



## PALEOSUELOS Y DEPÓSITOS LACUSTRES EN EL MANTO DE ARENA DEL PLEISTOCENO SUPERIOR-HOLOCENO EN EL CENTRO DE LA PAMPA, ARGENTINA: SIGNIFICADO PALEOAMBIENTAL Y PALEOCLIMÁTICO

Aldo Martín Umazano <sup>(1)</sup>, Santiago Bernardino Giai <sup>(2)</sup>, Ricardo Néstor Melchor <sup>(1)</sup>, Mirta G. González <sup>(3)</sup>, Silvia Cristina Grill <sup>(4)</sup> y Graciela Visconti <sup>(5)</sup>

<sup>(1)</sup> INCITAP (CONICET-UNLPam). Av. Uruguay 151, 6300 Santa Rosa, Argentina. amumazano@exactas.unlpam.edu.ar, rmelchor@exactas.unlpam.edu.ar

<sup>(2)</sup> Fac. de Cs. Humanas (UNLPam). Coronel Gil 353, 6300 Santa Rosa, Argentina. sgiai@cpenet.com.ar

<sup>(3)</sup> CONICET, División Icnología, Museo Argentino de Ciencias Naturales. Av. Ángel Gallardo 470, 1405 Buenos Aires, Argentina. mirgon@macn.gov.ar

<sup>(4)</sup> UNS-INGEOSUR. San Juan 670, B8000ICN Bahía Blanca, Argentina. Email: sgrill@criba.edu.ar

<sup>(5)</sup> Fac. de Cs. Exactas y Naturales (UNLPam). Av. Uruguay 151, 6300 Santa Rosa, Argentina. gvisconti@exactas.unlpam.edu.ar

**Resumen:** Esta contribución se centra en el estudio de la evolución paleoambiental y paleoclimática de los sedimentos eólicos predominantemente arenosos de la Formación Meauro (Pleistoceno Superior-Holoceno) en la región central de la provincia de La Pampa, Argentina. Se han estudiado cuatro secciones sedimentarias ubicadas en dos depresiones topográficas adyacentes, utilizándose diversos métodos para detectar las posibles variaciones climático-ambientales: 1) análisis de facies, 2) micromorfología de suelos, 3) contenido palinológico y 4) registro fitolítico. Se han reconocido tres episodios deposicionales denominados cronológicamente I a III. Los episodios deposicionales I y III representan la migración de dunas eólicas separadas por zonas de interduna seca indicando condiciones climáticas áridas (similar a las condiciones climáticas actuales). El episodio deposicional II se interpreta como zonas de interduna húmeda (depósitos lacustres someros) con reducida migración de dunas eólicas y generación de un paleosuelo moderadamente bien desarrollado en el techo, sugiriendo condiciones climáticas más húmedas que las actuales, y estabilización del paisaje. Este trabajo incorpora información compatible con el registro geológico de otros sectores de Argentina, aunque al no disponerse de dataciones radiométricas no es posible trazar correlaciones con secciones potencialmente equivalentes del Mar de Arena Pampeano.

**Palabras clave:** Pleistoceno, Holoceno, paleoambientes, paleoclimas, Argentina.

**Abstract:** This contribution is centered in the study of the paleoenvironmental and paleoclimatic evolution of the sand-dominated aeolian sediments of the Meauro Formation (Upper Pleistocene-Holocene) in the central part of La Pampa province, Argentina. Four selected sedimentary sections located in two adjacent topographic depressions have been studied. Several proxies were used for detect a possible environmental-climatic variation including: 1) facies analysis, 2) soil micromorphology, 3) palinological content and 4) phytolith record. Three depositional episodes, chronologically denominated I to III were recognized. In particular, depositional episodes I and III represent migration of aeolian dunes separated by dry interdune zones, which indicates arid climatic conditions (similar to the modern climate). On the other hand, depositional episode II is interpreted as wet interdune zones (shallow lacustrine deposits) with reduced migration of aeolian dunes and genesis of a moderately well-developed paleosol in the top, which suggest more humid climatic conditions that in actuality and stabilization of the landscape. This contribution added information, which is compatible with the geological record of other parts of Argentina, although the lack of absolute ages prevents effect correlations with other possibly equivalent sections of the Pampean Sand Sea.

**Key words:** Pleistocene, Holocene, paleoenvironments, paleoclimates, Argentina.

Umazano, A.M., Giai, S.B., Melchor, R.N., González, M., Grill, S.C. y Visconti, G. (2010): Paleosuelos y depósitos lacustres en el manto de arena del Pleistoceno Superior-Holoceno en el centro de La Pampa, Argentina: significado paleoambiental y paleoclimático. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, número 23 (3-4): 89-99

Los sedimentos eólicos del Pleistoceno Superior-Holoceno del centro de la República Argentina conforman un extenso manto que cubre la mayor parte de la llanura Chaco-Pampeana. Entre ellos se distinguen sedimentos arenosos y limosos (loess). Los sedimentos arenosos forman parte del denominado «Mar de Arena Pampeano», ubicado en el sector proximal del «Sistema Eólico Pampeano» (Iriondo, 1990), que fue vinculado genéticamente con el último máximo glacial (Zárate y Blasi, 1993). En la provincia de La Pampa (Fig. 1), estos sedimentos arenosos eólicos recibieron diversas denominaciones informales, utilizándose actualmente la denominación de Formación Meauco, originalmente propuesta en un informe inédito por Giai (1975) y luego formalizada por Melchor y Llambías (2004). La antigüedad máxima de estos depósitos puede inferirse a partir de su correlación con sedimentos que afloran en la localidad de Toay (Fig. 1), donde se ha documentado un *Megatheriidae* atribuido al Pleistoceno Superior (Zetti, 1964). Sin embargo, la asignación cronológica precisa de esta unidad es incierta, dado que no se dispone de edades absolutas. Sedimentos equivalentes han recibido diferentes denominaciones en las provincias aledañas; en las cuales, los sedimentos del «Mar de Arena Pampeano» contienen paleosuelos que sugieren cambios climáticos (e.g. Iriondo y Kröhling, 1995; Iriondo, 1999). En la provincia de La Pampa, la sucesión es mayormente arenosa y monótona, no registrándose estudios previos acerca de su variabilidad vertical. Sin embargo, el hallazgo de capas arcillosas discontinuas (Giai, 1975) y un nivel cementado por carbonato con rizolitos y excavaciones fósiles (Melchor y Llambías, 2004), ambos en las proximidades de Jagüel del Monte (Fig. 1), motivó estudios tendientes a su detallada caracterización.

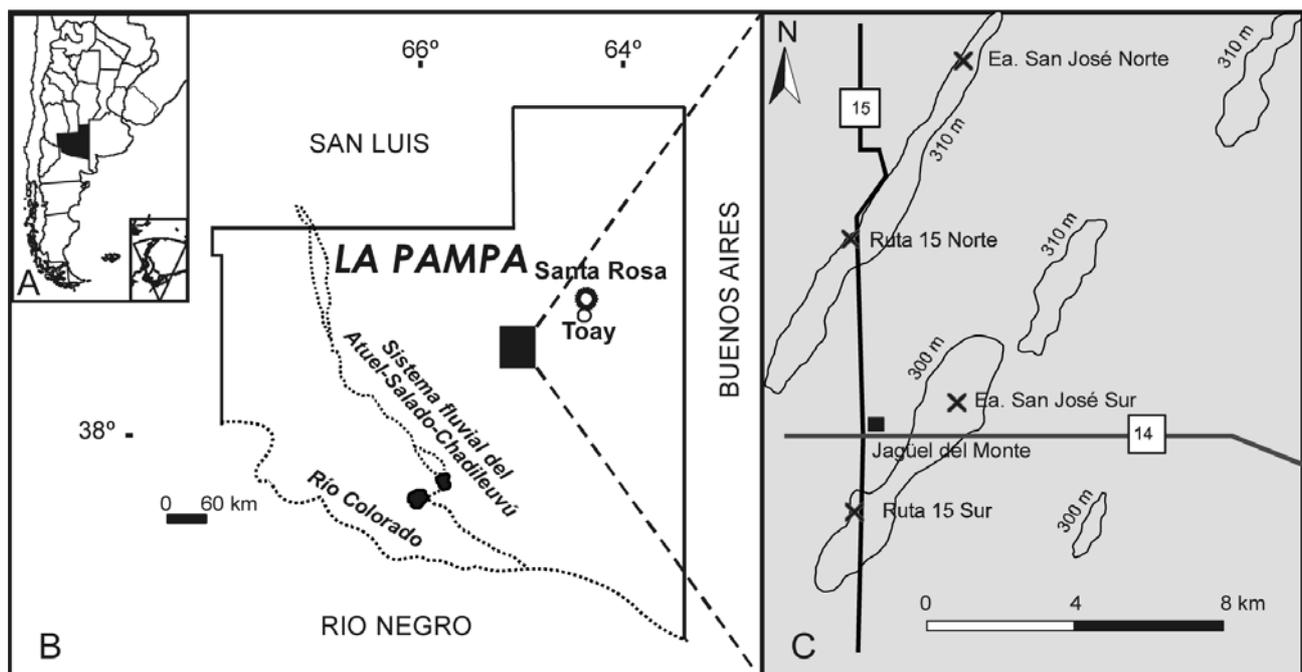
Esta contribución analiza la sedimentología, la micromorfología y el contenido palinológico de un

