

## PALEOAMBIENTES DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO LUJÁN (BUENOS AIRES, ARGENTINA) DURANTE EL ÚLTIMO PERÍODO GLACIAL (EIO 4-2)

*Adriana BLASI<sup>1</sup>, Carola CASTIÑEIRA LATORRE<sup>2</sup>, Laura DEL PUERTO<sup>3</sup>, Aldo R. PRIETO<sup>4</sup>,  
Enrique FUCKS<sup>5</sup>, Claudio DE FRANCESCO<sup>6</sup>, Paul R. HANSON<sup>7</sup>, Felipe GARCÍA-RODRIGUEZ<sup>8</sup>,  
Roberto HUARTE<sup>9</sup>, Jorge CARBONARI<sup>9</sup> y Aaron YOUNG<sup>7</sup>*

<sup>1</sup> CIC. División Mineralogía y Petrología. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. UNLP.  
Paseo del bosque S/N (1900) La Plata, Argentina. ablasí@fcnym.unlp.edu.ar

<sup>2</sup> CONICET. División Mineralogía y Petrología. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. UNLP.

<sup>3</sup> Museo Nacional de Antropología. DICYT- MEC- Montevideo, Uruguay.

<sup>4</sup> CONICET. Laboratorio de Paleoecología y Palinología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,  
Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.

<sup>5</sup> CONICET. CIG-LATYR Facultad de Ciencias Naturales y Museo y Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP.

<sup>6</sup> CONICET. Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,  
Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.

<sup>7</sup> School of Natural Resources, University of Nebraska, Lincoln, USA.

<sup>8</sup> Facultad de Ciencias, Sección Oceanología, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

<sup>9</sup> CONICET. CIG-LATYR. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. La Plata, Argentina.

**Resumen:** El objetivo de este trabajo es definir unidades depositacionales y realizar inferencias paleoambientales a partir del análisis de facies y del contenido paleobiológico (moluscos, fitolitos y diatomeas) de depósitos acotados cronológicamente entre ca. <70.000 años y 11.000 años AP, Estadios Isotópicos de Oxígeno (EIO) 4 a 2, para la cuenca media del río Luján. Se seleccionaron tres secciones en las cuales se realizaron un total de siete perfiles estratigráficos de detalle y donde se extrajeron las muestras para los análisis sedimentológico, del contenido paleobiológico y para dataciones. Los depósitos estudiados fueron agrupados en cinco facies sedimentarias (F1, F2, F3, F4 y F5), ubicados cronológicamente y correlacionados con unidades semejantes descriptas por otros autores. Se reconocieron varias discontinuidades erosivas y de estabilidad para el lapso Pleistoceno tardío-Holoceno, las que permitieron definir cinco unidades depositacionales (UD). La presencia en el río Luján de una barranca, donde se exponen depósitos de edad Pleistoceno tardío-Holoceno, está estrechamente asociada a la incisión de los depósitos de relleno de antiguas depresiones interconectadas, ocurrida durante el Holoceno. Esto permitió inferir que la paleotopografía de esta área ha ejercido un control determinante en la existencia de barrancas con afloramientos del Pleistoceno tardío-Holoceno. Aún cuando las sucesiones son incompletas y las dataciones no permiten ajustar el inicio y la finalización de las UD para el lapso EIO 4 a 2, el análisis facial sugiere la existencia de una marcada variabilidad ambiental durante ese lapso, para el noreste de la provincia de Buenos Aires. En función del análisis facial se interpretó que el ambiente de depositación correspondió a sistemas fluvio-lacustres efímeros y eólicos, con sedimentación para el lapso ca. <70.000 años - <11.000 <sup>14</sup>C años AP, bajo condiciones áridas, principalmente climas seco-subhúmedo y semiárido. Durante al menos una parte del EIO4 y durante el EIO2 habría ocurrido depositación eólica predominante, durante intervalos climáticos sub-húmedos secos. En tanto durante el EIO3 habrían tenido lugar eventos aluvionales

episódicos bajo condiciones climáticas subhúmedas a subhúmedas secas o fuertemente estacionales y con alternancia de fases sub-húmedas-húmedas. Esto indicaría que las acumulaciones habrían tenido lugar mayormente en ambientes depositacionales con déficit hídrico aunque de variado grado. Las características geomorfológicas y las evidencias sedimentológicas y paleobiológicas permitieron inferir que el clima fue el forzante principal en el desarrollo de la sucesión sedimentaria.

**Palabras clave:** Último período glacial, paleoambiente, paleoclima, río Luján, Argentina.

### EXTENDED ABSTRACT

The sedimentary sequences exposed in cutbanks of the middle course of the Luján river preserve important paleoenvironmental information on the late Quaternary climatic evolution of the north-eastern Pampean region. The objective of this paper is to define depositional units and infer the paleoenvironmental conditions from the analysis of the sedimentary facies and the paleobiological content (mollusks, phytoliths and diatoms) of the sequences dated between ca. 70,000 and 11,000 yr BP, Oxygen Isotopic States (OIS) 4 to 2, of the middle region of the Luján river basin. This paper follows on from previous studies about the reconstructions of the paleoenvironmental and climatic changes in the northern region of the Buenos Aires Province presented by Dangavs and Blasi (1995), Prieto *et al.* (2004) Fucks *et al.* (2005), Fucks and Deschamps (2008) and Blasi *et al.* (2008, 2009a, b).

A late Pleistocene-Holocene cutbank (PT-H) is preserved along the banks of the Luján river where three sections were analyzed (Table 1). The lower exposures, found from the present river level to halfway up the bank show late Pleistocene materials, while the upper portion shows Holocene fluvio-lacustrine and aeolian deposits. The Holocene deposits overlie paraconformably and start with a high organic matter concentration level which was deposited ca. 11,000 <sup>14</sup>C yr BP in a lentic environment of meso-eutrophical characteristic (Prieto *et al.*, 2004). Between the Jáuregui and Manzanares cities the PT-H cut bank is not continuous but alternates with deposits from a previous sedimentary cycle that we informally named "Pampeano" (Ameghino, 1884; Dangavs and Blasi, 1995). This last unit constitutes the present fluvial channel floor and interfluvial deposits of this region.

The development of the cutbanks studied here is

likely to be related to a late Holocene fluvial incision of the late Pleistocene-Holocene sediments and aeolian, fluvial and lacustrine deposits that infill blowout depressions (Ameghino, 1880-1881, 1884; Frenguelli, 1925; Dangavs and Blasi, 1995).

Three sections along the middle course of the Luján river were selected for the production of seven detailed stratigraphic profiles (Table 1), for collecting samples for sedimentological and paleobiological analyses (Table 2), and for radiocarbon and IRSL dating (Table 3). The late Pleistocene sedimentary record (ca. <70,000 - <11,000 <sup>14</sup>C yr BP) between the localities of Jáuregui and Manzanares allowed recognition of five facies: F1, F2, F3, F4 and F5 (Table 2), which are either totally or partially present in the studied sequences. The facies were correlated to the units described by other authors (Table 4).

The studied sequence starts with silty gravel and gravelly silt of lacustrine and fluvial nature (facies F1), that grade upward or laterally to sandy silt to silty sand of facies F2 that represent dunes of pellets (Figs. 4 and 5). Facies F2 presents an irregular based and low angle cross-bedding, and is composed of fine sedimentary lithoclasts, quartz and feldspar grains. The biological indicators are represented almost exclusively by phytoliths. This facies would have been produced because of seasonal wind storms that deflated sediments of the marginal platform of the lentic bodies that had been exposed by the retraction of the water body during temperate sub-humid dry to seasonal conditions. Facies F1 and F2 are unconformably covered by sandy gravel, gravelly sand and sand within a sandy silt matrix, included in the facies F3. It forms a massive lenticular stratum with commonly carbonatic clasts ("tosca"), reworked fragments of bones, siliciclastic grains and fine sedimentary intraclasts (Figs. 4-6). Remains of ostracods, diatoms, extinct mollusks and phytoliths are also abundant in facies F3 (Table 5).

These deposits were accumulated after successive ephemeral fluvial episodes, because of heavy and concentrated rains of different frequency and caudal from channeled flow in gullies. During each fluvial event, temporary lentic water bodies would have originated because of either damming or overflow, thus producing the accumulation of fine material which, in part, was infiltrated as the matrix of the coarse deposits. The paleobiological records, frequently monospecific, suggest conditions of environmental stress due to abrupt salinity changes, caudal and temperature. These environments were very changeable because of water overflow produced during storms, and with low water levels after high evaporation periods. During facies F3 deposition, distal and local aeolian inputs would have continuously taken place with low sedimentation rates and without aeolian landforms; instead the aeolian materials would have been amalgamated to the alluvial ones. Sedimentation under temperate to cold conditions with alternant sub-humid/humid facies and dry or highly seasonal facies is interpreted here. Subsequently, the sediments included in facies F4 are vitroclastic sandy silt and silt (Figs. 4-6) with higher abundance and diversity of diatoms and phytoliths of Poaceae, Cyperaceae and woody dicots. This facies would correspond to loess deposits that accumulated in flooded lowlands, lentic shallow water bodies, and under temperate to cold and sub-humid to highly seasonal conditions. The succession ends with sandy silt of the facies F5 (Fig. 6), with very scarce biological content. These deposits represent the degradation of the lentic water bodies due to clastic infilling under temperate sub-humid/dry conditions that formed alkaline swamps.

The depositional paleoenvironments for the lapse ca. <70,000 - <11,000 <sup>14</sup>C yr BP were interpreted as ephemeral lake-fluvial and aeolian settings in dry-subhumid and semiarid basins. Three major erosion discontinuities were recognized (Fig. 8). The first discontinuity would have occurred during late Pleistocene times, the second one corresponds to the late Pleistocene-Holocene transition and the third discontinuity would have taken place during historical times. Two other discontinuities were observed and are marked by indicators of stability like the presence of a duricrust on the top of the facies F3 and a paleosoil on the top of the late Holocene lake-fluvial deposits (Prieto *et al.*, 2004). These discontinuities allowed recognition of five

depositional units (DU) or aggradation events in the middle basin of the Luján river within the late Pleistocene-Holocene sub-cycle (Zárate, 2005).

The DU 1 consists of facies F1 and F2, with ephemeral lacustrine-fluvial and aeolian deposits, respectively. It represents sedimentation in lowlands interconnected by ephemeral streams, which were active during instantaneous current episodes, derived from storms, with the generation of ephemeral lakes and formation of aeolian lunettes towards the end of the flooding cycle. The minimal depositional age of DU 1 was inferred as being ca. 60,000 yr BP.

The DU 2 includes the facies F3 of ephemeral fluvial to ephemeral lacustrine deposits (the later of eutrophic to dystrophic characteristics). This sedimentation took place in lowlands interconnected by ephemeral streams during instantaneous current episodes derived from storms and the formation of temporary lakes. Different from the previous DU 1, this multiepisodic accumulation was produced under cold, dry conditions. The inferred depositional lapse was estimated to be between ca. 50,000 yr BP and 32,500 yr BP.

The DU 3 is formed by facies F4 and F5. Its accumulation started with settling in permanent lakes or ponds with variable inputs of aeolian sand and dust, due to wind storms, under temperate and sub-humid climatic conditions (facies F4). Subsequently, these lentic water bodies were degraded by dystrophy (facies F5). The temporal interval of DU 3 accumulation was dated between 37,700 yr BP and 11,000 yr BP.

The DU 4 includes lake-fluvial to marsh deposits of eutrophic to dystrophic characteristics, analyzed by Prieto *et al.* (2004). According to these authors this deposition took place in lowlands interconnected by permanent streams, under humid to sub-humid/dry conditions after 7,000 yr BP. The deposition lapse was dated between ca. 11,000 and 3000 yr BP.

The DU 5 consists of sandy-silty facies corresponding to reworked aeolian deposits that buried a paleosoil of ca. 3,000 yr BP (Prieto *et al.*, 2004). They interpreted this unit as deposited under climatic conditions similar to the present ones since 3000 yr BP and until the incision of the present channel in historical times.

Two aeolian episodes of large magnitude were recognized, presented in the facies F2 ( $\geq 56,400 \pm 6,500$  yr BP) and facies F4-F5 ( $\leq 32,500 \pm 4,700$  yr BP). The deposition of distal or local

aeolian material could have been continuous, but, during some stages of lower deposition rate, aeolian deposits might have been integrated in the alluvial deposits. During the late Pleistocene, the seasonal regime of these environments would have influenced the aeolian and ephemeral-fluvial deposition processes, with differing degrees of participation in the sedimentation. The present day middle reaches of Luján river may have constituted, at that time, the head of the basin with low order ephemeral or temporary streams, so the influence eustacy is considered negligible (Blasi *et al.*, 2009a). The succession studied here shows that the environmental variability during the OIS 4 to 2 in the northern Buenos Aires province would have been higher than previously interpreted. Episodic alluvial events probably took place under sub-humid climatic conditions during the OIS3, as shown by the paleobiologic records, and aeolian deposition was predominant during most of the OIS2 and, at least, part of the OIS4, evidencing sub-humid/dry climatic conditions. Sedimentological and paleobiological records of the middle course of Luján river allowed the inference that climate was the main driving force for sedimentation.

**Keywords:** Last glacial period, paleoenvironment, paleoclimate, Luján river, Argentina.

## INTRODUCCIÓN

Las sucesiones sedimentarias expuestas en las barrancas del curso medio del río Luján registran la evolución paleoambiental y paleoclimática del Cuaternario tardío del noreste de la región pampeana. Las correlaciones utilizadas en los esquemas estratigráficos para otros depósitos del Pleistoceno tardío-Holoceno en las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba, así como también en Brasil y Uruguay, hacen referencia a las unidades definidas en el río Luján, denominadas más frecuentemente como Piso Lujanense (Ameghino, 1889), Piso Platense (Doering, 1882) o Lujanense y Platense (Ameghino, 1908; Dangavs y Blasi, 1995a; Orgeira *et al.*, 2003; Prieto *et al.*, 2004; Fucks *et al.*, 2005; Toledo, 2005; Blasi *et al.*, 2009a). Por otra parte, las unidades litoestratigráficas definidas para la cuenca inferior del río Salado, denominadas Miembro Guerrero y Miembro Río Salado de la Formación Luján (Fidalgo *et al.*, 1973), fueron creadas como abarcativas del

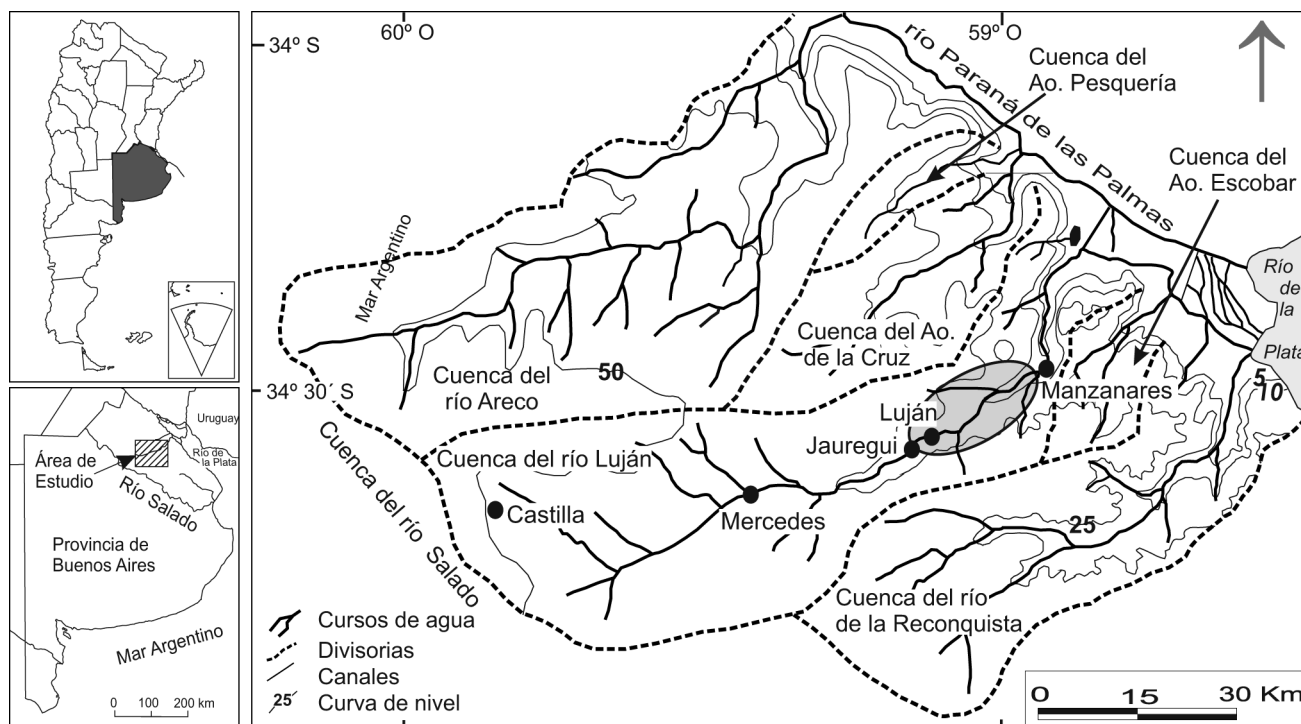
Lujanense y el Platense, respectivamente, de tal forma que las correlaciones regionales (Antón, 1975; Bombín, 1976) también suelen vincularse con estas unidades litoestratigráficas. A los miembros Guerrero (Fidalgo *et al.*, 1973) y La Chumbiada (Dillon y Rabassa, 1985) de la Formación Luján se les asignó una edad Pleistoceno tardío y se los correlacionó con los Estadios Isotópicos de Oxígeno (EIO) 4 a 2 (Rabassa *et al.*, 2005) sobre la base del registro de vertebrados fósiles (Cione y Tonni, 1999). Blasi *et al.*, (2009a) establecieron que la depositación del Lujanense en el área del río Luján comenzó ca. 60.000 años.

