

## Análisis fitolítico de la Formación Tezanos Pinto (Pleistoceno tardío- Holoceno temprano) en el sector noroeste de su área de distribución en la provincia de Entre Ríos (Argentina)

**Georgina Erra<sup>1</sup>, Alejandro Fabián Zucol<sup>2\*</sup> y Daniela Mariela Kröhling<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Centro de Ecología Aplicada del Litoral, Área de Paleontología, CONICET. Ruta 5, km 2.5, CP 3400, CC.128, Corrientes, Argentina. CONICET. Cátedra de Paleontología II, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.

<sup>2</sup> Laboratorio de Paleobotánica, Centro de Investigaciones Científicas (CICYTTP-CONICET), Dr. Materi y España (E3105BWA) Diamante, Entre Ríos, Argentina. CONICET. Facultad de Ciencia y Tecnología, UADER, Subsede Diamante, Entre Ríos, Argentina.

<sup>3</sup> Facultad de Ing. y Ciencias Hídricas (UNL- Universidad Nacional del Litoral), CC217 (3000) Santa Fe, Argentina. CONICET.

\* cidzucol@infoaire.com.ar

### RESUMEN

*Los depósitos de loess son los componentes principales de las secuencias del Cuaternario Superior de la llanura pampeana (Sudamérica). La unidad loésica generada durante el Último Máximo Glacial a sotavento del Sistema Eólico Pampeano (Pampa Norte) representa un loess primario, indicando la expansión de condiciones semiáridas al noreste de dicho sistema. La Formación Tezanos Pinto es la unidad loésica típica del Pleistoceno tardío - Holoceno temprano de la Pampa Norte, caracterizada por su considerable continuidad espacial. En esta contribución se presentan los primeros resultados del análisis fitolítico del loess en el área noroeste de esta formación en la provincia de Entre Ríos. Las asociaciones fitolíticas analizadas presentaron una elevada homogeneidad con variaciones que permitieron su diferenciación cuantitativa a través de los perfiles analizados, mediante la presencia de fitolitos gramínoideos (de afinidad dantonioide, pooide-festucoide, chloridoide y panicoides), de palmeras, podostemáceas y ciperáceas. Estas variaciones posibilitaron reconocer la presencia de una estepa templada fría a templada con condiciones xéricas en los niveles basales, con episodios templados húmedos principalmente hacia las secciones medias y superiores.*

*Palabras clave: fitolitos, loess, Pleistoceno-Holoceno, Entre Ríos, Argentina.*

### ABSTRACT

*Loess deposits are the main component of the Late Quaternary sequences of Pampa plains (South America). The loess unit of the Last Glacial Maximum at the leeward side of the Pampean aeolian system represents primary loess, indicating the expansion of semiarid conditions to the NE of that system. The Tezanos Pinto Formation is the typical loessic unit of the late Pleistocene-early Holocene of North Pampa, characterized by its considerable spatial continuity. The first result of the phytolith analysis of the Tezanos Pinto Formation at the northwestern area of this formation in the Entre Ríos province is presented in this contribution. The analyzed phytolith assemblages show a high homogeneity with*

*several variations that allowed their quantitative differentiation across the sedimentary sections. The presences of grass phytoliths jointly with palm, podostemoid and ciperoid elements allowed to realize this characterization. The association of danthoniod, pooid-festucoid, chloridoid and panicoid grass phytolith types described the presence of a cold temperate to temperate steppe with xeric conditions in the basal levels, with temperate episodes with major moisture principally in their middle and top sections.*

*Key words: phytoliths, loess, Pleistocene-Holocene, Entre Ríos, Argentina.*

## INTRODUCCIÓN

El loess, un sedimento inconsolidado de depositación eólica y formado principalmente por partículas de tamaño limo (Ruhe, 1975), definido por Pye (1987) como un cuerpo sedimentario distintivo compuesto por limo eólico, posee un conjunto de procesos físicos y químicos en su origen que le otorga significativa importancia paleoambiental, constituyendo además el material parental de los suelos más fértiles de las grandes planicies del mundo (Iriondo y Kröhling, 2007).