paleosuelo y los fitolitos recuperados de secciones seleccionadas de la Formación Meauco en las proximidades de la localidad de Jagüel del Monte (provincia de La Pampa). Mediante estos análisis se pretende caracterizar las condiciones paleoambientales y detectar posibles cambios paleoclimáticos durante el intervalo de tiempo involucrado en la deposición de dichos sedimentos, en un área donde se desconocen los detalles de la evolución paleoambiental y paleoclimática del Mar de Arena Pampeano.

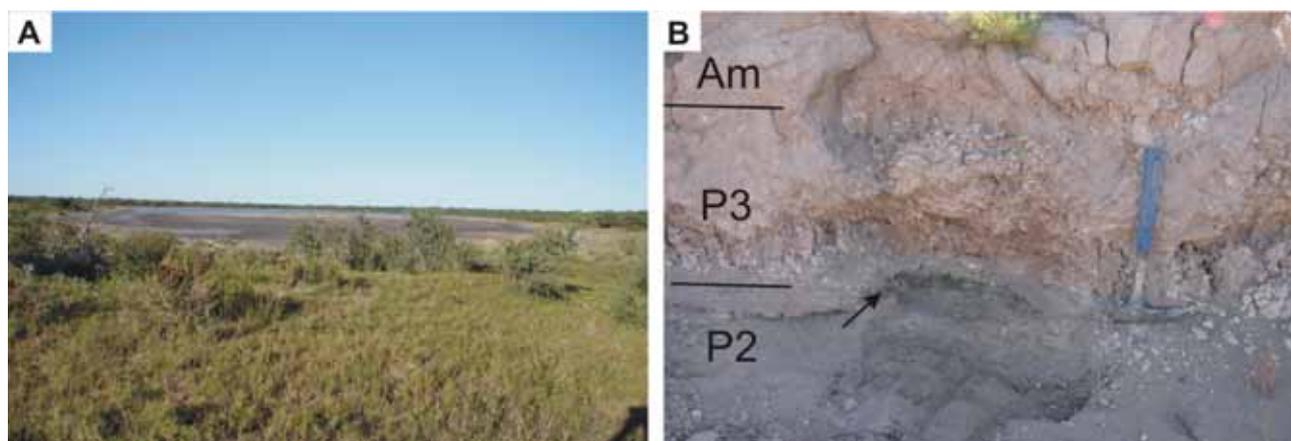
### Marco geomorfológico y geológico

La zona de estudio se encuentra unos 150 km al oeste de la ciudad de Santa Rosa, en las cercanías del paraje Jagüel del Monte ( $36^{\circ} 41' 9''$  S,  $65^{\circ} 47' 04''$  O; Fig. 1), ubicado en la intersección de las rutas provinciales N° 14 y N° 15. Desde el punto de vista geomorfológico se ubica en la sub-región de acumulaciones arenosas combinadas con mesetas residuales (Cano, 1980) o en la planicie medanosa (Melchor y Llambías, 2004). El relieve se caracteriza por un predominio de campos de dunas longitudinales, con crestas orientadas aproximadamente al NE-SO, de hasta 6 km de largo, separadas por áreas de depósitos eólicos mantiformes y depresiones elongadas, con un ancho de 1 a 3 km, que se disponen paralelas a las dunas (Fig. 2.a). Hacia el límite con la provincia de San Luis, las dunas longitudinales son de menor longitud y comienzan a ser frecuentes las dunas parabólicas y barjanoides asociadas. En la actualidad estas geoformas eólicas están mayormente fijas por vegetación, aunque en las proximidades de los asentamientos humanos se verifica migración activa de dunas, especialmente las de tipo parabólico.

La columna estratigráfica local se inicia con volcanitas de la Formación El Centinela, aflorantes



**Figura 1.-** A) Mapa de ubicación de la provincia de La Pampa, Argentina. B) Zona de estudio (recuadro negro). C) Localización de las secciones sedimentológicas medidas y curvas de nivel topográficas. 14 y 15: rutas provinciales.



**Figura 2.-** Fotografías de campo. A) Vista de la depresión septentrional en las cercanías de la sección Ruta 15 Norte. B) Parte superior de la sección Ruta 15 Sur (ver localización en Fig. 3B) mostrando el horizonte superior del paleosuelo P2 (flecha), el paleosuelo P3 y en contacto erosivo irregular arenas masivas (Am).

hacia el suroeste de la zona de estudio (Estancia La Elbita,  $36^{\circ} 53' S$ ,  $66^{\circ} 09' O$ ) y granitoides, presumiblemente correspondientes al Granito Zúñiga, alcanzado en perforaciones a unos 180 m de profundidad. Estas unidades corresponden al permotriásico y forman parte del Grupo Sierra Pintada (Melchor y Llambías, 2004). En discordancia erosiva se apoya la Formación Cerro Azul del Mioceno Superior, una sucesión de loess y paleosuelos intercalados (Melchor y Llambías, 2004). Las unidades mencionadas son cubiertas por la Formación Meauro, asignada al Pleistoceno Superior - Holoceno (Giai, 1975). Esta unidad está compuesta mayoritariamente por arenas volcanoclásticas finas o muy finas, masivas o con distintos tipos de estratificación entrecruzada, alcanzando en el subsuelo una potencia máxima de 32 m. La Formación Meauro muestra variaciones de espesor que se atribuyen al relieve labrado previamente sobre la Formación Cerro Azul y a diferencias en la dinámica del mar de arena. Dichas arenas constituyen el material parental de los suelos de la región, que son poco desarrollados y clasificados como *torripsamente típico* y *torriortente ústico* o *regosoles*. Estos suelos muestran típicamente un perfil constituido por una secuencia de horizontes A/C – C o simplemente C, con un contenido de materia orgánica variable entre 0,17% y 0,48% (Cano, 1980). Los suelos pueden ser comparados con el rango 1 (protosuelos) de la escala de desarrollo de suelos y paleosuelos de Follmer (1998).

La zona de estudio se encuentra en la región hídrica semiárida, con precipitaciones medias anuales que varían entre 300 mm y 400 mm y una temperatura media anual de  $15,5^{\circ}C$  (Cano, 1980). La vegetación predominante del área es pastizal sammófilo de *Elyonurus muticus* - *Hyalis argentea*, y bosque abierto caducifolio micrófilo de *Prosopis caldenia* con pastizal en áreas deprimidas (Cano, 1980; Fig. 2a).