Los estudios geológicos y paleoambientales en la cuenca del río Luján se reanudaron a partir de 1995 (Dangavs y Blasi, 1995a, b) y fueron continuados entre otros por Prieto *et al.* (2004), Fucks *et al.* (2005), Fucks y Deschamps (2008) y Blasi *et al.* (2008, 2009a, b). Sin embargo, no se han realizado hasta el momento estudios sedimentológicos y micropaleontológicos de detalle para el último período glacial. Recientemente, Blasi *et al.* (2009a) propusieron definir los depósitos según unidades depositacionales o de agradación limitadas por discontinuidades (CAE, 1992; Gonzalez Bonorino, 1993; Bossi, 1998) e identificar las facies que las integran en los diferentes sectores de la cuenca.

De esta forma, el objetivo principal de este trabajo es definir unidades depositacionales (alounidades) y realizar inferencias paleoambientales a partir del análisis de facies de las sucesiones sedimentarias para el lapso ca. <70.000 años - 11.000 años AP (EIO 4 a 2) en la cuenca media del río Luján. Por otra parte, se presenta una caracterización de las sedimentitas epiclásticas que conforman los depósitos del Pleistoceno tardío del área. Estos resultados permitirán futuras discusiones acerca de la correlación con las unidades estratigráficas aflorantes en otras regiones y con los modelos paleoclimáticos postulados para aquellas.

## CUENCA DEL RÍO LUJÁN

La cuenca del río Luján, de vertiente al sistema Gran Cuenca del Plata, ocupa una superficie total de 3.113 km<sup>2</sup>. Presenta un régimen pluvial, con crecidas rápidas durante las tormentas. Nace con rumbo ENE en la confluencia de los arroyos Los Leones y del Durazno, al NE de la localidad de Castilla, a 52 msnm. Desemboca con dirección SE, luego de un recorrido



**Figura 1.** Mapa de ubicación de la cuenca hidrográfica del río Luján y sitios mencionados en el texto.

**Figure 1.** Location map of the hydrographical basin of the Luján river and sites mentioned in the text.

total de 160 km, a 2,5 msnm en el complejo deltaico del río Paraná. Drena dos ambientes morfológicos, al occidente la Pampa Ondulada y al oriente la planicie costera. Sus límites son las cuencas del arroyo de la Cruz y del río Areco al norte, la cuenca del río Salado al oeste y sur y la del río Reconquista al sudeste. Hacia el este, constituye el límite natural entre la planicie costera y la llanura deltaica (Fig. 1).

El sector de cabeceras de la cuenca hidrográfica del río Luján posee un relieve casi plano y se inicia a partir de una red de drenaje poco desarrollada de límite impreciso debido a la erosión retrocedente y a la existencia de cuerpos de aguas superficiales como bañados y lagunas. Al inicio, su cauce es angosto, profundo y de costas bajas, que paulatinamente están limitadas por barrancas que alcanzan una altura relativa de 2 metros. Las pendientes de este sector de cabeceras varían entre 0,022% y 0,035%. La cuenca media tiene mayor expresión areal y está surcada por una red de drenaje bien integrada compuesta por cursos de segundo orden, donde el canal corre encajonado entre barrancas de mayor altura relativa (3 a 5 m). En este tramo la pendientes varía entre 0,035% y 0,066% y adquieren su máximo entre Paso de Corro y Cañada de Rocha. Los afluentes principales son los arroyos Frías, Pereyra y Haras y

angostos zanjones sin nombre que drenan el agua de escurrimiento superficial no encauzado de los terrenos aledaños. A partir de la localidad de Pilar el canal pierde su confinamiento y presenta un diseño meandroso de alta sinuosidad con pendiente de 0,006% y desarrollo de albardones. Escurre en una amplia planicie (paleoestuario) de más de 4 km de ancho, formada durante las diferentes intrusiones del Cuaternario tardío, y desemboca en el estuario del Río de la Plata (Fig. 1). En esta área los albardones impiden el drenaje de las aguas superficiales o de escorrentía en manto de aguas de lluvia y ocasionan la formación y permanencia de bañados en el paleoestuario.

El clima actual es húmedo mesotermal, sin o con muy poco déficit de agua. El régimen de precipitaciones es una transición hacia lluvias marítimas de invierno. La precipitación media anual es de 1.000 mm. La temperatura media de verano es de 23°C y la media de invierno de 10°C (Prieto *et al.*, 2004).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente estudio fueron relevados aproximadamente 16 km del sector medio del río

Luján (Fig. 1), de acuerdo con las posibilidades de accesibilidad, donde se identificaron facies sedimentarias en función de las características litológicas. Se seleccionaron tres secciones en las cuales se realizaron un total de siete perfiles estratigráficos de detalle (Tabla 1) y de donde se extrajeron las muestras para los análisis sedimentológico y del contenido paleobiológico. Además, se tomaron siete muestras para dataciones radiocarbónicas (AMS y estándar) y por luminiscencia estimulada por infrarrojo (*infrared stimulated luminescence*, IRSL). Para las dataciones IRSL se extrajeron de cada uno de los puntos escogidos tres muestras (una sellada a la luz, otra para contenido de humedad y otra para el cálculo de dosis de campo).

Se definieron luego unidades depositacionales integradas por una, dos o más facies y separadas entre sí por discontinuidades de carácter erosivo o de estabilidad. Las discontinuidades que señalan momentos de estabilidad están relacionadas con pausas o equilibrio en los procesos de agradación o erosión.

### Análisis sedimentológicos

Los análisis sedimentológicos se realizaron según metodologías estándares (Carver, 1971). Consistieron en la eliminación de la materia orgánica con peróxido de hidrógeno y de los cementos con HCl diluido. Para la dispersión se utilizó Na-hexametafosfato. El análisis de tamaño de grano se realizó para la fracción arena por tamizado a intervalos de medio grado phi y para la fracción limo arcillosa por pipeteo (Carver, 1971). Los porcentajes del contenido de arena, limo y arcilla se utilizaron para la clasificación granulométrica según Folk (1954). El análisis mineralógico se realizó en fracción arena fina (0,125 – 0,062 mm) por microscopia de polarización. La mineralogía de arcillas se realizó en preparados de muestra total y orientada, mediante rayos X en Difractómetro Philipps PW3710 tubo de Cu.

### Análisis paleobiológico

Para el análisis del contenido biosilíceo, las muestras fueron procesadas con tratamientos estándares (Zhao y Pearsall, 1998). Se realizaron preparados permanentes con Naphrax® para la contabilización e identificación de las partículas biosilíceas. Para el análisis de silicofitolitos, se

contabilizó un mínimo de 300 especímenes a 100x en cada muestra. Se prestó especial atención a los silicofitolitos producidos en células cortas de gramíneas (Fredlund y Tieszen, 1994; Twiss, 1992). Para la identificación de fitolitos de gramíneas se empleó una clave elaborada a partir de los antecedentes de Twiss (1992), Mulholland y Rapp (1992), Fredlund y Tieszen (1994, 1997), Zucol (1998, 2000, 2001), Gallego y Distel (2004) y Fernández *et al.* (2006) y por comparación con la colección de referencia de 70 especies de gramíneas nativas de la Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Uruguay (del Puerto *et al.*, 2006; del Puerto 2009). Los fitolitos de dicotiledóneas fueron identificados de acuerdo con Piperno (1988), Bozarth (1992), Pearsall (2007), y del Puerto (2009). La identificación de otros morfotipos se realizó a partir de material comparativo (del Puerto, 2009). Los fitolitos pooides son producidos en gramíneas invernales de mecanismo fotosintético C3, mientras que los panicoides y chloridoides proceden de gramíneas estivales C4. Se calculó el Índice de Temperatura (IT) e Índice de Humedad (IH) a partir de las abundancias relativas de las células cortas pooides, panicoides y chloridoides (Twiss, 1992) y de la distribución biogeográfica de las subfamilias que producen estos morfotipos (Hartley, 1973). El IT se calculó a partir de la relación zooides / (panicoides + chloridoides) \* 100. Altos valores indican un clima frío, propio de altas latitudes o elevaciones donde las gramíneas C3 predominan. En forma similar, a partir de la relación de fitolitos chloridoides en el total de células cortas C4 (chloridoides + panicoides) se calculó el IH, que resulta de la relación chloridoides / (chloridoides + panicoides) \* 100. Altos valores indican clima árido o con marcado déficit hídrico en la estación estival, condiciones bajo las cuales dominan las gramíneas de la subfamilia Chloridoideae.

Para el análisis diatomológico se identificaron las especies y se realizó un recuento cualitativo. Las especies fueron identificadas de acuerdo con Frenguelli (1945a, b), Stoermer *et al.* (1999), Metzeltin y García-Rodríguez (2003) y Metzeltin *et al.* (2005). Las afinidades ecológicas relacionadas con tolerancia a la salinidad y hábitats fueron tomadas de De Wolf (1982), Denys (1992) y Vos y De Wolf (1993).

Para la obtención de moluscos las muestras fueron lavadas a través de un tamiz de 0,5 mm de abertura de malla. Los ejemplares recuperados fueron observados bajo lupa binocular (40x) donde se

Sección I Arroyo sin Nombre-Puente Oeste (4 km)	Perfil Arroyo Sin Nombre (PASN) (34° 34'54 " S/59° 10'20" O)
	Perfil Benedictinos (PB) (34° 34'42 " S/59° 10' 04" O)
	Perfil Puente Oeste (PW) (34° 34'27,27" S/ 59° 07'40,34"O)
	Perfil Molino Viejo (PMV) (34° 34'8,59"S/59° 07'29,04"O)
Sección III Paso de Corro - Santa Marta (1,5 km)	Perfil Paso de Corro (PPC) (34°31'42.80"S/ 59° 3'56.52"O)
	Perfil Santa Marta (PSM) (34°32'39,80"S/ 59°6'47,28"O)
Sección V Ruta 6 y Río Luján (3 km)	Perfil Ruta 6 (PR.6)(34°31'14.73"S/ 59° 2'14,13"O)

**Tabla 1.** Secciones estudiadas en el curso medio del río Luján, con los respectivos perfiles en cada una de ellas.

**Table 1.** Studied sections in the middle course of the Luján river, with the corresponding profiles.

realizó la identificación y medición de las especies.

### **Dataciones**

Para la determinación de las edades radiocarbónicas se empleó el método radimétrico por conteo convencional del decaimiento radiactivo determinando la actividad  $^{14}\text{C}$  de una muestra respecto del estándar Acido Oxálico II, RM 49 (*National Bureau of Standard*, USA). Se sustrajo la actividad del fondo. Las muestras de valvas de moluscos fueron pre-tratadas con HCl para eliminar el 20% en peso, con el fin de remover material carbonático alóctono, con el 80% restante mediante hidrólisis ácida fueron transformadas en  $\text{CO}_2$ . Este gas por reacciones químico-catalíticas fue transformado a benceno, empleado en la medición de la actividad  $^{14}\text{C}$  por Espectrometría de Centelleo Líquido, usando un equipo de ultrabajo nivel de conteo (*ultra low level*), Packard-Tricarb 3170 TR/SL (Huarte y Figini, 1988). Las edades han sido expresadas de acuerdo a lo propuesto por Stuiver y Polach (1977).

Para la obtención de edades mediante IRSL las muestras se pre-trataron con HCl para eliminar los carbonatos y se centrifugaron para aislar las partículas de 4-11 $\mu\text{m}$  que se usaron en el análisis. Los valores de dosis equivalente (De) fueron determinados por alícuota múltiple (*multiple-aliquot-additive-dose-MAAD*) según protocolo Daybreak TL/OSL. Se pre-calentaron a 125° C durante 62 horas y se dejaron estabilizar por 24 horas antes de ser medidas. Los test de laboratorio no mostraron medidas anómalas de la señal de ISRL después de 25 días. Se calculó

la dosis ambiental de las concentraciones de K, U, y Th, tomadas de las muestras totales que se determinó por espectrómetro de masa acoplado. La proporción de dosis fue calculada mediante las ecuaciones de Aitken y Alldred (1972) y Aitken (1976, 1985). Los volúmenes de humedad del sedimento fueron tomados en muestra adyacente a la muestra con fechando óptico. La contribución de dosis cosmogénica fue estimada usando las ecuaciones de Prescott y Hutton (1994).

### **GEOMORFOLOGÍA DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO LUJÁN**

A lo largo del curso del río Luján, en el sector medio de la cuenca y sobre ambas márgenes, se desarrolla por tramos una barranca de edad Pleistoceno tardío-Holoceno (PT-H) que muestra dos sectores: uno inferior con afloramientos del Pleistoceno tardío, cuyos materiales se ubican desde el nivel de agua hasta la porción media de la barranca, y uno superior, integrado por los depósitos fluvio-lacustres y eólicos del Holoceno (Prieto *et al.*, 2004). El límite entre ambos sectores está definido por un nivel oscuro concordante a paraconcordante, con alta concentración de materia orgánica datado en *ca.* 11.000  $^{14}\text{C}$  años AP (Prieto *et al.*, 2004; Blasi *et al.*, 2009a). Este depósito fue interpretado como el inicio de la sedimentación en un ambiente léntico de características meso-eutróficas (Prieto *et al.*, 2004). Toledo (2005, 2008) obtuvo edades entre 12.300 años cal. AP y 11.100 años cal. AP para la base de niveles semejantes en los ríos Luján y Arrecifes.

La barranca PT-H no es continua y alterna en pasaje neto con otras formadas por depósitos más antiguos, que denominaremos “pampeanos” (Dangavs y Blasi, 1995a, b). Estas sedimentitas afloran además, en las barrancas de escaso desarrollo del sector de cabeceras de la cuenca y en las canteras ubicadas en las áreas de pendientes e interfluvios de la región. La presencia sólo por tramos de la barranca PT-H, está estrechamente asociada a la incisión de los depósitos de relleno de antiguas depresiones o paleocubetas ocurrida durante el Holoceno (Ameghino, 1880-1881, 1884; Frenguelli, 1925; Dangavs y Blasi, 1995a, b). La edad de elaboración de estas paleocubetas no sería igual en todos los casos y, en función de esto, la amplitud temporal de los registros sería diferente en cada una de ellas. Los materiales que integran la barranca PT-H, como así también el de las barrancas labradas en los depósitos “pampeanos”, se hallan, en la mayoría de los casos, ocultos por las variaciones en el nivel del agua (regulado por una compuerta), los materiales dragados del canal, los depósitos de aluvios de crecida y la vegetación ribereña de acacia negra (*Gleditsia triacanthos*), que impiden la observación de pasajes laterales y verticales entre las diferentes facies.