El loess pampeano es dentro de este tipo de depósitos el más extenso del Hemisferio Sur, habiendo sido referido como “muds” o “clays” en las descripciones de las barrancas de la llanura pampeana por Charles Darwin (1846), mucho antes del desarrollo de la teoría sobre la naturaleza y el origen del loess (Zárate, 2007; Iriondo y Kröhling, 2009). Considerando su gran validez como geoarchivo de cambios climáticos cuaternarios, el loess de la Pampa ha recibido una atención significativa en los últimos años, a partir de la importancia paleoclimática que representan las secuencias cuaternarias loess-paleosuelos (Iriondo, 1997; Tonni *et al.*, 1999; Kröhling, 1999; Kröhling y Orfeo, 2002; Kröhling e Iriondo, 2003; Zárate, 2003; Kemp *et al.*, 2004, 2006; Bidegain *et al.*, 2005; entre otros).

Paleobotánicamente, el loess se caracteriza por presentar microfósiles vegetales como fitolitos, estructuras caulinares y microcarbones (Behrensmeyer *et al.*, 1992). En distintas partes del mundo este tipo de depósitos ha sido vinculado con el desarrollo de pastizales, ya sea en América del Norte (Retallack, 1982) o Asia (Wu y Gao, 1985), como en Europa (Kukla, 1975, 1989), lo cual ha permitido la implementación de análisis fitolíticos como una herramienta para comprender las características de sus ambientes depositacionales, que en general han sido relacionados con ambiente de depositación de sabanas, praderas y estepas (Spalletti, 1992).

La distribución del loess pampeano en los primeros mapeos (Teruggi, 1957) fue muy generalizada y abarcó también superficies cubiertas por depósitos loessoides generados a partir del retrabajo de sedimentos eólicos finos e incluso arenas eólicas y abanicos aluviales. Trabajos de detalle posteriores precisaron los mapeos de algunas unidades loésicas típicas de la llanura pampeana. El Sistema Eólico Pampeano (SEP *sensu* Iriondo y Kröhling, 1995), es el sistema eólico cuaternario más representativo de Sudamérica, cubriendo más de 600000 km<sup>2</sup>, abarcando en su sector norte un faja loésica de 2000 km de longitud y

de 300 km de ancho promedio. Dicho sistema, originado principalmente durante el Último Máximo Glacial (UMG), abarca el centro sur de la provincia de Santa Fe, el NE de la provincia de Córdoba, el NE de la de Buenos Aires y el SO de la provincia de Entre Ríos, siendo la Formación Tezanos Pinto (Iriondo, 1980) una de las unidades más representativas del loess primario del UMG en la Pampa Norte.

Si bien Ehrenberg (1854) fue el primer investigador en reconocer la presencia de fitolitos en limos pampeanos, es hasta 1930 que Frenguelli realiza un estudio detallado sobre la presencia de fitolitos en sedimentos cuaternarios de la región pampeana; posteriormente Teruggi (1955, 1957) utiliza estos conocimientos para interpretar la vegetación gramínea que acompañó la depositación del loess en la llanura pampeana. Bertoldi de Pomar (1970, 1980) realiza un completo estudio de los fitolitos en distintos tipos de sedimentos en la provincia de Santa Fe, incluyendo depósitos eólicos finos. Tecchi (1983a y 1983b), por otra parte, describe la presencia de fitolitos en materiales parentales loésicos y suelos de la pampa ondulada en la provincia de Buenos Aires. La presencia de asociaciones de microfósiles vinculados a sedimentos loésicos de Argentina fue descrita para las provincias de San Luis, Buenos Aires y Entre Ríos de acuerdo a lo recopilado por Zucol *et al.* (2008), Erra (2010a) y citas en ambos trabajos.