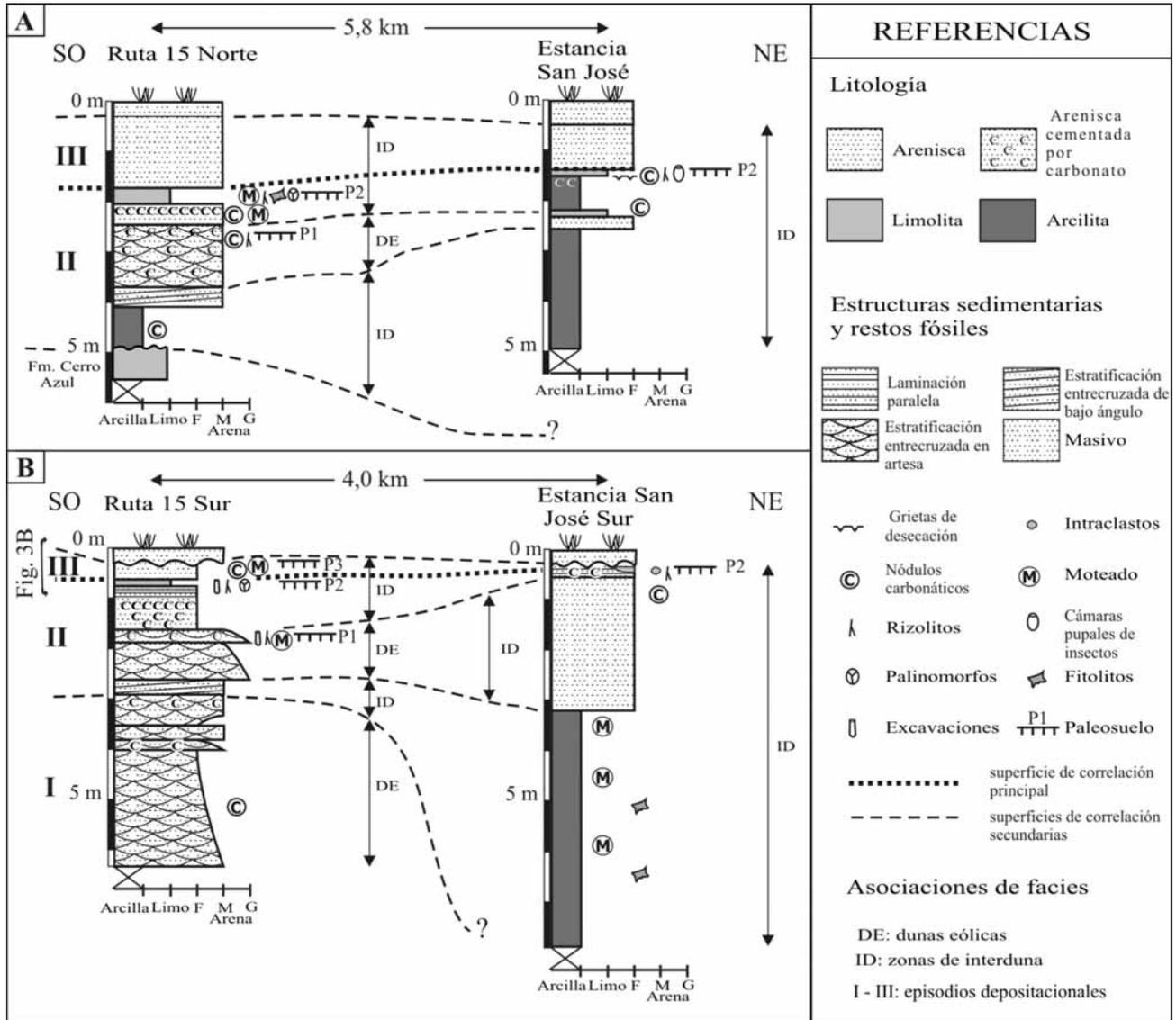
### Metodología

Las observaciones se realizaron en cuatro localidades (Fig. 1.c) separadas por una distancia máxima en sentido norte-sur de 13 km y en sentido este-oeste de 6 km. Las localidades estudiadas se distribuyen en dos depresiones

con elongación SO-NE. La depresión septentrional incluye a los perfiles Ruta 15 Norte (5,50 m;  $36^{\circ} 38' 15,5'' S$ ;  $65^{\circ} 47' 12'' O$ ) y Estancia San José Norte (4,90 m;  $36^{\circ} 35' 50,7'' S$ ;  $65^{\circ} 45' 18,6 O$ ). En tanto que la depresión meridional comprende a los perfiles Ruta 15 Sur (6,20 m;  $36^{\circ} 42' 39,5'' S$ ;  $65^{\circ} 47' 2,4'' O$ ) y Estancia San José Sur (7,90 m;  $36^{\circ} 40' 50'' S$ ;  $65^{\circ} 45' 16,5'' O$ ). La cota aproximada es de 310 msnm para las localidades de la depresión septentrional y 297 msnm para las localidades meridionales. Estas cotas se estimaron utilizando la cartas topográficas del IGM 3766-10 (Estancia Santa María) y 3766-16 (Jagüel del Monte). En cada una de las localidades se realizaron calicatas utilizando retroexcavadora, pala de mano y barreno, para luego medir la sección sedimentológica a escala 1:5 (Fig. 3), usando técnicas estándar. Las secciones son correlacionadas utilizando como nivel guía el techo del paleosuelo más desarrollado (P2), que se indica por una línea punteada gruesa en la figura 3. Este paleosuelo está presente en todas las secciones sedimentarias analizadas, con rasgos macroscópicos semejantes (especialmente su color oscuro, espesor y asociación de rizolitos y excavaciones de organismos; Fig. 2.b) y en una posición estratigráfica similar (Fig. 3).

La descripción micromorfológica de los paleosuelos se ajusta a la terminología propuesta por Bullock *et al.* (1985). El muestreo para análisis palinológico se restringió al horizonte superior del paleosuelo P2 dado que, por su coloración oscura es el único intervalo de las secciones analizadas que, a priori, podría producir restos palinológicos. El análisis de los palinomorfos se realizó después del tratamiento con HCl y HF sobre residuos sin oxidar ni acetolizar. Con la finalidad de preservar el material amorfo finamente dividido, las muestras no fueron filtradas con mallas de 10  $\mu m$ . La materia orgánica palinológica total, examinada bajo luz transmitida y ultravioleta (mediante un microscopio Olympus BH2), se clasificó de acuerdo con Tyson (1995). El estado de preservación de la misma fue determinado siguiendo el criterio de Delcourt y Delcourt (1980). Dada la escasez de la materia orgánica registrada las estimaciones fueron cualitativas.

Para el análisis fitolítico, se empleó la metodología estandarizada propuesta por Zucol y Osterrieth (2002).



**Figura 3.-** Perfiles sedimentológicos relevados. Las letras F, M y G indican arenas finas, medias y gruesas, respectivamente (escala de Wentworth). A) Depresión septentrional. B) Depresión meridional. Se indican los posibles niveles de correlación con líneas de punto.

Las observaciones se realizaron con un microscopio Nikon Optiphotpol. Los morfotipos de fitolitos fueron identificados siguiendo las clasificaciones morfológicas propuestas por Bertoldi de Pomar (1971) y Twiss (1992). Los preparados palinológicos y fitolíticos se encuentran depositados en la colección paleontológica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa (acrónimo GHUNLPam).

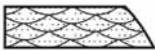
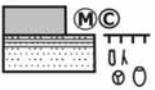
**Asociaciones de facies**

Se identificaron cinco facies sedimentarias (Tabla I), agrupadas en dos asociaciones de facies: dunas eólicas (DE) y zonas de interduna (ID).

