
- FIDALGO, F.; COLADO, U. y DE FRANCESCO, F. (1973). "Geología superficial de las hojas Castelli, J. M. Cobo y Monasterio (provincia de Buenos Aires)". *V Congreso Geológico Argentino, Actas 4*: 27-39. Buenos Aires.
- GIAI, S. B. (1975). "Plan de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS)". Informe Preliminar. Inédito. Dirección de Aguas Subterráneas de La Pampa, Santa Rosa.
- GIAI, S. B. y TULLIO, J. O. (1998). "Características de los principales acuíferos de la provincia de La Pampa". *Revista de la Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente* 12: 51-68. Buenos Aires.

- GROEBER, P. y TAPIA, A. (1933). "Bosquejo geológico de la extremidad oriental de Tandilia". Inf. inédito. Dir. De Minas y Geología, Buenos Aires.
- IRIONDO, M. (1990). "Map of the South American plains. Its present state". *Quaternary of South America and Antartic Peninsula* 6: 297-308.
- IRIONDO, M. (1997). "Models of deposition of loess and loessoids in the Upper Quaternary of South America". *Journal of South America Earth Sciences* 10 (1): 71-79.
- IRIONDO, M. y KROHLING, D. M. (1995). "El sistema eólico pampeano". Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales Florentino Ameghino. *Nueva serie* 5 (1): 1-80. Santa Fé.
- KOCUREK, G. (1981). "Significance of interdune deposits and bounding surfaces in aeolian dune sands". *Sedimentology* 28: 753-780.
- KRAGLIEVICH, J. (1952). "El perfil geológico de Chapadmalal y Miramar, provincia de Buenos Aires". Resumen preliminar. *Revista del Museo Municipal de Ciencias Naturales y Tradicional de Mar del Plata* I (1): 8-37.
- MARSHALL, L. G. y PASCUAL, R. (1978). "Una escala temporal radiométrica preliminar de las edades -mamífero del Cenozoico medio y tardío sudamericano". *Obra del cincuentenario de Museo de La Plata* (5): 11-28.
- MELCHOR, R. N. y LLAMBÍAS, E. J. (2000). "Hoja geológica 3788 - I Santa Isabel, provincia de La Pampa". Secretaría de Minería de la Nación, Servicio Geológico Minero Argentino. *Programa Nacional de Cartas geológicas* 1: 250.000. Buenos Aires.
- MOUNTNEY, N. P. (2006). "Periodic accumulation and destruction of aeolian erg sequences in the Permian Cedar Mesa Sandstone, White Canyon, southern Utah, USA". *Sedimentology* 53: 789-823.
- ODREMÁN RIVAS, O. E. y ZETTI, J. (1969). "Addenda Paleontológica". En DE SALVO *et al.* (1969). *Caracteres geológicos de los depósitos eólicos del Pleistoceno superior de Junín (provincia de Buenos Aires)*. IV Jornadas Geológicas Argentinas, Actas, I: 269-292. Buenos Aires.
- PASCUAL, R.; ORTEGA HINOJOSA, E. J.; GOMDAR, D. y TONNI, E. P. (1965). "Las edades del Cenozoico mamalífero de la Argentina, con especial atención a aquellas del territorio bonaerense". Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires. *Anales* VI: 165-193. La Plata.
- RABASSA, J. (1973). "Geología superficial de la hoja Sierras de Tandil, provincia de Buenos Aires". Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigaciones Tecnológicas (LEMIT). *Anales* II (240): 117-160. La Plata.
- SOIL SURVEY STAFF (1999). *Soil taxonomy, a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. United States Department of Agriculture, pp. 1-870.
- SZELAGOWSKI, E. (2003). "Génesis de los depósitos eólicos de las localidades de Santa Isabel, General Acha y Toya, provincia de La Pampa". Tesis de licenciatura. Inédito. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNLPam, Santa Rosa.
- TAPIA, A. (1935). "Pilcomayo. Contribución al conocimiento de las llanuras argentinas". Dirección de Minas y Geología. *Boletín* 40: 1-124. Buenos Aires.
- TULLIO, J. (1981). "Informe preliminar sobre el Cuaternario de la provincia de La Pampa y características de los acuíferos de la región". Inf. inéd. Administración Provincial de Agua, Santa Rosa.
- VILELA, C. R. y RIGGI, J. C. (1953). "Rasgos geológicos y petrográficos de la sierra de Lihuel Calel". *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 11 (2): 217-272. Buenos Aires.
- VISCONTI, G. (2007). "Sedimentología de la Formación Cerro Azul (Mioceno superior) de la provincia de La Pampa". Tesis Doctoral. Inédito, 203 p.
- ZETTI, J. (1964). "El hallazgo de un Megatheridae en el 'Médano Invasor' del SO de Toya, Provincia de La Pampa". *Ameghiniana* III (9): 257-265. Buenos Aires.