## ÁREA DE ESTUDIO

El SO de Entre Ríos forma parte del borde NE de la faja loésica del SEP (Figura 1), constituyendo un área de especial interés para el estudio de la composición fitolítica del loess primario en la parte más distal del sistema. La Formación Tezanos Pinto indica el avance del ambiente pampeano durante el UMG en la región, respecto de la influencia de los sistemas fluviales tropicales del Paraná y Uruguay, que dominaron en el registro ambiental cuaternario de la Mesopotamia argentina (Kröhling, 2001).

De acuerdo con Kröhling *et al.* (2006), la Formación Tezanos Pinto está típicamente representada en el SO de Entre Ríos por la facies eólica o loess primario, compuesta principalmente por limo, con arcilla subordinada y escasa arena muy fina. El loess constituye taludes prácticamente verticales en la parte superior de la barranca del río Paraná, en donde la formación descansa en discordancia erosiva con un espesor típico de 2 a 4 m sobre el Grupo Punta Gorda. Es un depósito masivo, en general friable, permeable, de color marrón (7.5 YR 5/4); está atravesado por finos canalículos

radiculares y poros muy finos tubulares, conteniendo localmente segregaciones de sesquióxidos de Fe y Mn.

El sedimento es calcáreo; el carbonato se halla segregado en concreciones esféricas de 1 cm de diámetro promedio, rizoconcreciones de disposición preferencial vertical y pseudomicelios. El rango de depositación de la unidad en la Pampa Norte a partir de dataciones OSL obtenidas en las provincias de Santa Fe y Córdoba, abarca entre los 36000 a los 8500 años A.P. (Kröhling, 1999). En el sudoeste de Entre Ríos las primeras dataciones OSL de la unidad confirman dicho rango (Kröhling, *et al.*, 2010).

En el techo de esta formación se halla un suelo enterrado holoceno, moderadamente a bien desarrollado. El suelo fue truncado por erosión y se encuentra cubierto por un depósito loésico (Formación San Guillermo), de 20 a 50 cm de espesor, de edad Holoceno tardío (3500 – 1400 años A.P. *sensu* Iriondo y Kröhling, 1995) que culmina la secuencia sedimentaria del área.

Resultados sedimentológicos de esta formación indican que el loess fue originado a partir de suspensión eólica, el cual representa el 70 a 90 % de los mecanismos de transporte identificados (Kröhling y Orfeo, 2002). La mezcla de materiales volcanoclásticos alterados y frescos en la fracción arena y limo de la Formación Tezanos Pinto en el área de estudio evidencia la existencia de un aporte directo de lluvia de cenizas y uno indirecto por removilización de depósitos volcanoclásticos andinos. Una fuente secundaria integra minerales procedentes de las llanuras aluviales de los ríos Paraná y Uruguay (Kröhling, *et al.*, 2006).

En el SO de Entre Ríos, la Formación Tezanos Pinto constituye la Unidad Geomorfológica “Colinas Loésicas de Crespo” (Iriondo, 1998) (Figura 1), donde cubre el relieve en forma de manto. Las mayores potencias de la unidad se registran en el oeste del área de estudio, particularmente en los afloramientos de la barranca de la margen izquierda del río Paraná, con 2 a 4 m de espesor. La unidad se encuentra