*Asociación de facies de dunas eólicas (DE)*

La asociación DE está compuesta mayoritariamente por arena color castaño-amarillento moderado (10 YR 5/4), gruesa a fina, bien seleccionada y con estratificación

entrecruzada en artesa de escala mediana a pequeña (facies Aa) que puede rematar con niveles arenosos pedogenizados (facies P, paleosuelo P1). Esta asociación de facies está presente en los perfiles occidentales relevados en ambas depresiones (Ruta 15 Norte y Sur), donde ocurre interestratificada con depósitos de interduna (Fig. 3). Las sucesiones se presentan con gradación granulométrica directa (perfil Ruta 15 Sur) o no gradadas (perfil Ruta 15 Norte). El espesor de los sets varía entre 0,50 m y 1,20 m; habiéndose reconocido la presencia de un coset de 3,30 m de potencia en el sector basal del perfil Ruta 15 Sur. Internamente, los estratos entrecruzados exhiben láminas frontales con gradación granulométrica directa o inversa. Se detectan escasas superficies planas o cóncavas hacia arriba dentro de los sets entrecruzados con forma de cuña (superficies limitantes de segundo orden). En general los sedimentos son friables, aunque algunos niveles decimétricos están más litificados debido a la presencia de cemento carbonático. La facies P está compuesta por arena mediana, color castaño-amarillento moderado (10 YR 5/

Facies	Litología y textura	Color	Estructuras	Contenido fósil	Interpretación
Aa	 Arena gruesa a fina, bien seleccionada	castaño-amarillento moderado (10 YR 5/4)	Estratificación entrecruzada en artesa, escala mediana a pequeña	-	Migración de dunas eólicas crecientes de crestas sinuosas
Ab	 Arena mediana, bien seleccionada	castaño-amarillento moderado (10 YR 5/4)	Estratificación entrecruzada de bajo ángulo y ripples asimétricas	-	Migración de ripples eólicas (ripples balísticas) con bajo ángulo de ascenso
Am	 Arena mediana a fina, bien seleccionada	castaño-amarillento moderado (10 YR 5/4)	Masiva. Nódulos y moteado carbonático	-	Sedimentación por formas de fondo eólicas y posterior cementación?
Fm	 Arcilla y limo	castaño-rojizo (5 YR 4/4)	Masiva, laminación rara. Nódulos y moteado carbonático, grietas de desecación	Fitolitos	Sedimentación lacustre
P	 Limo o arena	Arena: castaño-amarillento moderado (10 YR 5/4) o gris muy oscuro (5 YR 5/2). Limo: gris-oliva (5 Y 3/2)	Masiva, muy raramente con laminación paralela. Nódulos y moteado carbonático	Rizolitos, excavaciones de organismos, cámaras pupales de insectos, restos indeterminados de vertebrados y palinomorfos	Desarrollo de suelos

**Tabla I.-** Descripción e interpretación de facies.

4), de 0,30 m de espesor, y es portadora de rizolitos, nódulos calcáreos, moteado carbonático y excavaciones de organismos (paleosuelo P1). No fue posible distinguir horizontes.

Sobre la base del predominio de arenas finas a gruesas, bien seleccionadas y con entrecruzamientos con evidencias de flujo y caída de granos, se interpreta que la asociación de facies DE constituye el registro de dunas eólicas (e.g. Mountney, 2006). En particular, la facies Aa representaría la migración de dunas eólicas crecientes de crestas sinuosas. Dada la escasa información disponible, incluyendo exposición limitada y ausencia de datos de paleocorrientes, no es posible una reconstrucción más detallada del tipo de duna eólica. Las superficies limitantes de segundo orden se interpretan como superficies de superposición, originadas a partir de la migración de dunas sobre una geoforma de mayor jerarquía. El escaso desarrollo del paleosuelo P1 (facies P) sugiere una estabilización incipiente del campo de dunas (protosuelo *sensu* Follmer, 1998).

#### *Asociación de facies de zonas de interduna (ID)*

La asociación ID conforma las secciones orientales de ambas depresiones (Estancia San José Norte y Sur, Fig. 3), participando de manera subordinada en las secciones occidentales (Ruta 15 Norte y Sur; Fig. 3). Está compuesta por arenas masivas (facies Am), arenas con estratificación entrecruzada de bajo ángulo y ripples asimétricos (facies Ab), fangos masivos (facies Fm) y niveles pedogenizados (paleosuelos P2 y P3; facies P). La facies Am, que varía entre 0,30 m y 2,50 m de espesor, está compuesta por arena mediana a fina, bien seleccionada, de color castaño-amarillento

moderado (10 YR 5/4), y en ocasiones presenta nódulos y moteado de composición carbonática. La facies Ab comprende capas delgadas (de hasta 0,30 m de espesor) de arenas medianas, bien seleccionadas, de color castaño-amarillento moderado (10 YR 5/4), y con estratificación entrecruzada de bajo ángulo y ripples asimétricos con baja relación altura/longitud de onda. La facies Fm, compuesta por arcillas y limos masivos y compactos, raramente laminados, de color castaño-rojizo (5 YR 4/4), también presenta nódulos y moteado de composición carbonática y ocasionalmente grietas de desecación. El espesor de la facies Fm varía entre 0,80 m y 4,75 m. La facies P está representada por los paleosuelos P2 y P3. El paleosuelo P2 presenta dos horizontes masivos separados por un límite abrupto. El horizonte superior tiene un espesor variable entre 0,07 m y 0,30 m, está compuesto por limo gris-oliva (5 Y 3/2) con litificación moderada y es portador de excavaciones de organismos sub-verticales (5-8 mm de diámetro), rizolitos de hasta 1 mm de diámetro y moteado carbonático. El contenido de carbono orgánico total (COT) es 0,787 % y 0,284 %, y el pH de 8,2 y 8,6, para los perfiles Ruta 15 Norte y Ruta 15 Sur, respectivamente. El horizonte inferior, de hasta 1 m de potencia, está compuesto por arena fina a mediana, de color gris muy oscuro (5 YR 5/2), y presenta menor cantidad de rizolitos y excavaciones. Este horizonte es mayormente masivo, aunque en algunos sectores presenta estructuras sedimentarias relicticas (laminación paralela mal definida); en el primer caso es común la presencia de nódulos carbonáticos alargados en sentido vertical de hasta 0,04 m de largo. Este paleosuelo P2 está parcialmente erosionado en el perfil Estancia San José Sur, donde aparece como una intercalación limo-arenosa con rizolitos cuyo techo está

compuesto por una superficie irregular en la que se reconocen intraclastos gravosos. En Estancia San José Norte, el paleosuelo P2 carece de horizontes y estructura edáfica. En esta localidad dicho paleosuelo está representado por limo de color castaño-amarillento moderado (10 YR 5/4), con abundantes rizolitos de hasta 10 mm de diámetro, nódulos carbonáticos globosos y trazas fósiles que se asignan a *Rebuffoichnus sciuttoii*, icnotaxón correspondiente a cámaras pupales de insectos. Por su parte, el paleosuelo P3 fue reconocido únicamente en la sección Ruta 15 Sur, donde se observa arena fina con motas y abundantes nódulos carbonáticos de forma globosa irregular de hasta 0,04 m de longitud; el techo está truncado por una superficie erosiva (Fig. 2.b).

Teniendo en cuenta que en ambas depresiones las secciones tienen una similar altura topográfica y empleando las superficies de correlación propuestas en la figura 3, es posible observar las relaciones laterales entre las distintas facies de la asociación de interduna y entre ambas asociaciones de facies. En la depresión septentrional (Fig. 3.a), de suroeste a noreste, se distingue un pasaje lateral entre las facies Fm + Ab a la facies Fm, por encima la facies Aa pasa a Am y la facies P a las facies Fm + P. En la depresión meridional (Fig. 3.b) se aprecian relaciones semejantes, con posibles equivalencias laterales entre Ab y Fm, luego Aa y Am, para finalizar con transición entre facies P.