En este tramo de la cuenca, el curso presenta un diseño encajado entre barrancas producto del último evento de incisión fluvial. La depositación de aluvios actuales tiene lugar en tres sectores de altura topográfica diferente. Uno bajo, donde se producen las acumulaciones de lecho del canal activo durante el estiaje. Otro intermedio, que coincide con el techo de la barranca PT-H, y que durante los máximos caudales pasa a constituir el canal de crecida. Por último, el sector de mayor extensión areal, que se corresponde con la superficie de los afloramientos “pampeanos”, es alcanzado por las aguas de crecidas excepcionales y pasa a constituir la planicie de inundación del cauce con depositación de materiales durante los desbordes.

### SECCIONES ESTRATIGRÁFICAS

El registro sedimentario y paleobiológico del Pleistoceno tardío (ca. <70.000 años - <11.000 <sup>14</sup>C años AP) expuesto en las barrancas entre las localidades de Jáuregui y Manzanares (Fig. 1) permitió reconocer y efectuar la descripción litofacial e interpretación genética de los depósitos. Se discriminaron cinco facies (F1 a F5, Tabla 2) las que

están presentes total o parcialmente en las secciones estudiadas. Las facies fueron correlacionadas con las unidades descritas por otros autores (Ameghino, 1880-1881, 1884; Rovereto, 1914; Frenguelli, 1921; Dangavs y Blasi, 1995a, b) (Tabla 4). También se compararon los atributos sedimentológicos de cada facies con los descriptos por estos autores, para los depósitos del área.

El reconocimiento litofacial en el registro sedimentario de la barranca PT-H, principalmente en su sector inferior, está dificultado por algunas características particulares de los sedimentos, entre las que destacamos como las más importantes: (1) La naturaleza intraformacional de los clastos que integran algunos de los depósitos. En estos casos, las unidades mecánicas de transporte que integran el “esqueleto” de los sedimentos están representadas por clastos pelíticos de loess y/o limos loessoides escasamente compactados, de coloración rojiza a castaña y de bordes irregulares poco nítidos, salvo cuando se observan en húmedo. Estos litoclastos integran, junto con la matriz areno-pelítica de igual coloración, depósitos poco consolidados, dificultando su identificación, más aún cuando estos clastos son de tamaño arena media o menor. De tal modo que la textura al tacto está dada en general por el sedimento que conforman los litoclastos y debido a que estos son bastantes débiles a la presión, conduce a errores de interpretación granulométrica. Lo mismo ocurre durante las tareas de laboratorio donde se produce la desagregación de los litoclastos originales con la consecuente identificación de una granulometría “aparente” determinada por este proceso mecánico. (2) La presencia de sedimentos mixtos en la conformación de la mayoría de las facies. La naturaleza mixta conduce a errores en las posteriores interpretaciones, tanto composicional granulométrica, como de procedencia, sobre la base de la composición mineralógica y de las características del agente de transporte y depositación. Así como los sedimentos híbridos (Pettijohn *et al.*, 1973), que no son totalmente epiclásticos, ni piroclásticos, ni carbonáticos y que no pueden ser clasificados composicionalmente con facilidad dentro de las nomenclaturas existentes, los sedimentos mixtos aquí propuestos, se vinculan a la presencia de dos o más poblaciones clásticas. Estos sedimentos pueden ser el resultado de la mezcla durante una depositación sincrónica, o de la presencia de poblaciones de diferente génesis y diacrónicas o



Facies	Litología	Muestra	Color en seco	Espesor (cm)	Contenido paleobiológico
F5	Limo arenoso	R6-2	Gris 5Y 6/1	0,80	fitolitos, diatomeas rotas y corroidas
		U2 Paso de Corro	Gris claro 5Y 7/2 Amarillo pálido 5Y 7/1	0,90	huesos rodados, conchillas restos de peces
F4	Limo arenoso	R6-3	Rosa 7,5YR 5/2	0,80	diatomeas fitolitos conchillas rota
		U1(C) Paso de Corro	Gris Rosado 10YR 6/3 Gris Rosado 10YR 7/2	0,75	restos de peces diatomeas fitolitos
	Limo	LAP7	Gris Rosado 10YR 5/2	0,80	conchillas rotas fitolitos escasas diatomeas
	Grava arenosa fangosa	LAP1	Oliva 5Y 5/3	0,40	fitolitos diatomeas moluscos resto de peces ostrácodos
		LAP2	Oliva pálido 5Y 7/4	0,80	fitolitos diatomeas moluscos resto de peces ostrácodos bivalvos
	Arena ligeramente fango gravillosa	LPW2	Castaño pálido 10YR 6/3	0,30	fitolitos diatomeas moluscos resto de peces ostrácodos bivalvos
F3	Arena fango gravillosa	LPW3	Oliva 5Y 5/3	~0,50	fitolitos diatomeas moluscos resto de peces ostrácodos
	Fango graviloso	LAP4	Oliva 5Y 5/4	0,40	fitolitos diatomeas moluscos resto de peces ostrácodos
		LPW7	Oliva pálido 5Y 6/3	0,30	fragmentos de conchillas
		LPW8	Rosa 7,5YR 8/4	0,10	fragmentos de conchillas
	Limo	LPW4	Gris 5Y 5/1	lente	-----
F2	Arena limosa	Benedictinos	Rosa 7,5YR 5/2	0,80	fitolitos
		PW1	Rosa claro 2,5YR 6/2	~0,60	fitolitos
	Limo arenoso	PW5	Gris rosado 7,5YR 7/2	0,60	fitolitos
		LAP3	Rosa 7,5YR 5/2	1,00	fitolitos

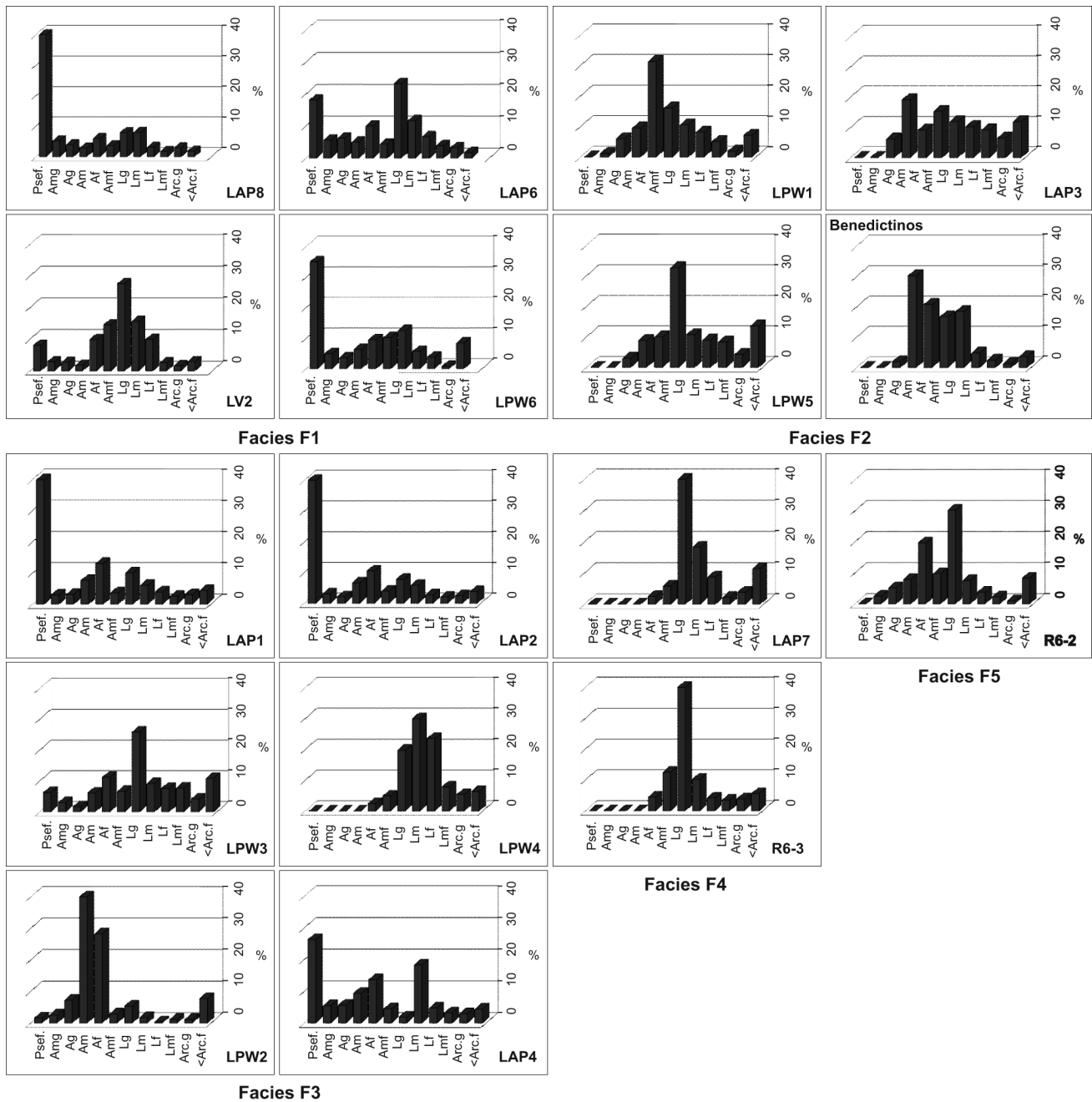
**Tabla 2.** Características de las facies reconocidas.

**Tabla 2.** Characteristics of the recognized facies.

la mezcla de dos poblaciones isogenéticas pero diacrónicas. Estos materiales requirieron de un exhaustivo análisis previo a la elección de la técnica más apropiada para su tratamiento en laboratorio y más aún, en la valoración de los resultados cuando estos son referidos al tipo y dinámica del agente depositacional. Bajo estas circunstancias las valoraciones o interpretaciones convencionales sobre la base de análisis de poblaciones y sus mecanismos de transporte resultaron incorrectas, ya que no se trata de una única unidad de depositación sino de un palimpsesto.

### Facies F1

**Descripción:** Conglomerádica de coloración castaño rojiza, moderadamente consolidada, constituida por intraclastos pelíticos redondeados a subredondeados, de tamaño >2 mm en una matriz limo arenosa (Tabla 2). Las distribuciones granulométricas son polimodales a bimodales, muy pobremente seleccionadas, de asimetría negativa y mesocúrtica (Fig. 2). La matriz está formada en su fracción psamítica, por clastos sedimentarios (pelíticos) y en menor proporción, por clastos de

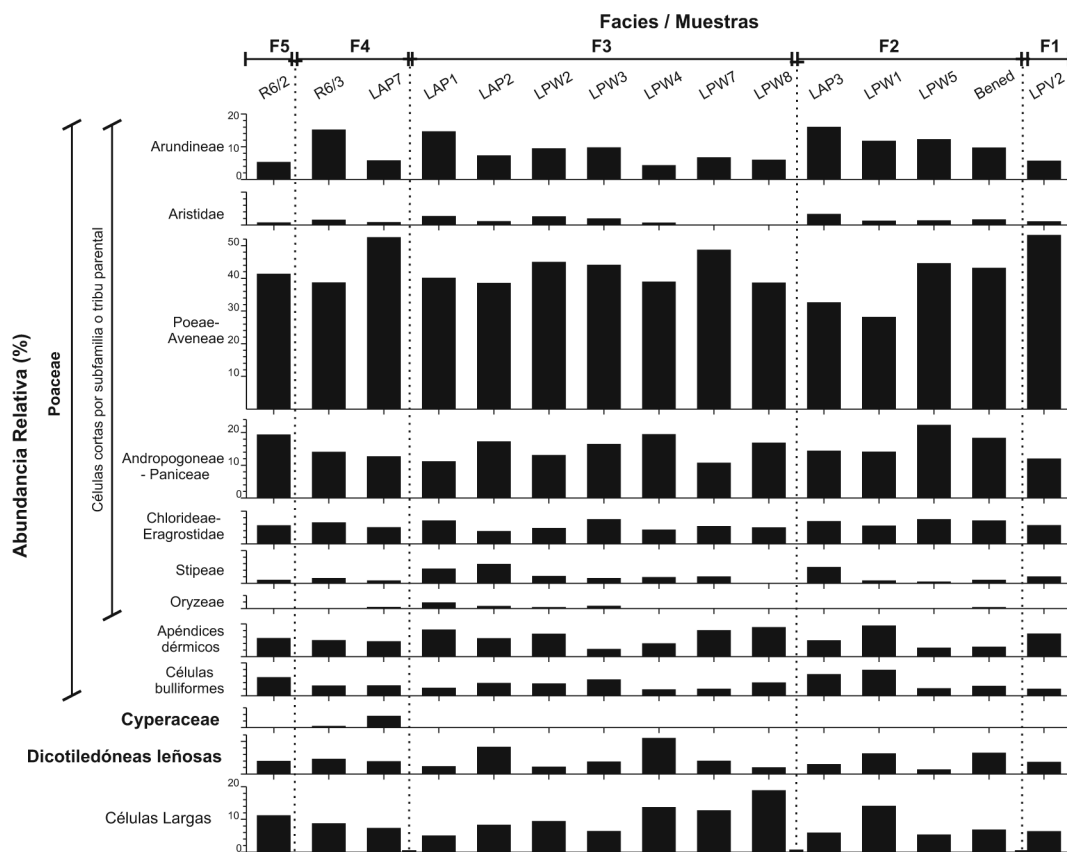


**Figura 2.** Histogramas característicos de los depósitos de las diferentes facies del Pleistoceno tardío.  
**Figure 2.** Histograms from each sample of the different late Pleistocene facies.

cuarzo que predominan por sobre los feldespatos, los que en su mayoría corresponden a plagioclasas. Aparecen también vitroclastos pumíceos, parcial a muy alterados, calcedonia y algunos bioclastos caracterizados por fragmentos de conchillas rotas (Tabla 2). Al microscopio se reconocieron además trizas vítreas frescas y con canales rellenos, clastos líticos volcánicos, hornblenda, augita e hipersteno. La fracción arcilla presenta una composición predominantemente illítico-cuarzosa. Las muestras

fueron clasificadas como fangos gravillosos a gravas fango-arenosas. Presenta estratificación horizontal en estratos delgados poco definidos y con espesor entre 0,20 y 0,40 m.

La facies F1 aflora en la sección I, perfiles PASN y PMV (Tabla 1). No presenta base expuesta y el techo es de superficie irregular, el cual presenta abundante concreciones y pátinas de Mn. Pasa lateralmente a la facies F2 y está cubierta por ésta y por las acumulaciones de la facies F3 (Figs. 4,5).



**Figura 3.** Contenido de fitolitos en las muestras de las diferentes facies del Pleistoceno tardío. **Figure 3.** Phytolith content from samples of different recognized late Pleistocene facies.

**Contenido paleobiológico:** La asociación fitolítica muestra predominio de gramíneas de ciclo invernal (76%) particularmente de las tribus Aveneae y Poae. Los morfotipos de gramíneas estivales están representados por fitolitos panicoides y chloridoides (Fig. 3). Las asociaciones de diatomeas indican condiciones dulceacuícolas oligohalobias indiferentes, los elementos aerófilos (*Nitzschia amphibia* y *Hantzschia amphioxys*) son dominantes (Tabla 5), con co-dominancia de epífitas (*Epithemia adnata*) y planctónicas (*Cyclotella meneghiniana*).

**Edad:** Por la posición estratigráfica y las edades IRSL de  $50.400 \pm 10.200$  años y  $56.400 \pm 6.500$  años (Tabla 3) obtenidas en muestras del techo de la facies F2 (Figs. 4, 5) se infiere que la facies F1 se depositó con anterioridad a ca. 60.000 años.

**Interpretación:** La facies F1 está constituida por un sedimento mixto, representado por dos poblaciones hidrodinámicas diferentes. Las poblaciones gruesas (psefíticas) se interpretan como el resultado de la depositación por flujos hiperconcentrados durante picos de crecida. Las finas están relacionadas a

momentos de menor descarga (Bourke, 2002) o eventos de menor magnitud (*sub-bankfull*) (Wolman, 1955; Wolman y Leopold, 1957; Williams, 1975) con alta concentración de material en suspensión (areno-fangoso a fango-arenoso). No se descarta la posible participación de material de decantación proveniente de aportes eólicos (tormentas de polvo) en pequeños cuerpos lénticos formados posteriormente bajo regímenes de menor déficit hídrico. Las acumulaciones de la facies F1 sugieren un origen ácuico vinculado a escurrimientos encauzados y de tipo efímero, producto de lluvias torrenciales en condiciones climáticas frías a templado-frías, secas o con fuerte estacionalidad en las precipitaciones de acuerdo con los índices calculados (Tabla 6).