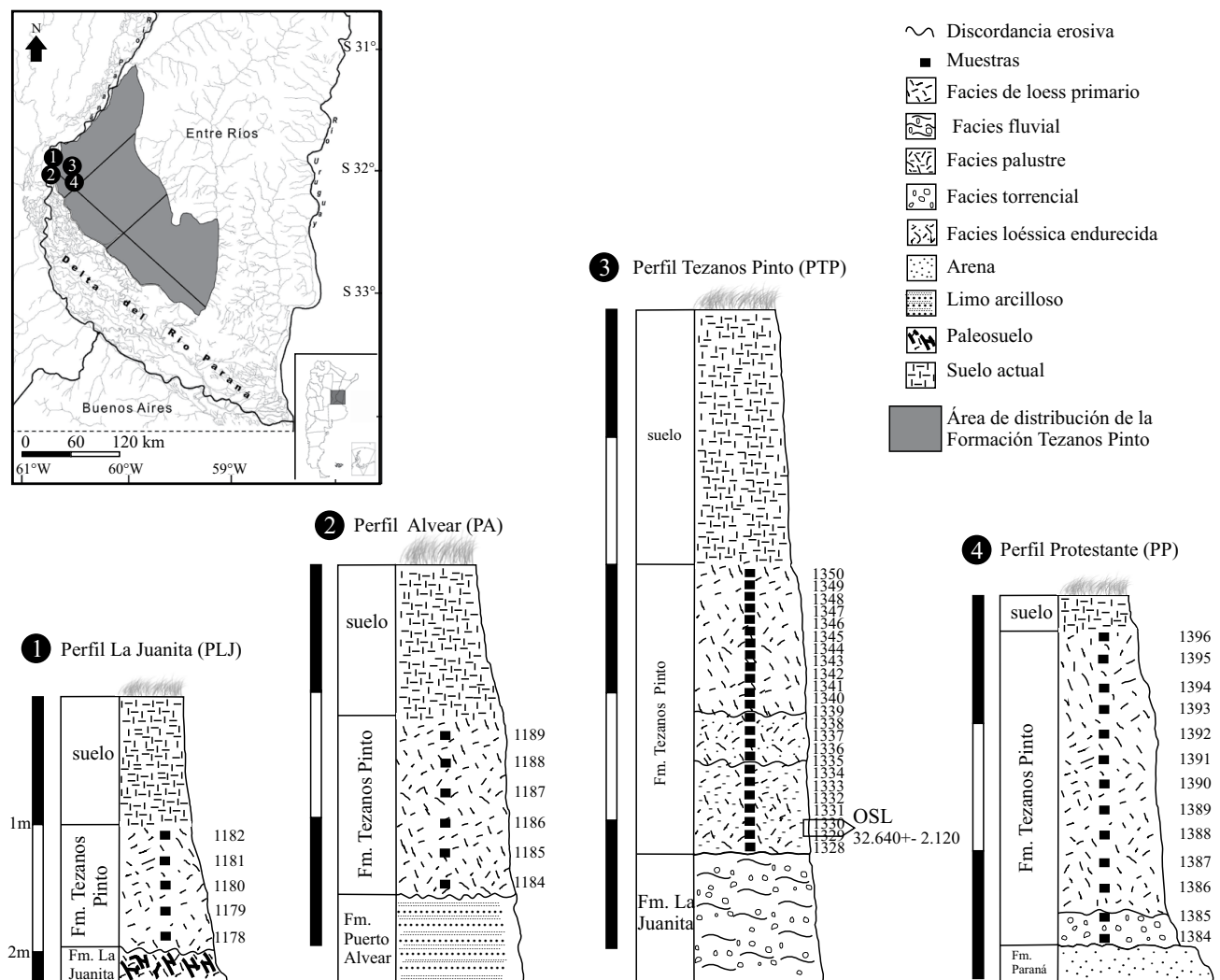


Figura 1. Mapa mostrando la distribución de la Formación Tezanos Pinto en la provincia de Entre Ríos. Ubicación geográfica y descripción gráfica de la litología de los perfiles muestreados: perfil 1: 31°51'43.3"S, 60°38'56.2"O; perfil 2: 31°58'9.2"S, 60°40'38.5"O; perfil 3: 31°53'20.7"S, 60°32'28.2"O; perfil 4: 32°01'19.4"S, 60°30'38.2"O.

parcialmente erodada hacia el este, aflorando en barrancas y cortes artificiales con espesores típicos de 1 a 2 m en las partes altas del paisaje hasta muy cerca del río Gualeguay.