Considerando la presencia de arenas masivas o con estratificaciones cruzadas de bajo ángulo, paleosuelos y fangos masivos esta asociación de facies corresponde a depósitos de interduna (e.g. Mountney, 2006). Las facies Am y Ab representan interdunas secas con desarrollo de procesos eólicos tractivos. La facies Fm y su paleosuelo asociado (P2) se produjeron en interdunas húmedas, donde ocurrió decantación sub-área en lagos someros y, temporalmente, exposición sub-aérea y desarrollo edáfico. El paleosuelo P2 muestra clara diferenciación en horizontes, lo que sugiere un grado más avanzado de pedogénesis en relación al paleosuelo P1; el mismo puede ser asignado

al rango 4 de la escala propuesta por Follmer (1998). Por su parte, del paleosuelo P3 sólo se preserva parte de un horizonte inferior con nódulos y moteado carbonático, lo que sugiere condiciones de deficiencia hídrica. Las relaciones laterales entre las secciones analizadas dentro de cada depresión sugieren que las zonas más bajas se encontraban hacia el noreste, donde se registran los mayores espesores de depósitos fangosos (Fm), que se correlacionan hacia el suroeste con zonas predominantemente arenosas de interduna seca (Ab). Por su parte, el paleosuelo P2 está presente en todas las secciones, pero está mejor desarrollado en aquellas ubicadas al suroeste en ambas depresiones (secciones Ruta 15 Norte y Sur, Fig. 3), lo que sugiere un perfil de suelo más drenado y mayor tiempo disponible para su desarrollo. Estas serían, entonces, áreas más elevadas.

### Micromorfología del paleosuelo P2

Corresponde a la descripción micromorfológica de los horizontes del paleosuelo P2, a partir de muestras colectadas en los perfiles occidentales (Tabla II). En el perfil Ruta 15 Norte, el horizonte superior muestra una microestructura de cavidades y canales interconectados, con paredes rugosas, sin ninguna orientación y revestidos por calcita micrítica. Los componentes minerales básicos muestran una relación  $c/f_{20\mu}$ : 1/3. El modelo de distribución relativa de las fracciones gruesa y fina es del tipo porfírico. En orden de abundancia decreciente, los clastos están compuestos por fragmentos líticos volcánicos (incluyendo vidrio), plagioclasas, granos carbonáticos, cuarzo y mica. La fracción fina está representada por arcilla, óxidos de Fe-Mn y calcita micrítica. Aparecen escasos componentes orgánicos, tales como restos vegetales indiferenciados. La fábrica de birrefringencia es indiferenciada con sectores cristálíticos. Entre los rasgos pedológicos se observaron excrementos discontinuos rellenando cavidades, revestimientos micríticos alrededor de oquedades, nódulos cristalinos de calcita y nódulos compuestos de

Muestras	Microestructura					Relación c/f $_{20\mu}$	Modelo de distribución	Fábrica b	Concentraciones arcillosas: revestimientos					Nódulos de Fe/Mn		Excrementos	Concentraciones calcíticas		Fragmentos de arcilla	Restos vegetales
	Agregados Pedológicos	Vacíos							impuros	alrededor de poros	alrededor de clastos	difusos	compuestos	nódulos	revestimiento en huecos					
		Tipo	Conexión	Paredes	Orientación															
R15 Ns	Maciza	V-Ch	sí	rugosas	no	1:3	P	u-c	--	--	--	--	*	*	**	**	--	*		
R15 Ss	Maciza	V-Ch	no	rugosas	no	1:4	P	u-c	**	*	---	*	--	--	--	--	*	--		
R15 Ni	Maciza	V-Ch	no	rugosas	no	3:2	E/G	u	***	***	***	****	--	--	*	--	--	--		
R15 Si	Maciza	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	*	--	--	--		

**Tabla II.** Descripción micromorfológica. Muestras: R15Ns (Ruta 15 Norte, horizonte superior), R15Ni (Ruta 15 Norte, horizonte inferior), R15Ss (Ruta 15 Sur, horizonte superior), R15Si (Ruta 15 Sur, horizonte inferior). Microestructura: canal (Ch), con cavidades (V). Fábrica: cristálítica (c), no diferenciada (u). Abundancia: no detectada (—), raro (\*, <0,2%), muy escaso (\*\*; 0,2% a 2%), escaso (\*\*\*, 2% a 5%), común (\*\*\*\*, >5%). Distribución: porfírica (P), enáulica (E), gefúrica (G).

Fe-Mn y calcita. Respecto al horizonte inferior, en el perfil Ruta 15 Norte la muestra presenta una microestructura de cavidades y canales. Respecto al horizonte suprayacente, los componentes básicos son más gruesos, con una relación  $c/f20\mu$ : 3/2. La distribución relativa de las fracciones gruesa y fina es enáulica y gefúrica. La fracción gruesa está representada por fragmentos líticos volcánicos (incluyendo vidrio), plagioclasas, microclino, cuarzo y piroxenos (en orden de abundancia decreciente). La fracción fina está constituida por arcilla y Fe-Mn. La fábrica de birrefringencia es indiferenciada. Entre los rasgos pedológicos se destacan los revestimientos arcillosos impuros, microlaminados, alrededor de clastos y poros. Los nódulos de Fe-Mn son abundantes y difusos, los de calcita son escasos.

En el perfil Ruta 15 Sur, el horizonte superior es semejante, tanto en el tamaño de grano como en las características micromorfológicas. Por su parte, el horizonte inferior no muestra rasgos pedológicos y está completamente cementado por calcita.

Cabe mencionar que el examen expeditivo de los horizontes superior e inferior del paleosuelo P2 en Estancia San José Norte muestra características micromorfológicas similares a las descritas para el perfil Ruta 15 Norte. Se destaca una menor cantidad de revestimientos arcillosos y una mayor proporción de nódulos de Fe-Mn.

Los rasgos micromorfológicos de los horizontes superiores son semejantes en las dos localidades analizadas (Ruta 15 Norte y Sur). Los canales interconectados con cavidades y revestimiento calcítico uniforme alrededor de los mismos, podrían atribuirse a actividad radicular (Zárate *et al.*, 2000). La fábrica cristalítica observada en el perfil Ruta 15 Norte puede

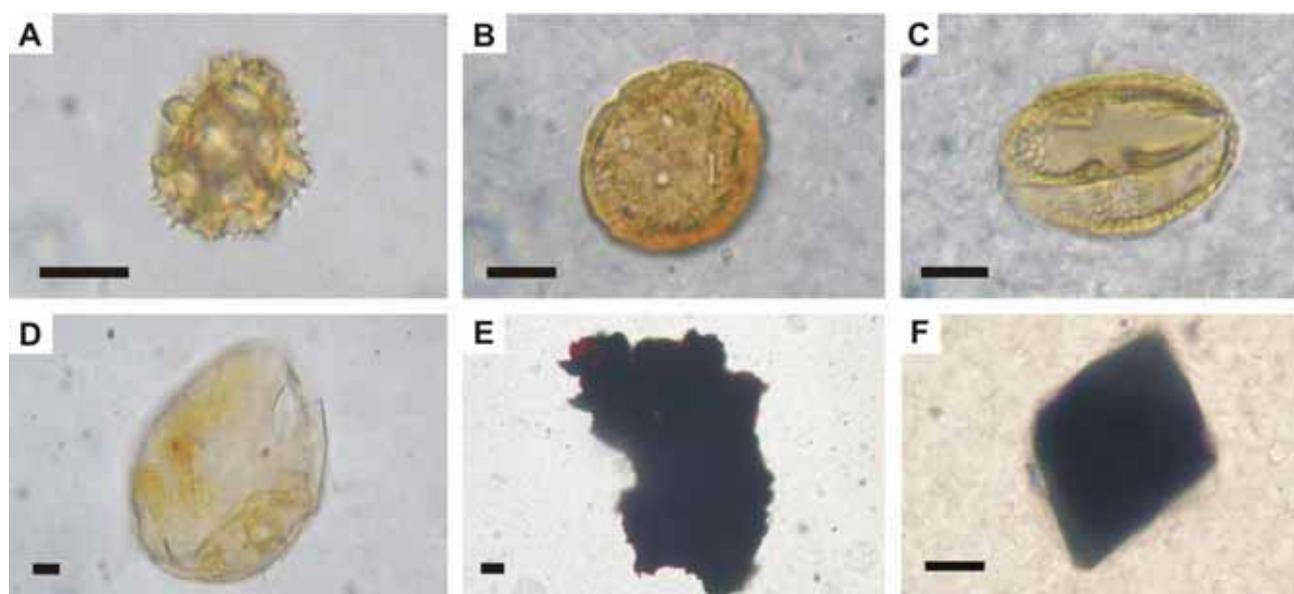
vincularse con el moteado carbonático observado macroscópicamente. Los rellenos excrementales discontinuos y en cavidades son asignables a lombrices (Bullock *et al.*, 1985). Los rasgos de concentraciones calcíticas, tales como los revestimientos micríticos de las cavidades y los nódulos, son atribuidos a la precipitación de carbonatos inducida por la actividad radicular en suelos bajo clima semiárido y estacional (Retallack, 1990). Los nódulos de Fe-Mn son rasgos típicamente asociados a la saturación periódica de agua del perfil del suelo.