**Correlación:** Las litologías de la facies F1 muestran similitud con gran parte de las características de los elementos psefíticos de los sedimentos aluvionales de la provincia de Buenos Aires (Frenguelli, 1925:10). Por sus características litológicas y posición estratigráfica, se corresponden con la Capa 5 y Capa 9 de Ameghino (1880-1881:570) (Tabla 4). Estos depósitos psefíticos fueron asignados al Pampeano

Coordenadas de la muestra	Número de Laboratorio	Edad (a <sup>14</sup> C años AP) (b IRSL)	Material datado	Asignación estratigráfica
34° 34' 55" S 59° 10' 20" O	UNL-1926	32.500 ± 4.700 b	Feldespatos	Facies F4
34° 34' 08" S 59° 07' 29" O	Beta-217826	37.710 ± 840 a	<i>Cyprideis salebrosa hartmanni</i>	
34° 34' 55" S 59° 10' 20" O	LP-1733	> 40.000 a	<i>Heleobia ameghini</i>	Facies F3
34° 34' 08" S 59° 07' 29" O	UNL-1928	44.000 ± 6.500 b	Feldespatos	
34° 34' 54" S 59° 10' 20" O	UNL-1925	50.400 ± 10.200 b	Feldespatos	Facies F2
34° 34' 08" S 59° 07' 29" O	UNL-1927	56.400 ± 6.500 b	Feldespatos	

**Tabla 3.** Dataciones radiocarbónicas e IRSL. UNL: University of Nebraska, Lincoln, USA; LP: LATYR; Beta: Beta Analytic.

**Table 3.** Radiocarbon and IRSL. UNL: University of Nebraska, Lincoln, USA; LP: LATYR; Beta: Beta Analytic.

superior y referidos como nivel “...más antiguo” y de “carácter local” y que aparece “...por debajo de la arcilla pampeana roja”. También son equivalentes a la Capa 11, en el Corte de la Villa de Luján (Ameghino, 1884). La litología descrita por este autor para este depósito, es coincidente con la analizada en este trabajo (Fig. 7). Lo definió como “...formado por toscas rodadas, de fragmentos de terreno pampeano rodado y de fragmentos de hueso” y vinculó el origen con “...aguas momentáneas” (Ameghino, 1880-1881:570-571). Se relaciona con el Ensenadense lacustre (Rovereto, 1914:84) y con el Prebelgranense (Frenguelli, 1921) que según este autor es equiparable al Ensenadense cuspidal de Ameghino (Frenguelli, 1921:47). Frenguelli, (1921:65) interpretó a estos “niveles fangosos algo conglomerádicos y con intercalaciones conglomerádicas, sin base expuesta y superficie erosionada”, como aluviones cenagosos producto de corrientes semitorrenciales (Tabla 4).

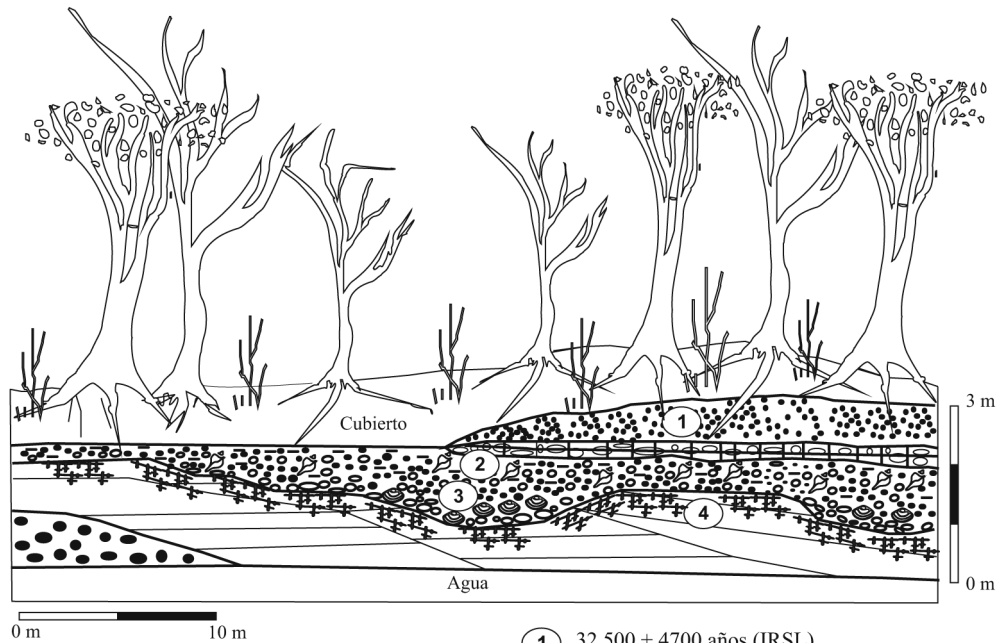
### Facies F2

**Descripción:** Corresponde a arenas limosas a limos arenoso, de color rosa a castaño rojizo claro (Tabla 2), con distribuciones de tamaños bimodales (Fig. 2). En dos casos la moda principal se ubicó en limo grueso y arena fina y secundaria en arena fina y limo medio, respectivamente. En otros dos casos la distribución se presentó como unimodal con moda en limo grueso en un caso y arena fina en otro. Los valores de la

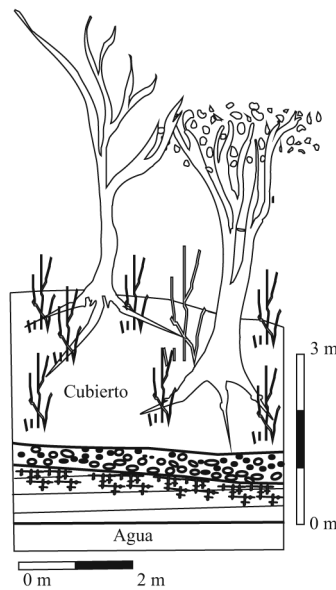
media varían entre 4,25 y 6 phi. La distribución de tamaños se presenta como pobremente seleccionada, platicúrtica a mesocúrtica y de simétrica a positiva. La facies F2 se presenta en sets de estratificación entrecruzada tangencial simple de bajo ángulo y cosets que muestran una estructura interna compleja, reflejando la geometría externa de dunas durante sus diferentes etapas de crecimiento (Arche y Vilas, 2001). Composicionalmente la fracción menor de 0,063 mm muestra predominio de clastos pelíticos, algunos silicoclásticos monominerales de cuarzo y feldespatos (más calco-sódicos que potásicos) y calcedonia. Por rayos X, en muestra total, se reconoció mayor abundancia de cuarzo que de feldespatos, presencia en trazas de doble carbonato de calcio y magnesio, yeso y anhidrita. En muestra orientada se reconoció la illita como el argilomineral más abundante seguido por caolinita; se reconocieron trazas de yeso, anhidrita y del doble carbonato de calcio y magnesio.

Los depósitos de la facies F2 comparten con aquellos de la facies F1 la porción basal de las sucesiones de la barranca PT-H y están presentes en las secciones I (perfiles PASN, PB, PW, PMV) y III (perfiles PPC y PSM) (Tabla 1). En los perfiles PW y PMV presentan los menores espesores (ca. 0,40 m), en cambio el mayor espesor (1,5 m) se presenta en el perfil PASN. La base no está expuesta y el techo es una superficie irregular con abundante Mn en concreciones y patinas. Están cubiertos

A. Perfil Arroyo Sin Nombre (PASN)



B. Perfil Benedictinos (PB)



- ① 32.500 ± 4700 años (IRSL)
- ② > 40.000 años <sup>14</sup>C AP *Helobia ameghini*
- ③ > 40.000 años <sup>14</sup>C AP *Diplodon lujanensis*
- ④ 50.400 ± 10.200 años (IRSL)

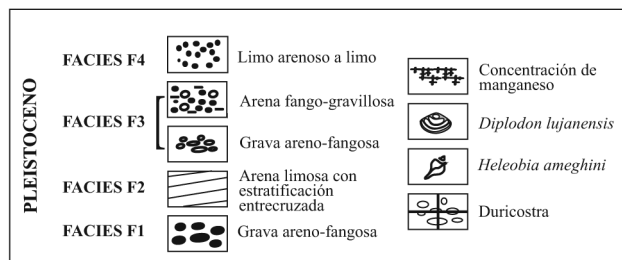


Figura 4. Perfiles en las barrancas de Arroyo Sin Nombre (a) y Benedictinos (b).  
 Figure 4. Cutbank profiles at Arroyo Sin Nombre (a) and Benedictinos (b).

por las acumulaciones de la facies F3 y se asocian lateralmente con la facies F1 en los perfiles PASN y PMV (Figs. 4, 5).

**Contenido paleobiológico:** Está representado casi exclusivamente por silicofitolitos (Fig. 3) y escasas valvas rotas de diatomeas (Tabla 5). Los fitolitos mostraron una alta abundancia relativa de gramíneas (86 a 93%), predominando las C3 (~65%) pero con

una alta representación de C4 (~35%). Dentro de las gramíneas de ciclo invernal dominan las tribus Aveneae y Poeae y entre los morfotipos de especies C4 prevalecen los panicoides (22%) por sobre los chloridoides (9%). La vegetación no gramínea se encuentra representada por fitolitos globulares espinosos (0,6%) y fitolitos poliédricos, globulares lisos y nodulares, piezas en forma de *puzzle* y cistolitos, todos estos referidos a dicotiledóneas leñosas (1-2

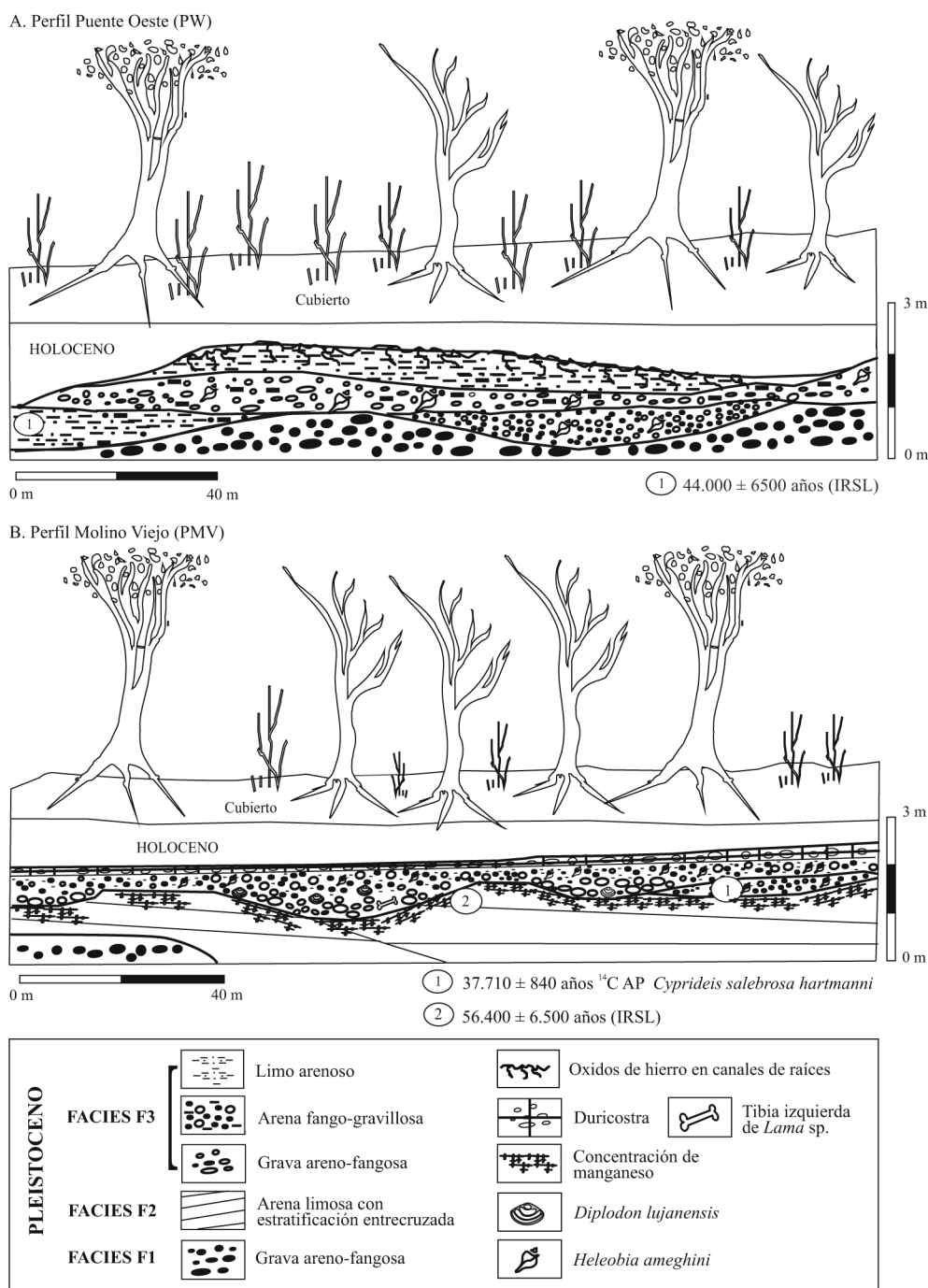


Figura 5. Perfiles en las barrancas de Puente Oeste (a) y Molino Viejo (b).  
 Figure 5. Cutbank profiles at Puente Oeste (a) and Molino Viejo (b).

%). Las valvas de diatomeas corresponden a formas bentónicas de agua dulce de los géneros *Pinnularia*, *Gomphonema*, *Geissleria* y *Amphora* (Tabla 5). No se registraron restos de moluscos.

**Edad:** Las dataciones, realizadas mediante IRSL en muestras de arena limosa de la porción superior de la facies F2, dieron edades de 56.400 ± 6.500 y de

50.400 ± 10.200 años (Tabla 3, Figs. 4, 5).