Considerando la mayor potencia y el desarrollo de la Formación Tezanos Pinto en el sector NO del área cubierta por la unidad en la provincia de Entre Ríos, correspondiente al área tipo de la formación (localidad tipo y perfiles accesorios), y su adelgazamiento hacia el S-SE, se ha subdividido este territorio para su estudio en dos áreas significativas, que abarcan respectivamente el NO y el S-SE del mismo (Figura 1). En esta contribución se presentan los resultados de los estudios fitolíticos del loess de la Formación Tezanos Pinto en el sector NO del área loésica de Entre Ríos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el marco del área de distribución de la Formación Tezanos Pinto en la provincia de Entre Ríos (Figura 1) se ejecutó una metodología de muestreo consistente en la realización de una transecta SE-NO que en su límite occidental se encuentra enmarcada por la margen izquierda del río Paraná, en donde se relevaron perfiles con las mejores exposiciones de loess primario. Los perfiles que se describen abarcan el sector Norte de la referida transecta, habiendo seleccionado los perfiles (Figura 1): La Juanita, Alvear (ambos aflorantes en la barranca del río Paraná), Aldea Protestante y Tezanos Pinto (aflorantes en perfiles naturales en el interior de paleovalles de afluentes del Paraná). De estos cuatro, el perfil Tezanos Pinto es el que presenta mayor potencia, como así también variedad en presencia de facies; los otros tres, si bien con potencia variable, están principalmente conformados por la facies eólica primaria. Razón por la cual, para este trabajo en la localidad Tezanos Pinto se tomó la sección en donde estas facies se encuentran representadas.

Las muestras se obtuvieron mediante las normas básicas de trabajo a campo con el fin de evitar contaminaciones del material, para lo cual se limpió el perfil y se muestreó con una equidistancia de 10 cm promedio entre muestras, totalizando en su conjunto 47 muestras (Figura 1), de aproximadamente 250 g, que fueron incorporadas a la colección de muestras sedimentarias del Laboratorio de Paleobotánica del CICYTTP-Diamante. Para el procesamiento se siguieron las pautas básicas para concentrar microrestos silíceos de acuerdo a la metodología propuesta por Zucol *et al.* (2010b) que de manera resumida consisten en el secado, molienda y tamizado grueso del material proveniente del campo, eliminación de sales solubles (con agua destilada en frío y luego en caliente), de carbonatos, cementos y barnices (con ácido clorhídrico en frío y en caliente), y de materia orgánica (agregando agua oxigenada 100 volúmenes al 30%); dispersión de las arcillas (utilizando hexametáfosfato de sodio); separación granulométrica para la obtención de tres fracciones (fina –diámetro entre 5 y 53  $\mu\text{m}$ –, media –diámetro entre 53 y 250  $\mu\text{m}$ –, y gruesa –diámetro mayor a 250  $\mu\text{m}$ ), separación densimétrica (con politungstato de

sodio como líquido pesado), y por último su montado en preparados sólidos (Bálsamo de Canadá) y líquidos (aceite de inmersión).

La muestra mínima, obtenida por un análisis previo, resultó de 400 fitolitos/muestra; mientras que para los recuentos se utilizó un conjunto de morfotipos fitolíticos compendiados en una clasificación *ad-hoc* cuya denominación, acrónimo, como así también, sus equivalencias con otras clasificaciones y descriptores se detallan en la Tabla 1 del suplemento electrónico 28-03-01 anexo a este artículo en la página Web de la Revista Mexicana de Ciencias Geológicas (Erra, 2010b, 2011). Las observaciones microscópicas fueron realizadas en un microscopio Hokenn modelo WPB 100 y las fotografías fueron obtenidas con una cámara digital Sony DSC-W30.