Por su parte, el horizonte inferior en Ruta 15 Norte muestra numerosas evidencias de edafogénesis, incluyendo los abundantes revestimientos arcillosos, generalmente impuros, sobre granos y poros, que denotan traslocación de arcillas en suelos bien drenados. La ausencia de pedorasgos en el horizonte inferior de la sección Ruta 15 Sur, podría atribuirse a una intensa cementación carbonática.

### Contenido palinológico del paleosuelo P2

Se analizaron dos muestras fértiles procedentes del horizonte superior del paleosuelo P2, en las localidades Ruta 15 Norte (preparado GHUNLPam 27289) y Ruta 15 Sur (preparado GHUNLPam 27290) (Fig. 3).

La muestra de la sección Ruta 15 Norte contiene palinomorfos de arbustos y hierbas, incluyendo granos de polen pertenecientes a Poaceae (algunos plegados, otros degradados), Brassicaceae, Chenopodiaceae-Amaranthaceae, Asteraceae (subfamilias Asteroideae y Cichorioideae, Fig. 4.a) y *Schinus molle* (Fig. 4.c). El polen de plantas acuáticas está representado por Cyperaceae y el polen arbóreo extra-regional por Myrtaceae, Nothofagaceae y Podocarpaceae (la mayoría



**Figura 4.-** Ejemplos de los palinomorfos registrados. Para cada constituyente palinológico se indica el número de preparado palinológico, coordenadas de England Finder y magnificación. A) Asteraceae (tribu: Cichorieae), GHUNLPam 27289, 3045A, T26-2 x1000. B) Chenopodiaceae, GHUNLPam 27290, 3046 A, C-25 x1000. C) *Schinus molle*, GHUNLPam 27289, 3045B W-24 x1000. D) *Spirogira* sp., GHUNLPam 27289, 3045A Q-45 x400. E) materia orgánica amorfa oxidada, GHUNLPam 27289, 3045B S-25 x400. F) fitoclasto opaco, GHUNLPam 27289, 3045B Z-47 x1000. Las fotografías proceden de la localidad Ruta 15 Norte, excepto B, que procede de Ruta 15 Sur. La barra de escala representa 10  $\mu$ m.

degradados y ocasionalmente asociados a fitoclastos opacos). Un reducido número de esporas de Zygnemataceae: *Spirogyra* sp. (Fig. 4.d), Bryophytas: *Riccia* sp., hongos: Corticiaceae, *Glomus* sp., *Monosporites* sp. y *Multicellaesporites* sp. completan la asociación. Algunas de éstas últimas se presentan totalmente oxidadas. La concentración polínica absoluta es <100 granos / gramo de sedimento. Dentro de la materia orgánica amorfa, se registraron masas escasas, en parte grumosas, color ámbar (bajo luz transmitida), con fluorescencia heterogénea, algunas de ellas totalmente ennegrecidas (con fluorescencia nula, Fig. 4.e). Se observó además material amorfo finamente dividido (no fluorescente). Los fitoclastos opacos predominan sobre los translúcidos, siendo mayoritariamente formas equidimensionales, con bordes redondeados y tamaño pequeño. Los de mayor tamaño, con bordes angulosos (Fig. 4.f) y formas esqueléticas, se registraron en un número más reducido. Dentro de los fitoclastos translúcidos bioestructurados se observó la presencia de hifas y cutículas, los no bioestructurados, color amarillo claro bajo luz transmitida, presentaron escasa fluorescencia (bajo luz U.V.).

Por su parte, en la localidad Ruta 15 Sur, los palinomorfos registrados incluyeron, dentro de los arbustos y las hierbas, un número muy reducido de granos de polen pertenecientes a Brassicaceae, Caryophyllaceae, Poaceae, Chenopodiaceae (Fig. 4.b), Asteraceae y Oleaceae. El polen arbóreo extra-regional estuvo representado por Myrtaceae y Podocarpaceae (con evidencias de degradación y asociadas en algunos casos a fitoclastos opacos). Algunos granos indeterminados y escasas esporas de hongos (*Monosporites* sp.), en ocasiones totalmente ennegrecidos, completan la asociación. La concentración polínica absoluta es <100 granos / gramo de sedimento. El registro de materia orgánica amorfa y de fitoclastos opacos es similar al descrito en la muestra del paleosuelo P2 en el perfil septentrional. Dentro de los fitoclastos translúcidos se registra la presencia de cutículas, tejidos de importante tamaño (>100 µm) y algunos «pseudoamorfos» (*sensu* Tyson, 1995) escasamente fluorescentes (bajo U.V.) y con evidencias de degradación.

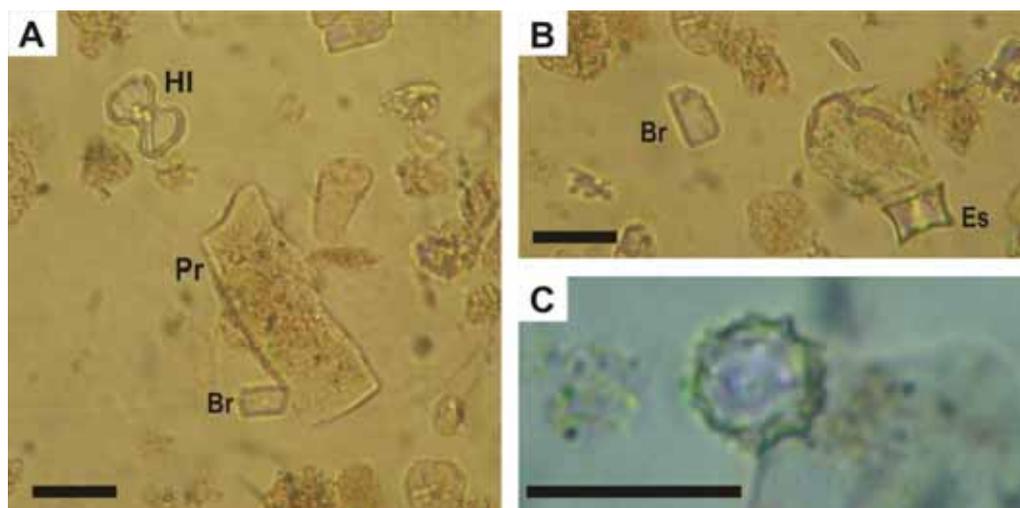
Existen varios factores que determinan el potencial de preservación de los granos de polen en un tipo específico de depósito, que pueden ser agrupados en tres categorías principales: 1) mecánicos (asociados a granos rotos, con espinas desgastadas, etc.), 2) químicos (relacionados al pH y al Eh) y 3) biológicos (actividad de hongos y bacterias). El análisis de las muestras estudiadas sugiere que el factor principal que ha afectado la preservación e identificación del polen ha sido el pH de los sedimentos seguido por el Eh. Las dos muestras estudiadas presentan valores de pH superior a 8,0 y algunos palinomorfos (e.g. granos de polen de Podocarpaceae, Poaceae y esporas de hongos) también registraron evidencias de oxidación (exinas adelgazadas y ennegrecimiento de las esporas). La baja proporción y fluorescencia prácticamente nula de la materia orgánica amorfa, reflejan oxidación química pre o post-deposicional (Tyson, 1995). El predominio de los fitoclastos opacos se relaciona principalmente con el tamaño relativamente grueso de los sedimentos, siendo