**Interpretación:** La facies F2 representa depósitos eólicos intracuencales de acumulaciones de tormentas de arena por deflación de litoclastos limoarenosos y fangosos (*pellets*) con alto contenido de salinidad. Estos materiales procederían de las plataformas marginales de cuerpos lénticos (lagunas, charcas)

Ameghino (1880-1881) ( <sup>a</sup> Paso de la Virgen, <sup>b</sup> Quinta Azpeitia)	Ameghino (1884)	Rovereto (1914)	Frenguelli (1921)	Dangavs y Blasi (1995a)	Este trabajo
Pampeano Lacustre (Capa 3 <sup>a</sup> y Capa 4 <sup>b</sup> y Capa 3 <sup>b</sup> )	Pampeano Lacustre (Capa 6 y Capa 5)	Bonaerense lacustre o Lujanense	Pre-bonaerense o Lujanense	Unidad 2 y Unidad 1C	Facies F4 y F5
Pampeano Lacustre (Capa 3 <sup>a</sup> y Capas 7, 6 y 5 <sup>b</sup> )	Pampeano Lacustre (Capa 9, 8 y 7)			Unidad 1 A y B	Facies F3
Pampeano superior o "arcilla pampeana roja" (Capa 4 <sup>a</sup> y Capa 8 <sup>b</sup> )	Pampeano superior o "arcilla pampeana roja" (Capa 10)	Ensenadense Lacustre	Pre-belgranense	Ensenadense	Facies F2
Pampeano superior (Capa 5 <sup>a</sup> y Capa 9 <sup>b</sup> )	Pampeano superior (Capa 11)				Facies F1

**Tabla 4.** Correlación de las facies con las unidades descriptas por otros autores en la cuenca del río Luján.

**Table 4.** Facies correlation with units created by others authors in the Luján river basin.

(Blasi y Dangavs, 1992) o bien de las márgenes expuestas en arroyos secos (ambientes lóticos), que corresponderían a los representados en la facies F1. Ambos ambientes habrían experimentado retracción de los cuerpos de agua o caudales durante condiciones de déficit hídrico, favoreciendo la deflación de *pellets* y dando origen a lunetas o dunas de *pellets* (*sensu* Bowler, 1973) en las inmediaciones. Las distribuciones granulométricas muestran patrones atípicos, generalmente bimodales a polimodales, debido a la dispersión durante el análisis mecánico de las unidades de transporte (ruptura de litoclastos pelíticos o *pellets*). Las distribuciones bimodales son características de los registros de lunetas o dunas de *pellets*. La moda en valores phi más gruesos representa la granulometría de las unidades mecánicas (*pellets*) y la más fina al material constituyente que alcanzó su dispersión. La presencia de anhidrita y del doble carbonato de calcio y magnesio en estos depósitos derivaría de las sales contenidas en los limos arcillosos o fangos deflacionados de las cubetas o cauces secos y que favorecieron la formación de estos litoclastos. En la literatura se ha destacado el rol de la sal como fundamental, tanto para el desarrollo de eflorescencia salinas, ausencia de vegetación en las plataformas secas y para la formación de *pellets* (Huffman y Price, 1949; Price, 1963; Bowler, 1973). Asimismo, el carácter higroscópico de los *pellets* resultantes, favorece la estabilidad de las lunetas ya que una vez depositados toman humedad del aire y/o de la lluvia (Price, 1963). En la estabilidad

también participan las plantas resistentes a la salinidad que la colonizan (Price y Kornicker, 1961; Price, 1963; Bowler, 1973) e impiden la migración de la duna. Las estructuras internas son, por lo general, estratificación entrecruzada de bajo ángulo en sets que raramente exceden los 10° de inclinación. La acreción se produce capa por capa y es también frecuente reconocer laminación ondulítica eólica que refleja el movimiento de los *pellets* sobre la superficie de la duna (Huffman y Price, 1949; Arche y Vilas, 2001). Los sulfatos y carbonatos, menos solubles que los cloruros, suelen permanecer en el sedimento en tanto éstos desaparecen por lavado durante la infiltración de agua de lluvia y/o por ascenso de la freática (Bowler, 1973). Las lunetas pueden tener alternancia de capas finas de granos de cuarzo y capas con los agregados pelíticos (arcillosos o limo arcillosos) que reflejan momentos transicionales del cuerpo de agua, entre estadios de mayor altura y baja salinidad y los de sequía y alta salinidad, respectivamente (Bowler, 1973).

Las lunetas son importantes indicadoras paleoambientales y paleoclimáticas (Hills, 1940; Price, 1963; Bowler, 1973). Su ocurrencia ha sido definida en cuencas efímeras (Bowler, 1986; Rhodes *et al.*, 1998). Indican condiciones semiáridas o de regímenes estacionales. Se requiere para su formación de periodos secos, con descenso del nivel freático y retracción de los cuerpos de agua para la deflación del material expuesto y de episodios húmedos, para la cohesión de los clastos y consecuente

Taxones	Facies/Muestras					Hábitat	Salinidad
	F1	F2	F3	F4	F5		
	LPV2	LPW1/ Benedictinos/ LPW5	LAP1/ LAP2/ LPW4/LPW7/ LPW8	LAP7 R6-3	R6-2		
<i>Achnanthes coarctata</i> Bréb.			e	f		Aer	Ol
<i>Amphora copulata</i> (Kütz.) Schoeman & Arch		r	f			B	Ol
<i>Anomeoneis</i> sp.				e			
<i>Anomeoneis sphaerophora</i> (Ehr.) Pfitzer			e			B	OH
<i>Cocconeis placentula</i> Ehr.			f			E	Ol
<i>Craticula ambigua</i> (Ehr.) Mann				r		Aer.	Ol
<i>Craticula cuspidata</i> (Kütz.) D. Mann				r	r	Aer.	Ol
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz	f		d			P	OH
<i>Cyclotella striata</i> (Kütz.) Gun.				a		P	M
<i>Cymbella cymbiformis</i> Ehr.	r		e			E	Ol
<i>Epithemia adnata</i> (Kütz.) Bréb.	a		a		r	E	Ol
<i>Fallacia pygmaea</i> (Kütz.) Stickle & D.G. Mann	r					B	Ol
<i>Fragilaria capuchina</i> Desm.			f			T	OH
<i>Fragilaria pulchella</i> (Ralf ex Kütz.) Lange-Bertalot	r					T	OH
<i>Geissleria schmidtiae</i> Lange-Bertalot		r				B	OH
<i>Gomphonema lujanensis</i> Reichardt & Maidana	e	r				B	Ol
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun.	a		r			Aer	Ol
<i>Hippodonta hungarica</i> (Grunow) Lange-Bertalot Metzeltin and Witkowski	f		r			B	Ol
<i>Hyalodiscus subtilis</i> Bailey			e			B	M
<i>Luticola</i> sp.			a		r	----	----
<i>Navicula cf. cryptotenella</i> Lange-Bertalot		r				B	OH
<i>Navicula peregrina</i> (Ehr.) Kütz			f			B	M
<i>Nitzschia laevidensis</i> (W. Smith) Grunow			r			B	Ol
<i>Nitzschia sigma</i> (Nitzsch.) Ehr.			r			P	Ol
<i>Nitzschia amphibia</i> Grun.	d		a		r	Aer	Ol
<i>Nitzschia cf. denticula</i> Grun.				a		B	H
<i>Nitzschia</i> sp.				f		---	----
<i>Pinnularia borealis</i> Ehr.	e	r	f	a	a	Aer	Ol
<i>Pinnularia</i> sp.			e			---	---
<i>Pinnularia viridiformis</i> Kram.			e			Aer	Ol
<i>Pleurosira laevis</i> (Ehr.) Compère				a		E	M
<i>Rhopalodia</i> sp.			r			---	---
<i>Surirella minuta</i> Bréb.	r		e	a		B	Po
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehrenb.			e	r		E	Po
<i>Synedra tabulata</i> (Ag.) Kütz.			f			E	Po
Cistos de crisófitas	r		e	e		P	H

**Tabla 5.** Frecuencias relativas y características ecológicas de las diatomeas. Referencias: d: dominante; a: abundante; f: frecuente; e: escasa; r: rara. B: bentónica; Aer.: aerófila; E: epífita; P: planctónica; T: ticooplanctónica; Po: polihalobios; M: mesohalobios; OH: oligohalobios halófilos; Ol: oligohalobios indiferente; H: halófobos.

**Table 5.** Relative frequency and ecological characteristics of the diatom taxa. References: d: dominant; a: abundant; f: frequent; e: scarce; r: rare. B: benthic; Aer.: aerophilous; E: epifitic; P: planktonic; T: tycho planktonic; Po: polihalobous; M: mesohalobous; OH: oligohalobous halophyllous; Ol: oligohalobous indifferent; H: hallophyllous.



<b>Facies</b>	<b>Muestra</b>	<b>IT</b>	<b>IH</b>	<b>Condiciones climáticas inferidas</b>
F5	R6/2	62,38	22,37	Templadas sub-húmedas secas
F4	R6/3	65,38	31,48	Templadas a frías, sub-húmedas a estacionales
	LAP7	74,86	28,26	
F3	LAP1	68,84	38,71	Templadas a frías, con alternancia de fases sub-húmedas-húmedas y sub-húmedas secas o fuertemente estacionales
	LAP2	64,74	18,03	
	LPW2	71,68	26,53	
	LPW3	64,84	31,25	
	LPW4	62,14	17,95	
	LPW7	75,26	33,33	
	LPW8	63,93	22,73	
F2	LAP3	60,61	32,31	Templadas, sub-húmedas secas a estacionales
	LPW1	59,02	28,00	
	LPW5	60,00	25,00	
	Benedictinos	62,91	27,85	
F1	LPV2	75,12	32,08	Frías a templadas-frías, sub-húmedas secas a estacionales
(*)Valores actuales de referencia	NO Uruguay	47,3	12,5	Subtropical (templadas a cálidas, húmedas)
	SE Buenos Aires	59,7	15,7	Templadas sub-húmedas húmedas

**Tabla 6.** Valores obtenidos para los índices de Temperatura (IT) y Humedad (IH). (\*) Valores actuales de referencia de análisis de fitolitos en sedimentos superficiales de parcelas excluidas de pastoreo doméstico (del Puerto, 2009).

**Table 6.** Obtained values for the Temperature Index (TI) and Humidity Index (IH). (\*) Actual reference values of phytoliths analysis in superficial sediments of land excluded of domestic sheepherding (del Puerto, 2009).

estabilización (Price, 1963). En relación con esto, los fitolitos de esta facies, sugieren un clima templado con presencia de estación seca aunque no muy marcada y/o estacionalidad en las precipitaciones. La acumulación de la facies F2 habría ocurrido en condiciones climáticas templado subhúmedas o estacionales (Tabla 6), en un ambiente de lagunas secas con alta salinidad (playas salinas).

Numerosos trabajos señalan la existencia de lunetas del Pleistoceno en ambientes paleolénticos de la provincia de Buenos Aires, en subcuencas tributarias del río Salado, por ejemplo las Encadenadas de Chascomús (Dangavs y Blasi, 1997; 2002), laguna de Lobos (Dangavs *et al.*, 1991; Dangavs y Blasi, 1994), laguna Cerillo del Medio (Dangavs y Reynaldi, 2008).

**Correlación:** Los depósitos de la facies F2 correspondería por sus características a los que Ameghino (1880-1881) denominó como pampeano rojo o arcilla pampeana roja y que representó en la Capa 8 y en la Capa 4. Ambas capas asignadas por este autor al Pampeano superior o Bonaerense (Tabla 4). En 1884 renombra la Capa 4 como Capa 10 en el corte entre el Molino Viejo de Luján y el

Paso de la Virgen (Ameghino, 1884) (Fig. 7, Tabla 4). La describe como "...tierra parda más dura que descende hasta el nivel del agua y que no contiene ni una sola conchilla", por lo que interpretó que "se ha depositado al aire libre" (Ameghino 1880-1881:566). Es posible que corresponda a la arcilla endurecida con manchas de óxidos de hierro y manganeso reconocida por Frenguelli (1921) en el Tajamar del Molino de Bancalari, para la cual destaca la ausencia de restos fósiles de vertebrados y de moluscos y que integra a las facies conglomerádica del Prebelgranense (Frenguelli, 1921:65). También podría correlacionarse con la fangolita arenosa asignada al Ensenadense por Dangavs y Blasi (1995a) (Tabla 4).

### **Facies F3**

**Descripción:** Corresponde mayormente a gravas areno-fangosas, arenas fango gravillosas y fangos gravillosos. Las gravas arenosas están conformas por intraclastos pelíticos, bioclastos (fragmentos de huesos rodados) y clastos de carbonato de calcio redondeados a subredondeados de tamaño mayores de 2 mm (tosquillas) en una matriz areno-limosa a limo arenosa (Tabla 2). La matriz presenta bimodalidad con

moda en arena fina en todos los casos y secundaria en limo grueso y medio en una sola muestra (Fig. 2). Está conformada, en su fracción psamítica, por clastos pelíticos, además de los silicoclásticos. Entre estos últimos, predominan el cuarzo por sobre los feldespatos (en su mayoría plagioclasas) y algunos bioclastos como fragmentos de conchillas rotas y fragmentos de huesos indiferenciables. La fracción arcilla está representada por cuarzo, plagioclasa, acompañados por escasa cantidad de yeso/anhidrita, trazas de calcita/dolomita y como argilominerales illita y en menor proporción caolinita.

La facies F3 está presente en todos los perfiles de las secciones I y III (Tabla 1), en estratos lentiformes macizos (Figs. 4, 5, 6). Las gravas areno-fangosas del sector superior de esta facies se encuentran bien cementadas por carbonato de calcio y conforman una duricostra calcárea (calcreta). Posee espesores variables entre 1 y 1,30 m y apoya en discordancia erosiva a paraconcordante sobre la facies mixta fluvio-lagunar más antigua (facies F1) o sobre la facies F2. Le suprayace en discontinuidad estratigráfica la facies F4 o depósitos lacustres del Holoceno.

**Contenido paleobiológico:** Muestra amplio predominio de fitolitos de gramíneas (92% de la muestra). El 84% corresponden a células cortas o células especializadas silíceas (Fig. 3). De acuerdo con la clasificación de los morfotipos predominan las células cortas de gramíneas invernales, principalmente de las tribus Avenae y Poeae (hasta 42%). En segundo lugar de abundancia se encuentran los morfotipos atribuidos a especies de la subfamilia Arundinoideae, principalmente de la tribu Arundineae. Esta familia cuenta con especies C4 dentro de la tribu Aristidae (*Aristida*) y C3 en la tribu Arundineae (por ej. *Cortaderia*). Otros morfotipos de gramíneas C3 corresponden a la tribu Oryzeae. En total, los morfotipos atribuibles a gramíneas C3 representan el 75% de las células cortas de gramíneas. Las especies C4 se hallan principalmente representadas por morfotipos producidos dentro de las subfamilias Panicoideae y Chloridoideae (Fig. 3).

El registro diatomológico muestra abundancia de la especie planctónica *Cyclotella meneghiniana*. Son frecuentes otros taxones bentónicos oligohalobios y mesohalobios, como *Amphora copulata* y *Navicula peregrina*, respectivamente, especies epífitas como *Cocconeis placentula* de carácter oligohalobio, ticoplantónicas oligohalobias halófilas como

*Fragilaria capuccina* y aerófilas oligohalobias como *Pinularia borealis* (Tabla 5).

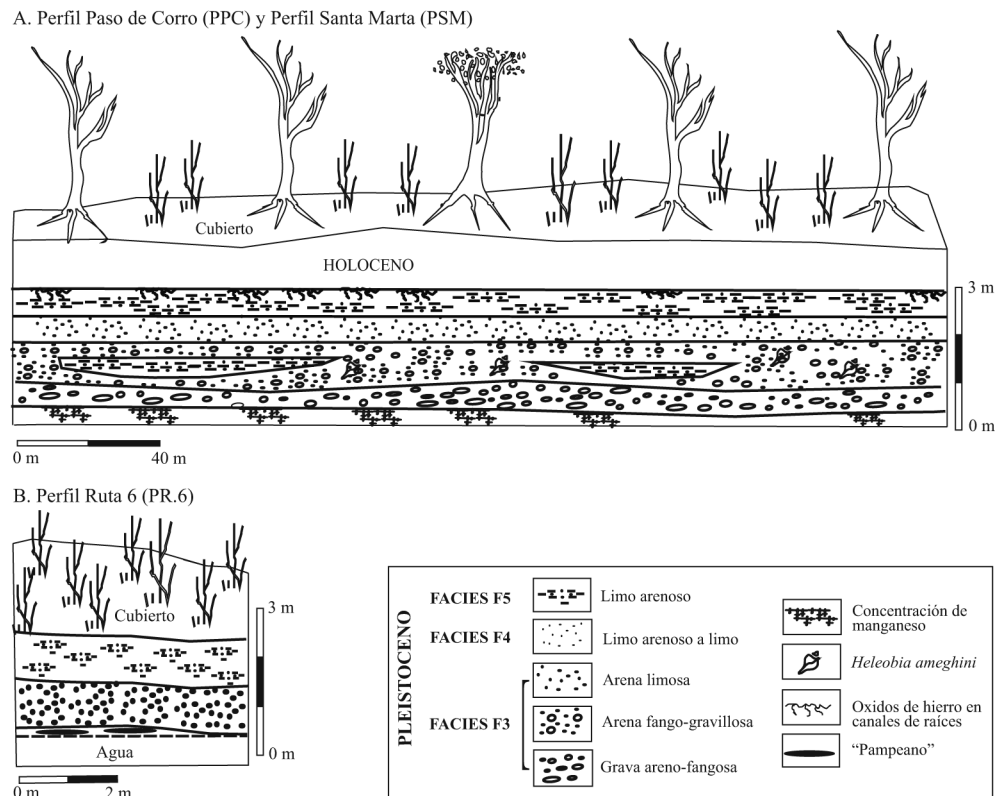
Se identificaron dos especies de moluscos extintos, el gasterópodo *Heleobia ameghini* (De Francesco y Blasi, en prensa) y el bivalvo *Diplodon lujanensis*. Se determinó una única especie de ostrácodo *Cyprideis salebrosa hartmanni* la cual aparece en franca abundancia.