Para el procesamiento numérico y graficación de la información se utilizó el programa POLPAL, *Numerical Analysis* (Walanus y Nalepka, 1999), lo cual se ha resumido mediante el diagrama fitolítico (distribución vertical de la abundancia relativa de cada morfotipo a lo largo del perfil), la rarefacción de cada muestra y el dendrograma de asociación de las mismas, mediante la aplicación del método CONISS –*Constrained incremental sum of squares cluster analysis* (Grimm, 1991)– que permitió establecer la zonificación de cada perfil. Con la finalidad de comparar las asociaciones de cada perfil se realizó el análisis de correspondencia (CA) de las asociaciones fitolíticas de las muestras, mediante el programa PAST (Hammer, *et al.*, 2007). En ambos casos, las matrices básicas de datos (MBD) confeccionadas utilizaron como OTUS a las muestras (asociaciones fitolíticas) obtenidas en los perfiles y como variables a las abundancias de morfotipos presentes en cada muestra (datos continuos discretos).

## RESULTADOS

### Descripción estratigráfica de los perfiles estudiados

#### *Perfil Tezanos Pinto (PTP Figura 1)*

Se trata del perfil representativo de la formación definida formalmente por Iriondo (1980). El afloramiento constituye una barranca de perfil vertical sobre el arroyo El Salto, aguas abajo del puente del camino central, ubicado a unos 5 km de la Escuela Alberdi en el Paraje Tezanos Pinto. El sitio constituye una muy buena exposición de la unidad a lo largo de varios cientos de metros de extensión lateral, donde además es posible discriminar una serie de facies sedimentarias que tipifican a la unidad litoestratigráfica en estudio. El perfil muestreado en este trabajo se localizó en un sector donde la facies eólica presenta buen desarrollo y de arriba hacia abajo se compone por:

0.00 – 2.00 m. Suelo actual, desarrollado sobre el loess.

2.00 – 3.20 m. *Facies de loess primario*, con características típicas (limo de color castaño pálido en seco –10Y/R

6/3–, con escasa arcilla y sin fracción arenosa apreciable, masivo, friable, talud vertical; presenta  $\text{CaCO}_3$  diseminado en su masa sedimentaria y rizoconcreciones y concreciones esféricas medianas de  $\text{CaCO}_3$ ).

3.20 – 3.70 m. *Facies loésica endurecida*. Se diferencia de la facies de loess primario a partir de su mayor consistencia, escaso contenido de  $\text{CaCO}_3$  diseminado en la masa sedimentaria y color más claro (castaño muy pálido en seco –10 Y/R 7/3).

3.70 – 4.30 m. *Facies palustre*. Limo algo arcilloso de color castaño muy pálido (10 Y/R 7/3 y variaciones difusas al 6/3), con laminación y presencia de agregados prismáticos. Localmente contiene lentes con abundantes rizoconcreciones de  $\text{CaCO}_3$ . En general el sedimento es no calcáreo. Esta facies representa un ambiente de pantanos temporarios.

4.30 – 5.30 m. *Facies torrencial*. Constituye un concentrado por retrabajo fluvial de alta energía, representado por la presencia de lentes de límites poco definidos conteniendo concreciones carbonáticas rodadas (de 2 a 5 cm de diámetro común) en matriz arenosa. El depósito presenta diferentes colores en seco, 10 Y/R 6/4 (castaño amarillo claro) en lentes pelíticas, y 5 Y/R 5/4 (castaño rojizo) en las lentes gravosas; constituye un talud vertical. Presenta un contacto inferior discordante con el Grupo Punta Gorda (Pleistoceno temprano).

Localmente aflora una *facies de relleno de canal abandonado*, formada por limo-arenoso de color castaño amarillento claro (10 Y/R 6/4), con estructura laminada.

#### **Perfil Aldea Protestante (PP Figura 1)**

Perfil tomado en el acceso al puente del arroyo Barrancoso, perteneciente al camino vecinal que vincula las localidades de Aldea Protestante y General Racedo. El perfil constituye una excavación artificial sobre la pendiente lateral derecha del valle fluvial, a pocos cientos de metros del arroyo. La facies de loess primario aflora con características típicas (masiva, friable, color castaño pálido); los 0.20 m finales del perfil aflorante corresponden a la facies torrencial de la formación, caracterizada por un concentrado de concreciones carbonáticas. Esta formación descansa en marcada discordancia erosiva sobre la Formación Paraná (Mioceno).