parcialmente consecuencia de la oxidación post-deposicional de la materia orgánica dentro de los sedimentos porosos (Tyson, 1995). La mayor proporción de formas equidimensionales, con tendencia al redondeamiento y tamaño pequeño, sugiere condiciones energéticas apreciables, aunque también podría tratarse de materia orgánica retrabajada (Tyson, 1995). En la muestra del perfil Ruta 15 Norte, la presencia de *Riccia* sp. (Bryophyta), la cual puede desarrollarse tanto a orillas de escurrimientos superficiales como en paredes de cárcavas, permite suponer condiciones de humedad en las proximidades del lugar estudiado. *Spirogyra* sp. (Zygnemataceae) sugiere cuerpos de agua temporarios, habiéndose registrado además en ambientes de interdunas pobres en nutrientes (Simons, 1987). Las esporas de hongos mencionadas han sido halladas en distintas sucesiones continentales fósiles asociadas a ambientes húmedos tales como pantanos, emplazamientos fluvio-lacustres y lagunas. Particularmente, *Glomus* sp. fue registrada en distintas sucesiones del Cenozoico tardío de la provincia de Buenos Aires (e.g. Grill, 2003), sugiriendo el desarrollo de paleosuelos. En definitiva, la baja concentración polínica y la escasa diversidad de las familias vegetales presentes, pueden atribuirse a las altas tasas de sedimentación, típica de los ambientes continentales áridos/semiáridos y/o a una cobertura vegetal pobre. Según Dimpleby (1985), en sedimentos portadores de proporciones importantes de carbonato (pH alcalino), los procesos post-deposicionales como la oxidación química en clima árido, contribuyen a la destrucción de los granos de polen. Esto concuerda con la nula a escasa fluorescencia de la materia orgánica palinológica total y la abundancia de fitoclastos opacos respecto de los translúcidos (Tyson, 1995). En consecuencia, factores tafonómicos (asociados principalmente a la alcalinidad del medio y a la exposición aérea de los sedimentos) habrían sido los responsables, bajo condiciones climáticas relativamente adversas, de la pobreza palinológica de los mismos.

### Fitolitos de los depósitos de interduna

Se analizaron ocho muestras procedentes de las dos asociaciones de facies reconocidas. Una cantidad significativa de fitolitos fue detectada únicamente en tres muestras correspondientes a depósitos de interduna húmeda en las siguientes secciones (Fig. 3): Ruta 15 Norte (una muestra procedente del paleosuelo P2, preparado GHUNLPam 27291) y Ea. San José Sur (dos muestras de la facies Fm, preparados GHUNLPam 27292 y GHUNLPam 27293). En dichas muestras se observa (Tabla III) que el morfotipo más abundante es el de prismatolita (elongado, *elongate*) seguido por las braquiolitas (rectangular), halteriolitas (halteriforme, *dumb-bell*) y estrobilolitas (cónico, *cone-shaped*) (Fig. 5.a, 5.b), que son formas atribuidas a gramíneas. En cuanto a las globulolitas (circular crenado, *circular crenated*, Fig. 5.c), atribuidas a palmeras, si bien están presentes, nunca son dominantes. El resto corresponde a formas aisladas en cantidades no significativas.

La asociación del paleosuelo P2 (GHUNLPam 27291) es particularmente significativa ya que los fitolitos procedentes de paleosuelos son considerados



**Figura 5.-** Tipos de fitolitos representativos de la localidad Ruta 15 Norte. Preparado GHUNLPam 27291. A) halteriolitas (HI), prismatolita (Pr) y braquiolita (Br). B) braquiolita (Br) y estrobilolitas (Es). C) globulolita. La escala gráfica representa 20 µm.

un reflejo de la vegetación originalmente asociada con el mismo (Piperno, 2006). La asociación fitolítica procedente del paleosuelo P2 es similar a aquella recuperada de facies lacustres someras (restantes preparados). La composición de la asociación fitolítica es típica de suelos bajo pastizales, dominados por gramíneas, con palmeras en proporción subordinada.

### Discusión y conclusiones

Los resultados acerca de la caracterización de las asociaciones de facies presentes, la micromorfología del paleosuelo P2 y su contenido palinológico, así como los fitolitos registrados, sumados a las superficies de correlación propuestas y las relaciones laterales de facies (Fig. 3), permiten realizar una reconstrucción de la evolución paleoambiental de las secciones analizadas. Ha sido posible distinguir tres episodios deposicionales, denominados I a III (Fig. 3). El episodio deposicional I está registrado únicamente en el perfil Ruta 15 Sur (depresión meridional), donde se midió el mayor espesor de la asociación de facies de dunas eólicas (DE). En la depresión septentrional no se registran depósitos correlacionables, siendo posiblemente ésta un sitio de erosión activa; tal interpretación es sustentada por la cota más elevada de dicha depresión (aproximadamente 10 m mayor) y por la presencia de una discordancia erosiva subyaciendo a los sedimentos de la Formación Meauco. Los sedimentos del episodio deposicional I son aquellos típicamente asignados a la Formación Meauco y pueden alcanzar un espesor decamétrico en el área de estudio. En consecuencia, el episodio deposicional I habría estado caracterizado por migración activa de dunas eólicas y deflación en áreas contiguas, siendo considerado como un período árido. El episodio deposicional II muestra rasgos semejantes en ambas depresiones, aunque en las secciones orientales se registran los espesores mayores (hasta 7,70 m en Estancia San José Sur). La sedimentación se inicia con facies de interduna húmeda en las secciones del noreste, en las que se produjo sedimentación lacustre somera (facies Fm), posiblemente en planicies fangosas con exposición sub-aérea repetida, y predominio de condiciones de interduna seca (facies Ab) en los

sectores más altos del suroeste (Fig. 3). Durante el episodio deposicional II también se registró la migración de dunas eólicas y su posterior edafización (paleosuelo P1) en las secciones ubicadas en los sectores elevados del suroeste y depósitos de interduna seca (facies Am) hacia el noreste de las depresiones (Fig. 3). Esta migración de dunas sobre facies de interduna puede reflejar un aumento en la disponibilidad de sedimentos arenosos o responder a mecanismos intrínsecos al sistema deposicional. El episodio deposicional II finaliza con un período de estabilización del paisaje y la formación de un suelo mejor desarrollado (paleosuelo P2) en los sectores elevados (suroeste) de las depresiones y sedimentos lacustres someros edafizados en el noreste de la depresión septentrional. El paleosuelo P2 exhibe un horizonte superior gris oliva con un contenido en materia orgánica variable entre 0,5% y 1,3% (extrapolado a partir del carbono orgánico total), lo cual contrasta notoriamente con los suelos actuales que se clasifican como regosoles y muestran un contenido de materia orgánica mucho menor (Cano, 1980). El paleosuelo P2 exhibe nódulos de Fe-Mn que sugieren saturación periódica del perfil del suelo, coincidente con la presencia de algunos restos de palinomorfos que otros autores han encontrado asociados a ambientes con disponibilidad de humedad (desde escurrimientos superficiales a cuerpos lagunares). Estos palinomorfos incluyen *Riccia* sp. (Bryophyta), *Spirogira* sp. (Zygnemataceae) y esporas de hongos (*Glomus* sp.). La materia orgánica habría estado sujeta a una importante oxidación, como lo sugieren su fluorescencia nula y la presencia de fitoclastos opacos. Los fitolitos del paleosuelo P2 sugieren una vegetación de pastizales, lo cual concuerda con el desarrollo moderado del mismo y con el registro fitolítico de cuerpos de agua cercanos pertenecientes al mismo episodio deposicional. Las facies presentes y sus relaciones laterales sugieren que la sedimentación durante el episodio deposicional II estuvo controlada por una capa freática próxima a la superficie. La información disponible no permite conocer la extensión areal ni el espesor total en el subsuelo de los fangos lacustres, siendo su espesor mínimo de 4 m. La cementación carbonática observada en el techo de los sedimentos del episodio deposicional

previo en el perfil Ruta 15 Sur podría también deberse a la fluctuación del nivel freático durante este intervalo. El episodio deposicional II correspondería a condiciones climáticas más húmedas que las supuestas para el episodio deposicional I y también que aquellas imperantes en la actualidad en la región, como lo sugiere el menor desarrollo de los suelos actuales en relación al paleosuelo P2. Finalmente, el episodio deposicional III está escasamente representado por depósitos de interduna seca (facies Am) y un paleosuelo truncado (paleosuelo P3) con abundantes nódulos carbonáticos (Fig. 3B). Este episodio representa un retorno a condiciones climáticas más áridas. Los sedimentos actuales apoyan mediante una superficie neta, en la depresión meridional con carácter erosivo, sobre los sedimentos del episodio deposicional III. Tal superficie es tentativamente considerada como una super-superficie, originada por coexistencia lateral de transferencia sedimentaria y deflación.