**Edad:** Las edades radiocarbónicas obtenidas en especímenes de *Cyprideis salebrosa hartmanni* y de *Heleobia ameghini* de la facies F3, han dado valores de  $37.710 \pm 840$   $^{14}\text{C}$  años AP y  $>40.000$   $^{14}\text{C}$  años AP, respectivamente. Mediante el método IRSL en sedimentos de esta facies se obtuvo una edad de  $44.000 \pm 6.500$  años (Tabla 3, Figs. 4, 5).

**Interpretación:** La facies F3 se interpretó como un depósito mixto producto, por un lado de la depositación de materiales detríticos transportados por flujos concentrados canalizados y en manto, rápidos (*flash floods*) e intermitentes, generados por lluvias intensas en condiciones climáticas áridas o fuertemente estacionales. Por otro, de la decantación de limos y arcillas en cuerpos lénticos formados posteriormente.

Los flujos canalizados o en manto podrían haber escurrido hacia zonas bajas del terreno (cubetas) atravesando las zonas de interdunas entre lunetas y/o erosionado cárcavas angostas y profundas (*gullies*) en los depósitos previos (facies F2). Este mecanismo es considerado como el mayor proveedor y transportador de gran cantidad de sedimentos (*sediment delivery, sensu* Hooke y Mant, 2002), en los ambientes caracterizados por déficit hídrico.

Las lagunas pluviales formadas posteriormente en los bajos o cubetas, posiblemente interconectadas por arroyos, habrían modificado el nivel de base y causado la retención de agua en las áreas canalizadas. Como consecuencia de ello, en éstas también se habrían formado pequeños cuerpos lénticos. En ambos ambientes se habría producido la depositación de sedimentos por decantación y la posterior desaparición de estos cuerpos por sequías hasta la reanudación de un nuevo ciclo, claramente detectado en las sucesiones. Entre las etapas de actividad de cursos efímeros y de lagunas pluviales, se habría atravesado el umbral geomorfológico (Bull, 1979) y el sistema habría operado alternando entre un modo erosivo y otro agradacional.

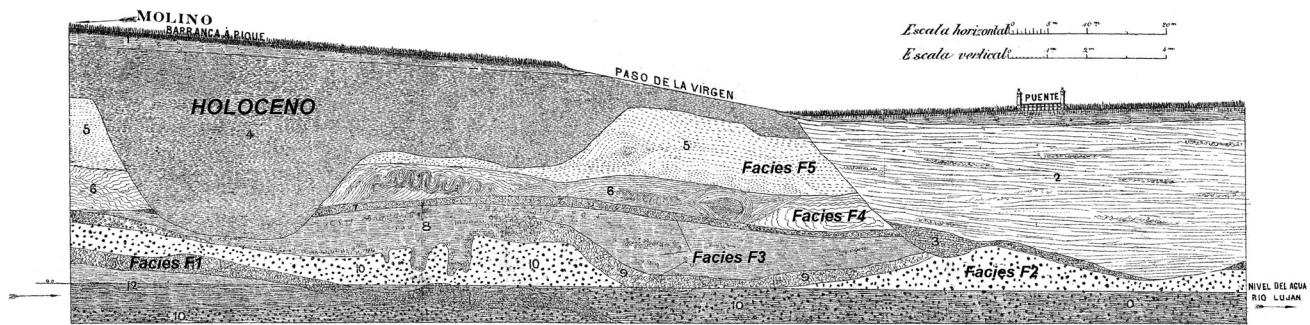


**Figura 6.** Perfiles en las barrancas entre Paso de Corro- Santa Marta (a) y Puente Ruta 6 (b).  
**Figure 6.** Cutbank profile between Paso de Corro - Santa Marta (a) and Puente Ruta 6 (b).

Durante el funcionamiento de las cárcavas y arroyos efímeros se habrían acumulado las gravas intraformacionales. Estas están constituidas por rodados pelíticos, de tosca y fragmentos de huesos, producto de la erosión de sedimentitas más antiguas y transportadas bajo condiciones hidrodinámicas de alta energía de transporte. La competencia del agente queda reflejada en estos clastos, los únicos de tamaño psefítico disponibles en el área. Con el paulatino cese de la crecida se habrían acumulado sedimentos psamíticos y/o psamo-pelíticos entre las gravas abiertas de alta energía. En este sentido se coincide con Frenguelli (1925) en cuanto a la existencia de rodados de limos loessoides endurecidos en la formación de depósitos conglomerádicos y la existencia de psamitas entre las camadas de psefitas que representan poblaciones de menor energía. No se descarta la existencia de aportes eólicos de poca tasa o bien enmascarados por los procesos depositacionales aluvionales a cuyos depósitos se habría integrado. Cuando se formaron los ambientes lénticos, por endicamiento de las bocas de confluencia y/o menor déficit hídrico, se habrían sucedido episodios no depositacionales con vida acuática con baja riqueza

específica de diatomeas, ostrácodos y moluscos. En los periodos húmedos se habrían producido episodios de desborde y generación de cuerpos lénticos con mayor superficie de agua. Durante las etapas más áridas estos cuerpos lénticos, de agua dulce meso a eutróficas, habrían experimentado estrés ambiental debido a cambios abruptos del volumen de agua, de la salinidad y la temperatura. Habría existido precipitación de sulfatos y desarrollo de una microfauna monoespecifica (*Cyprideis salebrosa hartmanni*) fuertemente eurihalina y frecuentes algas mesohalobias (*Navicula peregrina*) tolerantes a una mayor salinidad. La abundancia de diatomeas aerófilas sugiere que los cuerpos de agua habrían sido más someros o incluso intermitentes. Las condiciones de fuerte estacionalidad en las precipitaciones, bajo temperaturas templadas a frías, estarían evidenciadas además por la mayor presencia de fitolitos de gramíneas C3 y una alta representación de morfotipos chloridoides dentro de las C4.

**Correlación:** Las litologías incluidas en la facies F3 (gravas arenosas, arenas fango-gravilosas y fangos gravillosos) fueron descriptas por Frenguelli (1925)



**Figura 7.** Correlación de las facies aquí descritas con las capas (1 a 10) reconocidas por Ameghino (1884) (modificado de Ameghino, 1884).

**Figure 7.** Correlation between the here described facies and the beds (1 to 10) of Ameghino (1884) (after Ameghino, 1884).

para los aluvios del Cuaternario de la provincia de Buenos Aires. Este autor describió litologías psefiticas con intercalación de sedimentos psamíticos, estos últimos como componentes de fases aluvionales de menor dinamismo, como la “entremezcla” de los elementos gruesos con una matriz limo arenosa a arenosa “... que a guisa de substancia intersticial los cemento en una especie de conglomerado de escasa coherencia” (Frenguelli, 1925:11). Asimismo, advirtió que la fracción limo suele encontrarse como un componente importante en los depósitos psefiticos y psamíticos de los sedimentos de cauce permanentes o temporarios de la llanura pampeana.

La facies F3 se vincula con la capa 3 o terreno Pampeano Lacustre del esquema del “corte de la Villa de Luján” (Ameghino 1880-1881:568) y con la “...capa 5 de tosca rodada”, con la “... capa 6 de tierra amarillenta con innumerables conchillas de agua dulce y huesos de pescado” y con la “...capa 7 igualmente de tosca rodada” en el Paso de Azpeitia (Ameghino, 1880-1881:567) (Tabla 4). Además con las capas 9, 8 y 7 (Fig. 7) consideradas como “verdadero piso Pampeano Lacustre” por Ameghino (1884:165) que es “...sumamente abundante en fósiles de vertebrados, moluscos, vegetales” y donde “...varias de las conchillas que ahí se han recogido han sido reconocidas como pertenecientes a especies extinguidas...” (Ameghino, 1884:162). Fueron interpretadas como depósitos de origen lacustre y fluvial, en particular las acumulaciones producidas por aportes fluviales esporádicos que confluyeron en el cuerpo lagunar (Ameghino 1880-1881, 1884) y cuyos materiales “... han sido traídos por las aguas pluviales que las han arrancaron al terreno pampeano de las lomas vecinas” (Ameghino, 1880-1881:568).

La facies F3 podría además correlacionarse con

el sedimento lacustre “verde amarillento, arenáceo y nodular, con restos de mamíferos, del Bonaerense lacustre o Lujanense” (Rovereto, 1914), con la porción basal y media del Prebonaerense de la localidad de Luján, integrada por un “...lecho de cantos rodados, en la parte media por capas cenagosas y capas guijarrosas cementada por fangos” (Frenguelli, 1921:66) (Tabla 4) y/o con el Lujanense (Frenguelli, 1928), en adelante definida por este autor como producto de corrientes semitorrenciales. Depósitos semejantes a esta facies son la Unidad 1 A y B (Tabla 4) identificadas por Dangavs y Blasi (1995a) e interpretados como facies de canal.

#### Facies F4

**Descripción:** Corresponde a limos arenosos y limo de color rosa (Tabla 2), unimodales con moda en limo grueso (Fig. 2) y valor de media en limo medio. Las distribuciones de tamaños se presentan como pobremente seleccionadas, muy leptocúrticas y muy positivas. Se presenta en estratos tabulares con espesores entre 0,40 y 0,80 m, de estructura maciza con base neta que apoya en discordancia sobre la facies F3 o sobre los depósitos “pampeanos”. Está cubierta por las acumulaciones de la facies F5. Composicionalmente la fracción 0,125 - 0,063 mm, muestra predominio de trizas vítreas, con cierto grado de alteración, cuarzo con patinas de Fe y feldespatos con predominio de calco-sódicos sobre potásicos. Son abundantes los vitroclastos de tonalidades castañas. En menor proporción se reconocen anfíboles, epidoto, calcedonia y alteritas. En el difractograma de muestra orientada se reconocen los picos de reflexión de los feldespatos y del cuarzo, los que muestran una similar abundancia relativa. Se

observaron trazas de anhidrita, calcita y dolomita. Como argilomineral más abundante se reconoció a la illita y trazas de esmectitas y caolinita.

Esta fue reconocida en las secciones I (PASN), III (PPC) y IV (PR6) (Tabla 1). Debido a la discontinuidad de las secciones, la limitada exposición y la alteración antrópica no se pudo observar si existe o no pasajes laterales a otras facies (Figs. 5, 6).

**Contenido paleobiológico:** Está representado por silicofitolitos, diatomeas y moluscos. Dentro de las células silíceas los fitolitos de gramíneas son predominantes (85%) y los de ciperáceas (3%) sólo aparecen en esta facies (Fig. 3). Las diatomeas se presentan con valvas rotas, enteras y articuladas. Las especies identificadas en mayor orden de abundancia son *Nitzschia* cf. *denticula*, *Pleurosira laveis*, *Cyclotella striata*, *Pinnularia borealis*, *Achnanthes coarctata* y *Surirella ovata*. Representan diferentes hábitats y salinidades, aunque son abundantes las especies mesohalobias (Tabla 5). Los moluscos están representados por escasas conchillas enteras de *Heleobia ameghini* y fragmentos indiferenciables.

**Edad:** Mediante IRSL se dató una muestra de limo de la porción inferior de esta facies en el perfil PASN de la sección I, obteniéndose una edad de  $32.500 \pm 4.100$  años (Tabla 3, Fig. 4).

**Interpretación:** Por sus características sedimentológicas y contenido biológico la facies F4 se interpretó como producto de la depositación de limos en cuerpos lénticos someros y de agua dulce producto de la caída de polvo eólico (loess) bajo condiciones climáticas templadas a frías y subhúmedas. La asociación de morfotipos de células cortas de gramíneas indica un mayor predominio de especies invernales que sugiere menores temperaturas medias anuales (Tabla 6). Por otra parte, la relación de los fitolitos chloridoides dentro de las gramíneas estivales indica estacionalidad en las precipitaciones (Tabla 6). Las ciperáceas sugieren condiciones de cierta humedad local, al menos esporádicamente. La evaporación por déficit hídrico en la cuenca podría haber favorecido la precipitación de sales. El contenido de diatomeas (Tabla 5) indica condiciones de agua dulce con cierta conductividad que puede vincularse con el aumento de los niveles de salinidad.

**Correlación:** La facies F4 se correspondería con los

depósitos que Ameghino (1880-1881) reconoció como integrantes de la Capa 4 y que describió como una "...arena fina de color rojo" (Ameghino 1880-1881:567) (Tabla 4). Posteriormente la denominó como Capa 6 en la barranca del río Luján entre el Molino Viejo y el Paso de la Virgen (Ameghino, 1884) la cual describió como "...una sucesión de estratos de arena y arcilla rojiza plegadas de distintas maneras" (Ameghino, 1884:163) (Fig. 7). Por otra parte, puede correlacionarse con la Unidad 1C (Dangavs y Blasi, 1995a) (Tabla 4), vinculada con una facies de desborde.

#### Facies F5

**Descripción:** Limos arenosos de distribución bimodal de color gris, amarillento y oliva (Tabla 2, Fig. 2). La distribución de tamaños se muestra como pobremente seleccionada, leptocúrtica y positiva. El valor de media se ubica en arena fina. Se presenta en estratos tabulares con espesores entre 0,40 y 0,90 m, de estructura maciza con base neta, apoya en concordancia sobre la facies F4 y está cubierta discordantemente por acumulaciones lacustre del Holoceno. Se reconocieron bioturbaciones por raíces y concentración de óxidos de Fe en las oquedades, que le dan una coloración rojiza en ciertos sectores. Composicionalmente, la fracción arena fina muestra predominio de trizas vítreas, con cierto grado de alteración, cuarzo con pátinas de hierro y feldespatos. En menor proporción se reconocieron anfíboles, calcedonia, minerales opacos (principalmente magnetita) y alteritas. En el difractograma de muestra total se reconocieron los picos de reflexión de los feldespatos (más abundante los potásicos que los calco-sódicos) y del cuarzo. En muestras orientadas se observó abundante calcita y trazas de anhidrita, y como argilominerales más abundantes la illita y la caolinita.

La facies F5 fue reconocida en las secciones III (PPC) y IV (PR6) (Tabla 1) donde se observó la existencia de pasajes laterales a facies lacustres del Holoceno (Prieto et al., 2004) (Fig. 6).

**Contenido paleobiológico:** Es muy escaso o inexistente. Las diatomeas están representadas por especies aerófilas (Tabla 5), mal preservadas y con cierto grado de corrosión sugiriendo transporte. La especie más abundante es *Pinnularia borealis*. Los silicofitolitos están representados por fitolitos

de gramíneas (90%) y morfotipos atribuibles a dicotiledóneas leñosas (2%). La asociación fitolítica tiene una alta proporción de fitolitos chloridoides dentro de los morfotipos C4 (25%) (Fig. 3). No se observaron restos de moluscos.

**Edad:** El intervalo temporal de acumulación de los depósitos de esta facies ocurrió con posterioridad a la acumulación de la facies F4, cuya base se dató en  $32.500 \pm 4.100$  años IRSL y con anterioridad a 11.000  $^{14}\text{C}$  años AP, de acuerdo con la edad de la materia orgánica que marca el inicio de la depositación Holocena (Prieto *et al.*, 2004). Por la posición estratigráfica la facies F5 se habría depositado durante el lapso entre el Último Máximo Glaciar y el Tardiglacial.

**Interpretación:** La facies F5 se interpretó como un depósito de pantano o cuerpos lénticos distróficos colmatados por tormentas de polvo. La alta proporción de fitolitos chloridoides dentro de los morfotipos C4, sugiere condiciones templadas con estacionalidad en las precipitaciones. Biológicamente se avalaría un escenario climático sub-húmedo templado a templado-frío. Según Frenguelli (1921) hacia fines del Lujanense se colmataron las lagunas y se transformaron en pantanos alcalinos al igual que lo ocurrido hacia fines del Platense, pero bajo condiciones climáticas más secas.

**Correlación:** Los limos arenosos de las facies F4, así como también los limos de la facies F5, corresponden a los aluvios pelíticos descritos por Frenguelli (1925) y cuya presencia está limitada a cauces y depresiones. Fueron definidos con el nombre de limos pampeanos o limos loessiformes, desde tenues o duros, compactos o porosos, arcillosos o arenosos de colores diversos sobre la escala del pardo y del verde y cuya depositación refleja el “encenagamiento” de cauces maduros, el estancamiento por largo tiempo del agua en bañados de desbordes y /o en cuencas cerradas (lagos, charcas, esteros y pantanos) y “... cuyos caracteres se aproximan mucho a los del loess eólico”. Con posterioridad fueron diferenciados en loess primarios y secundarios (limos loessoides) (Teruggi, 1957).