#### **Perfil Alvear (PA Figura 1)**

Perfil relevado en el acceso sur a la localidad Puerto General Alvear, muy próximo a la barranca del río Paraná. La facies loésica de la unidad en estudio aflora allí con características típicas, pero sin segregaciones secundarias de  $\text{CaCO}_3$ .

#### **Perfil La Juanita (PLJ Figura 1)**

Perfil norte de la vieja cantera excavada junto a la barranca del río Paraná, próximo al paraje La Juanita. Loess típico, sin estructuras sedimentarias visibles. Está débilmente organizado en agregados prismáticos gruesos.

Presenta  $\text{CaCO}_3$  segregado en el sector inferior del perfil, en proximidades del contacto con el paleosuelo infrayacente. Abundantes macroporos muy finos y finos y muy escasos nódulos y motas.

### **Caracterización fitolítica**

En forma generalizada puede considerarse que los perfiles estudiados han presentado una uniforme asociación fitolítica si se tiene en cuenta la presencia de los distintos morfotipos hallados, si bien existen algunos que caracterizan distintas secciones de los mismos. De modo tal que la asociación presente en estos perfiles puede describirse por la elevada abundancia en todos ellos de fitolitos de mayor tamaño como los elongados prismáticos (de contorno lisos –Mips y Mpps–, denticulados –Mpdt– y ondulados –Mpon), en forma de abanico (Flco, Fleu y Flex), formas aguzadas (Acci) y poliédricas (Sxs1). Mientras que entre los fitolitos de menor tamaño la asociación se caracteriza por la presencia de elementos globulares esféricos, principalmente equinados (Glse y Glsp), en forma de conos truncados (Stae, Stcm, Stel y Sttu), en forma de silla de montar (Doae), halteriformes (Ehbi) y halteriformes aquillados del tipo stipa (Phcr).

De acuerdo a ello, y considerando la presencia/ausencia y las abundancias relativas de los morfotipos encontrados es que se realizó la descripción de cada perfil con la finalidad de un estudio pormenorizado de cada uno de ellos.

#### **Perfil Tezanos Pinto (Figura 2)**

El perfil se caracteriza por una mayor abundancia de elementos prismáticos elongados, poliédricos y en forma de abanico en su sección media y superior, mientras que en la sección inferior estos tipos de fitolitos se encuentran en menor proporción; los fitolitos en forma de conos truncados resultan abundantes en todo el perfil, al igual que los globulares, si bien estos presentan su predominio en los sectores medios del perfil. Los fitolitos en forma de silla de montar (Figura 3d) resultaron más abundantes en la sección inferior y decrecieron hacia el tope del perfil, con similares tendencia que los fitolitos bilobados del tipo stipa. Los fitolitos halteriformes se han observado en una abundancia relativamente baja a lo largo de todo el perfil.

El análisis de las abundancias de los distintos elementos (Figura 2) permite definir estas tendencias mediante el establecimiento de tres zonas: PTPA (muestras 1328-1335), PTPB (muestras 1336-1342) y PTPC (muestras 1343-1350). Estas tres zonas guardan relación con las tendencias descriptas previamente; es posible identificar una zona A con abundantes elementos en forma de silla de montar, fitolitos bilobados y polilobados (Figura 3c) y distintos tipos de conos truncados (Figura 3a) que se circunscriben a las muestras de la facies palustres; mientras que las facies eólicas que abarcan las zonas B y C muestran una asociación más compleja, con un incremento de los fitolitos prismáticos