Las variaciones litofaciales y la presencia de un paleosuelo (P2) con moderado desarrollo y portador de palinomorfos que sugieren condiciones de relativa humedad, así como fitolitos típicos de suelos bajo pastizales en la Formación Meauro, permiten suponer la presencia de un intervalo climático más húmedo (episodio deposicional II). Tal episodio sucedió y fue parcialmente coetáneo con la deposición de las facies arenosas eólicas típicas de la unidad y, aparentemente, también fue más húmedo que las condiciones climáticas imperantes en la actualidad. Esta alternancia climática parece haberse registrado también en los depósitos posiblemente coetáneos en una región próxima (Valle de Quehué), donde se han descrito sedimentos fluviales y lacustres (Mehl y Zárate, 2008). A escala regional, también se han reconocido cambios en la dinámica sedimentaria de los sistemas eólicos vinculados a condiciones climáticas variables, tanto en sedimentos arenosos (e.g. Tripaldi y Forman, 2007) como loésicos (e.g. Zinck y Sayago, 1999). No obstante, todavía no se dispone de dataciones absolutas que permitan ubicar temporalmente de manera precisa estos episodios deposicionales, que se asignan en sentido amplio al Pleistoceno Superior-Holoceno, y correlacionar con otras secciones típicas del Mar de Arena Pampeano (e.g. Iriondo y Kröhling, 1995). En consecuencia, las interpretaciones avanzadas deberán ser contrastadas en el futuro con un armazón cronológico adecuado. Sin embargo, consideramos que este aporte brinda indicios significativos acerca de las condiciones de sedimentación y paleoclimáticas para el intervalo Pleistoceno Superior-Holoceno en la provincia de La Pampa y en la región central de Argentina.

### Agradecimientos

Las tareas no hubieran sido posibles sin el apoyo de la Dirección Provincial de Vialidad (Gobierno de La Pampa), que facilitó una máquina retroexcavadora, el remolque para su transporte y movilización en el área de trabajo y el personal para la excavación y cegado de las calicatas que alcanzaron hasta 7 m de profundidad. Agradecemos también a la Dirección General de Educación del Gobierno de La Pampa, por permitir nuestro alojamiento en las instalaciones de la Escuela Albergue N° 180 de Jagüel del Monte, a los Sres. Viglierchio y Martínez,

por autorizar los trabajos dentro de sus propiedades, a la Facultad de Ciencias Humanas de la UNLPam por financiar el proyecto y los comentarios de Graciela Alfonso y María Angélica Tamame a una versión previa del manuscrito. Asimismo, agradecemos las sugerencias del Dr. Ferrán Colombo y un revisor anónimo, así como la asistencia editorial del Dr. Juan A. Morales.

### Referencias

- Bertoldi de Pomar, H. (1971): Ensayo de clasificación morfológica de los silicofitolitos. *Ameghiniana*, 8, 317-328.
- Bullock, P., Fedoroff, N., Jongerius, A., Stoops, G. y Tursina, T. (1985): *Handbook for Soil Thin Section Description*. Waine Research Publications, England, 152 pp.
- Cano, E. (1980): *Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, 491 pp.
- Delcourt, P. A. y Delcourt, H.R. (1980): Pollen preservation and Quaternary environmental history in the southeastern United States. *Palynology*, 4, 215-231.
- Dimbleby, G.W. (1985): *The Palynology of Archaeological Sites*. London Academic Press, London, 173 pp.
- Follmer, L. R. (1998): A scale for judging degree of soil and paleosol development. *Quaternary International*, 41, 12-13.
- Giai, S.B. (1975): *Plan de investigación de aguas subterráneas (PIAS)*. Informe inédito, Dirección de Aguas Subterráneas de La Pampa, 56 pp. + 25 fig. + 6 mapas.
- Grill, S.C. (2003): Análisis palinológico de sedimentos cuaternarios en la cuenca inferior del río Quequén Salado, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Polen*, 12, 37-52.
- Iriondo, M. (1990): Map of the South American plains. Its present state. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, 6, 297-308.
- Iriondo, M. (1999): Climatic changes in the South American plains: Records of a continent-scale oscillation. *Quaternary International*, 57/58, 93-112.
- Iriondo, M. y Kröhling, D.M. (1995): El sistema eólico pampeano. *Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales Florentino Ameghino* (Nueva Serie), 5, 1-80.
- Mehl, A. y Zárate, M.A. (2008): Sucesiones aluviales del Pleistoceno tardío-Holoceno del valle de Quehué, La Pampa, Argentina. En: *XII Reunión Argentina de Sedimentología*, Buenos Aires, 1, 115.
- Melchor, R.N. y Llambías, E.J. (2004): *Descripción de la hoja Geológica 3766-I «Santa Isabel», provincia de La Pampa (1:250.000)*. Servicio Geológico Minero Argentino, 49 pp.
- Mountney, N.P. (2006): Eolian facies models. En: *Facies Models Revisited* (H.W. Posamentier y R.G. Walker, Eds.). Society for Sedimentary Geology, 19-83.
- Piperno, D. R. (2006): *Phytoliths: a comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists*. AltaMira Press, Lanham, 235 pp.
- Retallack, G.J. (1990): *Soils of the Past. An introduction to paleopedology*. Unwin-Hyman, Boston, 520 pp.
- Simons, J. (1987): *Spirogyra* species and accompanying algae from dune waters in the Netherlands. *Acta Botanica Neerlandica*, 36, 13-31.
- Tripaldi, A. y Forman, S.L. (2007): Geomorphology and chronology of Late Quaternary dune fields of western Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 251, 300-320.
- Twiss, P.C. (1992): Predicted world distribution of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub>

- grass phytoliths. En: *Phytolith Systematic* (Rapp, G. y S. Mulholland, Eds.). Plenum Press, 113-128.
- Tyson, R. (1995): *Sedimentary Organic Matter*. Chapman and Hall, London, 615 pp.
- Zárate, M.A. y Blasi, A. (1993): Late Pleistocene and Holocene deposits of the southeastern Buenos Aires Province: a preliminary model. *Quaternary International*, 17, 15-20.
- Zárate, M.A., Kemp, R.A., Espinosa, M. y L. Ferrero, L. (2000): Pedosedimentary and palaeoenvironmental significance of a Holocene alluvial sequence in the southern Pampas, Argentina. *The Holocene*, 10, 481-488.
- Zetti, J. (1964): El hallazgo de un Megatheridae en el «Médaño Invasor» del SO de Toay. Provincia de La Pampa. *Ameghiniana*, 3, 257-265.
- Zinck, J.A. y Sayago, J.M. (1999): Loess-paleosol sequence of La Mesada in Tucuman province, northwest Argentina characterization and paleoenvironmental interpretation. *Journal of South American Earth Sciences*, 12, 293-310.
- Zucol, A.F. (2001): Fitólitos III. Una nueva metodología descriptiva. Asociaciones fitolíticas de *Piptochaetium montevidense* (Stipae, Poaceae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 36, 69-85.

*Manuscrito recibido el 2 de abril de 2011*

*Aceptado el manuscrito revisado el 21 de junio de 2011*