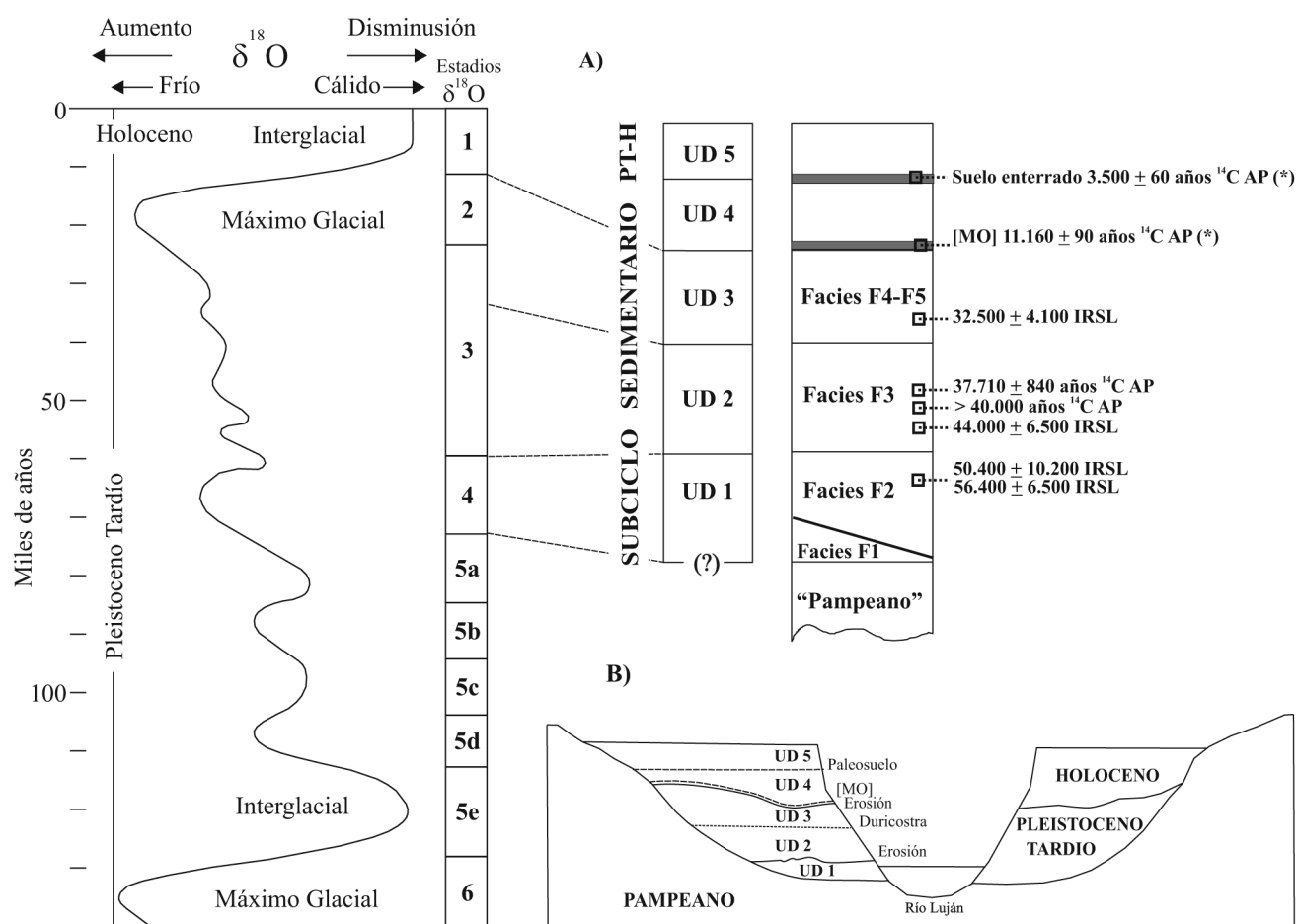
Esta facies se corresponde con la Capa 3 (Ameghino, 1880-1881: 567) que este autor caracterizó como “...terreno arenosos blanquecino” (Tabla 4). También con la Capa 5 de la barranca entre el Paso de la

Virgen y el Molino Viejo formada por “... arena y arcilla amarillenta, de estratos igualmente plegados” (Ameghino, 1884:163) (Fig. 7) y que vinculó, conjuntamente con la Capa 6 (equivalente a la facies F4), a “la época glacial” y destaca su importancia como indicadores cronológicas (Ameghino, 1884:165). También se puede vincular esta facies con la sección superior del Prebonaerense (Frenguelli, 1921) en la localidad de Luján que está constituida por “...capas y lentes de arcilla o marga verdosa con numerosas tosquillas blancas y relativamente livianas...” y que “...a veces contiene pequeñas concreciones limoníferas” (Frenguelli, 1921: 66). Correspondería a la Unidad 2 (Tabla 4) interpretada como de origen fluvial por Dangavs y Blasi (1995a).

## ANÁLISIS PALEOAMBIENTAL

En función del análisis litofacial y el contenido paleobiológico se interpretó que el ambiente de depositación de la sucesión de la barranca del río Luján, para el lapso *ca.* <70.000 años - <11.000  $^{14}\text{C}$  años AP, correspondió a una cuenca con depositación fluvio-lacustre efímera y eólica, bajo condiciones áridas (principalmente seca-subhúmeda y semiárida *sensu* UNEP, 1997).

En las secciones del río Luján analizadas en este trabajo y en las descritas por Prieto *et al.* (2004), se pudieron observar varias discontinuidades erosivas y de estabilidad para el lapso Pleistoceno tardío-Holoceno. Las discontinuidades son producto de momentos de reexistencia y/o reactivación fluvial. Podrían vincularse a cambios en el nivel de base de naturaleza eustática y/o a cambios climáticos, como a episodios de estabilidad o biostasia con registro de pedofacies o duricostras. Se reconocieron tres discontinuidades erosivas. La primera corresponde al Pleistoceno tardío y se reconoció entre las facies F1/F2 y F3, la segunda a la transición Pleistoceno tardío-Holoceno (Prieto *et al.*, 2004) y la última al Holoceno tardío (Prieto *et al.*, 2004), posiblemente durante el último milenio. Por otra parte, los indicadores de estabilidad son la presencia de una duricostra carbonática en el techo de la facies F3 y el paleosuelo en el tope de los depósitos fluvio-lacustres del Holoceno tardío (Prieto *et al.*, 2004). Estas discontinuidades permitieron el reconocimiento de cinco unidades depositacionales o episodios de agradación (alunidades) en la cuenca media del río Luján (Fig. 8), dentro del subciclo Pleistoceno tardío-



**Figura 8.** a) Unidades depositacionales (facies y edades obtenidas) y su correlación con los estadios isotópicos marinos (tomado de Wilson *et al.*, 2000). b) Corte transversal esquemático de las barranca Pleistoceno tardío-Holoceno. \*Edades de Prieto *et al.* (2004).

**Figure 8.** a) Depositional units (facies and ages obtained), correlation with Late Quaternary Oxygen Isotopic States (from Wilson *et al.*, 2000). b) Late Pleistocene-Holocene schematic transverse section of cutbank. \*Ages after Prieto *et al.* (2004).

Holoceno (Zárate, 2005).

**Unidad depositacional 1 (UD1):** Está integrada por los depósitos fangos gravillosos a gravas fango-arenosas (facies F1) y arenas limosas a limos arenosos (facies F2) de características fluvio-lacustre efímera y eólica, respectivamente. Los materiales se habrían acumulado en bajos interconectados por arroyos efímeros activos durante los episodios de corrientes instantáneas, producto de tormentas, con la posterior generación de lagunas efímeras y formación de lunetas eólicas hacia el final del ciclo. Las acumulaciones ocurrieron en general bajo condiciones climáticas templada a templada fría y secas o marcadamente estacionales. La edad mínima de depositación se estimó en *ca.* 60.000 años (Fig. 8).

**Unidad depositacional 2 (UD2):** Está integrada

por los depósitos de gravas arenosas, arenas fango-gravillosas y fangos gravillosos de la facies F3, de características fluviales efímeras a lacustres efímeras (eutróficas a distróficas). La sedimentación ocurrió en bajos interconectados por arroyos efímeros durante los episodios de corrientes instantáneas producto de tormentas y la formación de lagunas temporarias. En general estas acumulaciones multiespisódicas se produjeron bajo condiciones frías y secas. El lapso de depositación se estimó entre *ca.* 50.000 años y con anterioridad a 32.500 años (Fig. 8).

**Unidad depositacional 3 (UD3):** Está representada por los limos arenosos y limos de las facies F4 y F5. Al inicio la acumulación tuvo lugar en ambientes de charcas o lagunas permanentes con aportes de arenas y polvo eólico producto de tormentas de viento, bajo condiciones climáticas templadas a

frías y sub-húmedas (facies F4). Con posterioridad, los cuerpos lénticos se degradaron por distrofia bajo condiciones climáticas más secas (facies F5). El intervalo temporal de acumulación de estos depósitos ocurrió con posterioridad a 37.700 <sup>14</sup>C años AP y con anterioridad a 11.000 <sup>14</sup>C años AP (Fig. 8).

**Unidad depositacional 4 (UD4):** Esta unidad depositacional de características fluvio-lacustre (eutróficas a distróficas) está integrada por los depósitos fluvio-lagunares a palustres analizados por Prieto *et al.* (2004). Según estos autores la depositación ocurrió en bajos interconectados por arroyos permanentes, en general bajo condiciones húmedas que cambiaron a subhúmedas –secas con posterioridad a 7.000 <sup>14</sup>C años AP. El lapso de depositación ocurrió entre ca. 11.000 y 3.000 <sup>14</sup>C años AP (Fig. 8).

**Unidad depositacional 5 (UD5):** Está integrada por sedimentos areno-limosos correspondientes a depósitos eólicos y retrabajados que sepultan un paleosuelo de ca. 3.000 <sup>14</sup>C años AP (Prieto *et al.*, 2004). Dichos autores señalan que estos sedimentos se depositaron bajo condiciones climáticas similares a las actuales, entre 3.000 <sup>14</sup>C años AP, y la incisión del cauce actual en tiempos históricos.

## CONCLUSIONES

Se reconocieron cinco facies en los depósitos de la porción inferior de las barrancas del río Luján, las que integran tres unidades depositacionales o de agradación separadas por discontinuidades, para el lapso ca. <70.000 años - <11.000 <sup>14</sup>C años AP, coincidente con el último período glacial (EIO 4-2) (Fig. 8). Estas tres unidades constituyen, junto con los depósitos suprayacentes del Holoceno (EIO 1), el subciclo sedimentario Pleistoceno tardío- Holoceno (Zarate, 2005). Las discontinuidades entre las facies o grupos de facies, fueron originadas por momentos de erosión y/o de estabilidad y están representadas a escala local (diastemas en el sentido de Bossi, 1998).

Se reconocieron dos episodios eólicos de magnitud representados en las facies F2 ( $\geq 56.400 \pm 6.500$ ) y F4-F5 ( $\leq 32.500 \pm 4.700$  y  $\leq 11.000$ ), aún cuando la depositación de material de procedencia eólica distal o local podría haber sido continua, aunque con episodios de menor tasa de sedimentación o enmascarada por los procesos depositacionales

aluvionales efímeros a cuyos depósitos se habrían integrado. Las acumulaciones habrían tenido lugar en un ambiente depositacional con déficit hídrico aunque de variada magnitud. Durante el Pleistoceno tardío, en estos ambientes los regímenes estacionales habrían incidido en el accionar de los agentes eólicos y ácuos de tipo efímero, los que habrían tenido distinto grado de participación en la sedimentación. El actual curso medio del río Luján constituiría para ese tiempo el sector de cabeceras o superior de la cuenca hidrológica, formada por arroyos de bajo orden y efímeros o temporarios, por lo cual la influencia de los cambios eustáticos habría sido nula (Blasi *et al.*, 2009a).

Aun cuando las sucesiones son incompletas y las dataciones no permiten ajustar con absoluta precisión el inicio y la finalización de las unidades depositacionales durante los EIO 4 a 2, el análisis facial sugiere la existencia de una marcada variabilidad ambiental durante ese lapso para el noreste de la provincia de Buenos Aires. Habrían ocurrido eventos aluvionales episódicos bajo condiciones climáticas sub-húmedas secas o fuertemente estacionales y con alternancia de fases sub-húmedas-húmedas durante el EIO3 y de depositación eólica predominante durante intervalos climáticos sub-húmedos secos principalmente durante el EIO2 y al menos durante una parte del EIO4 (Fig. 8). Las características geomorfológicas y las evidencias sedimentológicas y paleobiológicas, permitieron inferir que el clima fue el forzante principal en el desarrollo de la sucesión sedimentaria.

La presencia de una barranca de edad Pleistoceno tardío-Holoceno está estrechamente asociada a la incisión durante el Holoceno de los depósitos de relleno de antiguas depresiones interconectadas. Esto permitió inferir que la paleomorfología de esta área ha ejercido un control determinante en la existencia de barrancas con afloramientos que abarcan el lapso Pleistoceno tardío-Holoceno.

En general, las descripciones estratigráficas realizadas por Ameghino (1880-1881; 1884), son las que tienen el mayor detalle y las que claramente establecieron las relaciones laterales y verticales entre los depósitos (Blasi *et al.*, 2009a). Las características sedimentológicas de la mayoría de las facies (excepto la facies F2) son semejantes a los diversos sedimentos aluvionales de la región pampeana descritos por Frenguelli (1925). Las observaciones de estos autores se vieron favorecidas por una mejor exposición de



los afloramientos que facilitaron las descripciones a lo largo de secciones. Muchas de estas han desaparecidos por obras urbanísticas tal como ocurre con la barranca ilustrada por Ameghino en 1884 (Fig. 7). Asimismo, la menor altura hidrológica del río Luján estimada para aquel momento sobre la base de los registros pluviométricos, les permitió la visualización de la porción inferior de estas barrancas respecto de lo que ocurre actualmente.

## Agradecimientos

A S. Mahan, del Servicio Geológico de USA (USGS) quien asistió en la obtención de las edades IRSL. Las investigaciones fueron financiadas por CONICET-PIP 5086, UNLP 11N/455 y CIC-Buenos Aires. Expresamos nuestro mayor agradecimiento a A. Tripaldi por la lectura crítica de la primera versión, a un revisor anónimo y a M.E. Quattrocchio quienes con sus sugerencias contribuyeron a mejorar este trabajo. Deseamos dedicar este trabajo a la memoria de Aníbal Figini.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aitken, M.J., 1976. Thermoluminescent age evaluation and assessment of error limits: revised system. *Archaeometry* 18:233-238.
- Aitken, M.J., 1985. *Thermoluminescence Dating*. Academic Press, London, 159 pp.
- Aitken, M.J. y J.C. Alldred. 1972. The assessment of error limits in thermoluminescent dating. *Archaeometry* 14:257-267.
- Ameghino, F., 1880-1881. *La Antigüedad del Hombre en el Plata*. En Obras Completas Vol. III. Cap. XX a XXIV (Ed. 1905). Oficina de Gobierno Provincia de Buenos Aires, 868 pp. La Plata.
- Ameghino, F., 1884. Excursiones geológicas y paleontológicas en la provincia de Buenos Aires. *Boletín Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, VI:161-257.
- Ameghino, F., 1889. Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina. *Academia Nacional de Ciencias*, VI:1-102. Buenos Aires.
- Ameghino, F., 1908. Las formaciones sedimentarias de la región litoral de Mar del Plata y Chapalmalal. *Anales Museo Nacional de Buenos Aires*, Serie 3a X:343-428.
- Antón, D., 1975. *Evolución geomorfológica del Norte de Uruguay*. Dirección de Suelos y Fertilizantes, Ministerio de Agricultura y Pesca, 22 pp. Montevideo.
- Arche, A. y F. Vilas, 2001. Sedimentos eólicos de grano fino en la Bahía de San Sebastián, Tierra del Fuego, Argentina. *Journal of Iberian Geology* 27:159-173.
- Blasi, A. y N. Dangavs, 1992. Sedimentos actuales de la Laguna de Lobos, Bs. As., Argentina. *Cuarta Reunión Argentina de Sedimentología*, Actas II:167-174, La Plata.
- Blasi, A., A.R. Prieto, C. Castiñeira, E. Fucks, L. del Puerto, C. de Francesco, A. Figini, J. Carbonari, R. Huarte y P. Hanson, 2008. Variaciones ambientales y climáticas durante el Pleistoceno tardío en la cuenca media del río Luján, Argentina. *Reunión Argentina de Sedimentología*, Actas XII: 1- 43, Buenos Aires.
- Blasi, A., A.R. Prieto, E. Fucks y A. Figini, 2009a. Análisis de las nomenclaturas y de los esquemas estratigráficos del Pleistoceno tardío-Holoceno en la cuenca del río Luján, Buenos Aires, Argentina. *Ameghiniana* 46(2):373-390.
- Blasi, A., P. Hanson, E. Fucks, A.R. Prieto y A. Young, 2009b. Infrared stimulated luminescence (IRSL) dating of late Pleistocene deposits from the middle course of the Lujan river. Argentina. *IV Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología, XII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário y II Reunión sobre el Cuaternario de América del Sur*, Actas I:228, La Plata.
- Bombín, M., 1976. Modelo paleoecológico evolutivo para o neokuaternária da região da Campanha-Oeste do Rio Grande do Sul (Brasil): a Formação Touro Passo, seu conteúdo fossilífero e a gênese pós-deposicional. *Comunicações do Museu de Ciências da PUCRS*, 15:1-90.
- Bossi, G., 1998. Una alternativa en alostratigrafía. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 5(2):71-9.
- Bourke, M., 2002. Suspended sediment concentrations and the geomorphic effect of sub-bankfull flow in a central Australian stream. *International Symposium: The Structure, Function and Management Implications of Fluvial Sedimentary Systems*. 276:315-324, Alice Springs, Australia.
- Bowler, J. M., 1973. Clay dunes: their occurrence, formation and environmental significance. *Earth-Science Review* 9:315-338.
- Bowler, J. M., 1986. Spatial variability and hydrologic evolution of Australian lake basins: analogue for Pleistocene hydrologic change and evaporite formation: *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 54:21-41.
- Bozarth, S. R., 1992. Classification of opal phytoliths formed in selected dicotyledons native to the Great Plains. En Rapp Jr., G. y S.C. Mulholland (Eds.), *Phytolith Systematic Advances in Archaeology and Museum Science* 1:193-214. Nueva York.
- Bull, W., 1979. Threshold of critical power in streams. *Geological Society of America Bulletin* 90(5):453-464.
- Carver, R.E., 1971. *Procedures in Sedimentary Petrology*. Wiley-Interscience, New York, 645 pp.
- Cione, A.L. y E.P. Tonni, 1999. Biostratigraphy and chronological scale of upper-most Cenozoic in the Pampean area, Argentina. En: Tonni, E.P. y A.L. Cione (Eds.), *Quaternary Vertebrate Palaeontology in South America*. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula 12:23-51.
- Comité Argentino de Estratigrafía (CAE), 1992. Código Argentino de Estratigrafía. *Asociación Geológica Argentina Serie B N° 20:1-64*, Buenos Aires.
- Dangavs, N. y A. Blasi, 1994. Quaternary Evolution of a Pampean "Laguna" (part I): Sedimentology and Biological Characteristics of Lobos Lake Infilling Sediments, Argentina. *Journal of Paleolimnology* 10(1):59-66.
- Dangavs, N. y A. Blasi, 1995a. El Lujanense y Platense (*sensu* Ameghino) en el Río Luján, Luján, Provincia de Buenos Aires. *IV Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses*, Actas I: 109-117, Junín.
- Dangavs, N. y A. Blasi, 1995b. El Pampeano rojo (Ameghino, 1884) del Paso de la Virgen, río Luján, Provincia de Buenos Aires. *IV Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses*, Actas I: 127-134, Junín.
- Dangavs, N. y A. Blasi, 1997. Geolimnología de la laguna de Chascomús. *Revista Museo de La Plata*, Sección Geología 12:167-195.

- Dangavs, N. y A. Blasi, 2002. Los depósitos de yeso intrasedimentario del arroyo El Siasgo, partidos de Monte y General Paz, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 57(3):315-327.
- Dangavs N. y J. Reynaldi, 2008. Paleolimnología de la Laguna Cerrillo del Medio, Monte, provincia de Buenos Aires. *Revista Asociación Geológica Argentina* 63(1):20-42.
- Dangavs, N., A. Blasi, L., Mormeneo, M., Gaillard y R. Burakosky, 1991. *Estudio geológico de la Laguna de Lobos. Partido de Lobos, provincia de Buenos Aires*. Centro de Investigaciones de Suelos y Aguas de Uso Agropecuario. Ministerio de Asuntos Agrarios, 87 pp. La Plata.
- De Francesco, C. y A. Blasi, en prensa. Redescripción y significado paleoambiental de *Heleobia ameghini* (Doering, 1882) (Gastropoda: Rissosoidea) en el Pleistoceno tardío de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ameghiniana*.
- del Puerto, L., 2009. *Silicofitolitos como Indicadores Paleoambientales: Bases comparativas y reconstrucción paleoclimática desde el Pleistoceno tardío en el SE del Uruguay*. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Área Ecología. PEDECIBA, Facultad de Ciencias, Montevideo, 207 pp. (inédito).
- del Puerto, L., F. García-Rodríguez, H. Inda, R. Bracco, R., C. Castiñeira y J.B. Adams, 2006. Paleolimnological evidence of Holocene paleoclimatic changes in Lake Blanca, southern Uruguay. *Journal of Paleolimnology* 36:151-163.
- Denys, L., 1992. A check-list of the diatoms in the Holocene deposits of the Western Belgian coastal plain with the survey of their apparent ecological requirements: I. Introduction: Ecological code and complete list. *Service Géologique de Belgique, Professional Paper* 246: 41 pp.
- De Wolf, H., 1982. Method of coding of ecological data from diatoms for computer utilization. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 36(2):95-110.
- Dillon, A.Q. y J. Rabassa, 1985. Miembro La Chumbiada, Formación Luján. *I Jornadas Geológicas Bonaerenses*, Resúmenes: 27, Tandil.
- Doering, A., 1882. Informe oficial de la Comisión Científica agregada al Estado Mayor General de la Expedición al Río Negro (Patagonia). *Geología* 3:300-530, Buenos Aires.
- Fernández, M.F., A. Zucol y M. Osterrieth, 2006. Phytolith Assemblages and Systematic Associations in Grassland Species of the South-Eastern Pampean Plains, Argentina. *Annals of Botany* 98:1155-1165.
- Fidalgo, F., F. De Francesco y U. Colado, 1973. Geología superficial en las hojas Castelli, J. M. Cobo y Monasterio (Pcia. de Bs. As.). *V Congreso Geológico Argentino*, Actas IV:27-39, Carlos Paz.
- Folk, R.L., 1954. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. *Journal of Geology* 62(4):344-359.
- Fredlund, G.G. y L.T. Tieszen, 1994. Modern phytolith assemblages from the North American Great Plains. *Journal of Biogeography* 21:312-335.
- Fredlund, G.G. y L.L. Tieszen, 1997. Phytolith and Carbon Isotope Evidence for Late Quaternary Vegetation and Climate Change in the Southern Black Hills, South Dakota. *Quaternary Research* 47:206-217.
- Frenguelli, J., 1921. Los Terrenos de la Costa Atlántica en los alrededores de Miramar (Prov. de Buenos Aires) y sus correlaciones. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* XXIV: 325-485.
- Frenguelli, J., 1925. Loess y Limos Pampeanos. *Anales Sociedad Argentina de Estudios Geográficos Gaea* 1:1-88.
- Frenguelli, J., 1928. Observaciones geológicas en la región costera sur de la Provincia de Buenos Aires. *Anales de la Facultad de Ciencias de la Educación*, II:1-145.
- Frenguelli, J., 1945a. Las diatomeas del Platense. *Revista del Museo de La Plata*, Sección Paleontología 3:77-221.
- Frenguelli, J., 1945b. El Piso Platense. *Revista del Museo de La Plata*, Sección Geología 2:287-311.
- Fucks, E., M. Aguirre y C. Deschamps, 2005. Late Quaternary continental and marine sediments of northeastern Buenos Aires province (Argentina): Fossil content and paleoenvironmental interpretation. *Journal of South American Earth Sciences* 20:45-56.
- Fucks, E. y C. Deschamps, 2008. Depósitos continentales cuaternarios en el noroeste de la provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63(3):326-343.
- Gallego, L. y R. Distel, 2004. Phytolith Assemblages in Grasses Native to Central Argentina. *Annals of Botany* 94:865-874.
- González Bonorino, G., 1993. Comentario Bibliográfico: Código Argentino de Estratigrafía, Comité Argentino de Estratigrafía, Asociación Geológica Argentina, Serie didáctica y Complementaria 20. *Revista Asociación Argentina de Geología* 48(1):94.
- Hartley, W. 1973. Studies on the origin, evolution, and distribution of the Gramineae. V. The subfamily Festucoideae, Australian Journal of Botany 21 (1973), pp. 201-234.
- Hills, E.S., 1940. The lunette; a new landform of aeolian origin. *The Australian Geographer* 3:15-21.
- Hooke, J.M. y J.M. Mant, 2002. Morpho-dynamics of ephemeral streams. En: L.J. Bull y M.J. Kirkby (Eds.), *Dryland Rivers: Processes and Management in Mediterranean Climates*. Chichester, John Wiley and Sons, 173-204.
- Huarte, R. y A. Figini, 1988. La Plata Radiocarbon Laboratory Liquid Scintillation Counting and Interlaboratory Check Samples. *Radiocarbon* 30(3):347-350.
- Huffman, G. y W.A. Price, 1949. Clay Dune Formation near Corpus Christi Texas. *Journal of Sedimentary Petrology* 19(3):118-127.
- Metzeltin D. y F. García-Rodríguez, 2003. *Las Diatomeas Uruguayas.*, DIRAC, Montevideo, 208 pp.
- Metzeltin, D., H. Langebertalot y F. García-Rodríguez, 2005. Diatoms of Uruguay: taxonomy, biogeography, diversity. En: Lange-Bertalot, H. (Ed), *Iconographia Diatomologica* 15. A.R.G. Gantner Verlag, Koenigstein, 737 pp. Alemania.
- Mulholland, S. y G. Rapp Jr., 1992. A morphological classification of grass silica-bodies. En G. Rapp Jr. y S. Mulholland (Eds.), *Phytolith Systematics*. Emerging Issues. Advances in Archaeological and Museum Science 1:65-89.
- Orgeira, M., J. Walther, A.M. Tófaló, R. Vásquez, C.A. Berquó, C. F. Doboys y H. Bhonel, 2003. Environmental magnetism in fluvial and loessic Holocene sediments and paleosols from the Chacopampean plain (Argentina). *Journal of South American Earth Sciences* 16:259-274.
- Pearsall, D., 2007. *Phytoliths in the flora of Ecuador*. The University of Missouri Online Phytolith Database. [http://www.missouri.edu/~phyto/]. With contributions by A. Biddle.
- Piperno, D., 1988. *Phytoliths Analysis: an archaeological and geological perspective*. Academic Press, New York, 280 pp.
- Pettijohn, F. J., P.E. Potter y R. Siever, 1973. *Sand and sandstone*. Springer-Verlag, New York, 618 pp.
- Prescott, J.R. y J.T. Hutton, 1994. Cosmic ray contributions to dose rates for luminescence and ESR dating: large depths and long-term time variations. *Radiation Measurements* 23:497-500.

- Price, W.A.**, 1963. Physicochemical and environmental factors in clay dune genesis. *Journal of Sedimentary Petrology* 33:766-778.
- Price, W.A.** y **L.S. Kornicker**, 1961. Marine and lagoonal deposits in clay dunes, Gulf Coast, Texas. *Journal of Sedimentary Petrology* 31:245-255.
- Prieto, A.R., A. Blasi, C. De Francesco y C. Fernández**, 2004. Environmental history since 11,000 <sup>14</sup>C yr B.P. of the northeastern pampas, Argentina, from alluvial sequences of the Luján river. *Quaternary Research* 62(2):146-161.
- Rabassa, J., A. Coronato y M. Salemme**, 2005. Chronology of the Late Cenozoic Patagonian glaciations and their correlation with biostratigraphic units of the Pampean region (Argentina). *Journal of South American Earth Sciences* 20:81-103.
- Rovereto, G.**, 1914. Studi di Geomorfología Argentina. IV. La Pampa. *Bolletino della Società Geologica Italiana* XXXIII:75-129.
- Rhodes, D.D., J.R. Arrowsmith, J.P. Kilpatrick y J. Eigenbrode**, 1998. Clay dunes at Soda Lake, Carrizo Plain, California. *Geological Society of America*, Abstracts 30(7):140 pp.
- Stuiver, M. y H. Polach**, 1977. Discussion. Reporting of <sup>14</sup>C data. *Radiocarbon* 19(3):355-363.
- Stoermer, E. F., R.G. Kreis y N.A. Andersen**, 1999. Checklist of Diatoms from the Laurentian Great Lakes: II. *Journal of Great Lakes Research* 25:545-566.
- Teruggi, M. E.**, 1957. The nature and origin of Argentine loess. *Journal of Sedimentary Petrology* 27(3):322-332.
- Toledo, M. J.**, 2005. Secuencias pleistocenas "lujanenses" en su sección tipo: Primeras dataciones <sup>14</sup>C e implicancias estratigráficas, arqueológicas e históricas, Luján - Jáuregui, provincia de Buenos Aires. *Revista Asociación Geológica Argentina* 60:417-424.
- Toledo, M.J.**, 2008. La crisis climáticas de 13.000 AP: "mantos negros", extinciones de megafaunas y cambios poblacionales. *XVII Congreso Geológico Argentino*, Actas 4:735-736, Jujuy.
- Twiss, R.C.**, 1992. Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths. En G. Rapp Jr. y S. C. Mulholland (Eds.), *Phytolith Systematics*. Emerging Issues, Advances in Archaeology and Museum Science 1:113-128.
- United Nations Environment Programme (UNEP)**, 1997. *World Atlas of Desertification*. Second Edition. N. Middleton y Thomas D. (Eds.), 182 pp., Nairobi.
- Vos, P. y H. de Wolf**, 1993. Diatoms as a tool for reconstructing sedimentary environments in coastal wetlands; methodological aspects. *Hydrobiologia* 269/270:285-296.
- Williams, G. P.**, 1975. Bankfull discharge of rivers. *Water Resources Research* 14(6):1141-1154.
- Wilson, R.C.L., Drury, S.A. y J.L. Chapman**, 2000. *The great ice age*. 267 pp. Routledge.
- Wolman, M.G.**, 1955. The natural channel of Brandywine Creek, Pennsylvania, U.S. *Geological Survey Professional Paper* 271 pp. Boston.
- Wolman, M.G. y L.B. Leopold**, 1957. River flood plains: Some observations on their formation. En: U.S. Government Printing Office (Eds.), *Geological Survey Professional Paper* 282:87-109. Washington.
- Zárate, M.**, 2005. El Cenozoico Tardío continental de la provincia de Buenos Aires. En: de Barrio, R.E., R.O. Etcheverry, M.F. Caballé y E. Llambías (Eds.), *Geología y Recursos Minerales de la provincia de Buenos Aires*, Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino:139-158, La Plata.
- Zhao, Z. y D. Pearsall**, 1998. Experiments for improving phytolith extraction from soils. *Journal of Archaeological Science* 25:587-598.
- Zucol, A.F.**, 1998. Microfitolitos de las Poaceae Argentinas: II. Microfitolitos foliares de algunas especies del género Panicum (Poaceae, Paniceae), en la provincia de Entre Ríos. *Darwiniana* 36:29-50.
- Zucol, A.F.**, 2000. Fitolitos de poaceae de argentinas: III. Fitolitos foliares de especies del género Paspalum (Paniceae), en la Provincia de Entre Ríos. *Darwiniana* 38:11-32.
- Zucol, A.F.**, 2001. Fitolitos III. Una nueva metodología descriptiva. Asociaciones fitolíticas de Piptochaetium montevidense (Stipeae, Poaceae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 36:69-85.