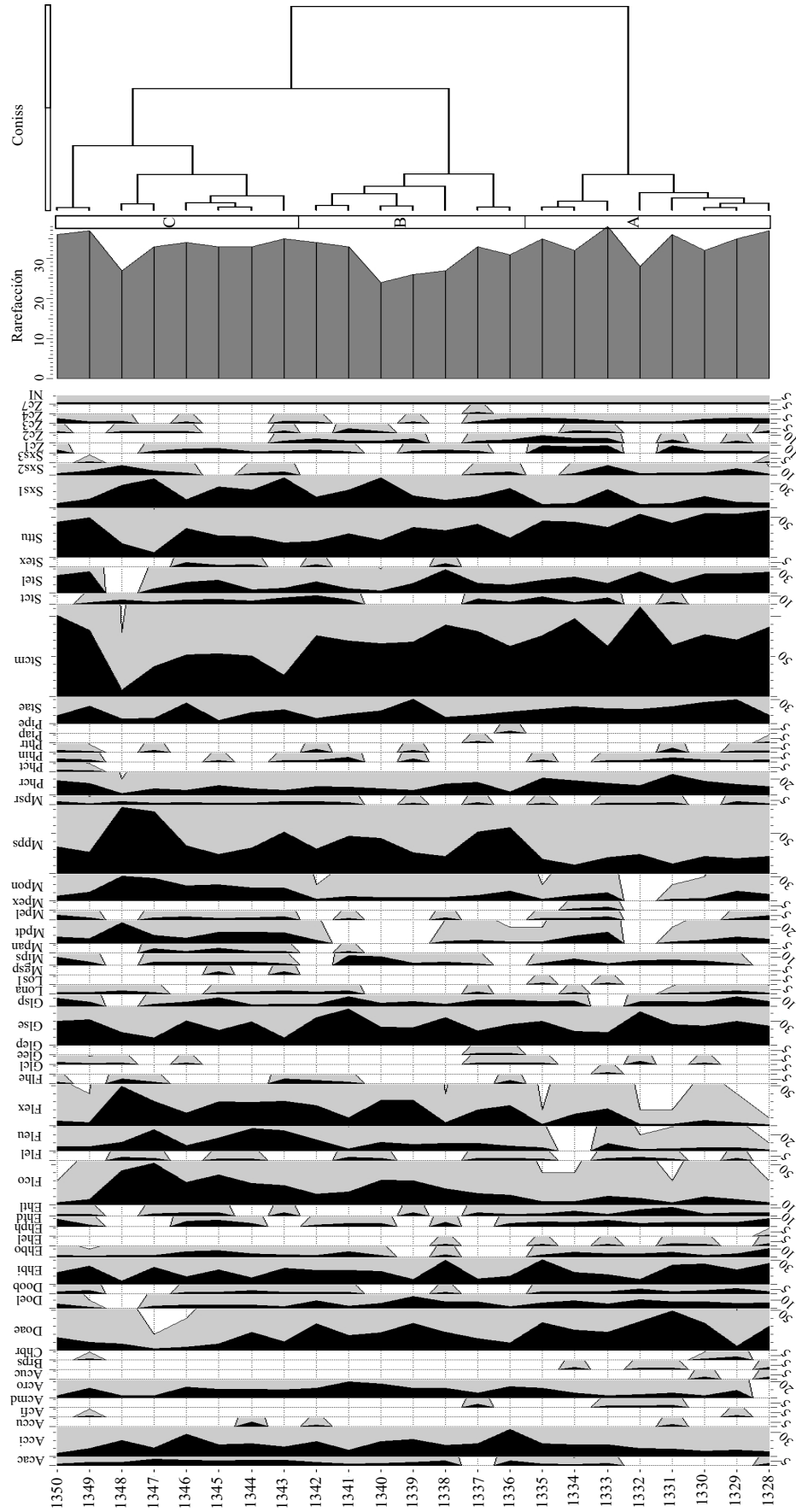


Figura 2. Diagrama fitolítico del perfil Tezanos Pinto, con la distribución de los principales morfotipos hallados (en recuentos). En negro: abundancia, en gris: exageración en factor 5. Rarefacción de morfotipos en cada muestra y dendrograma obtenido mediante análisis CONISS (utilizando el método de transformación Constrained single link with square root (SQRT)).

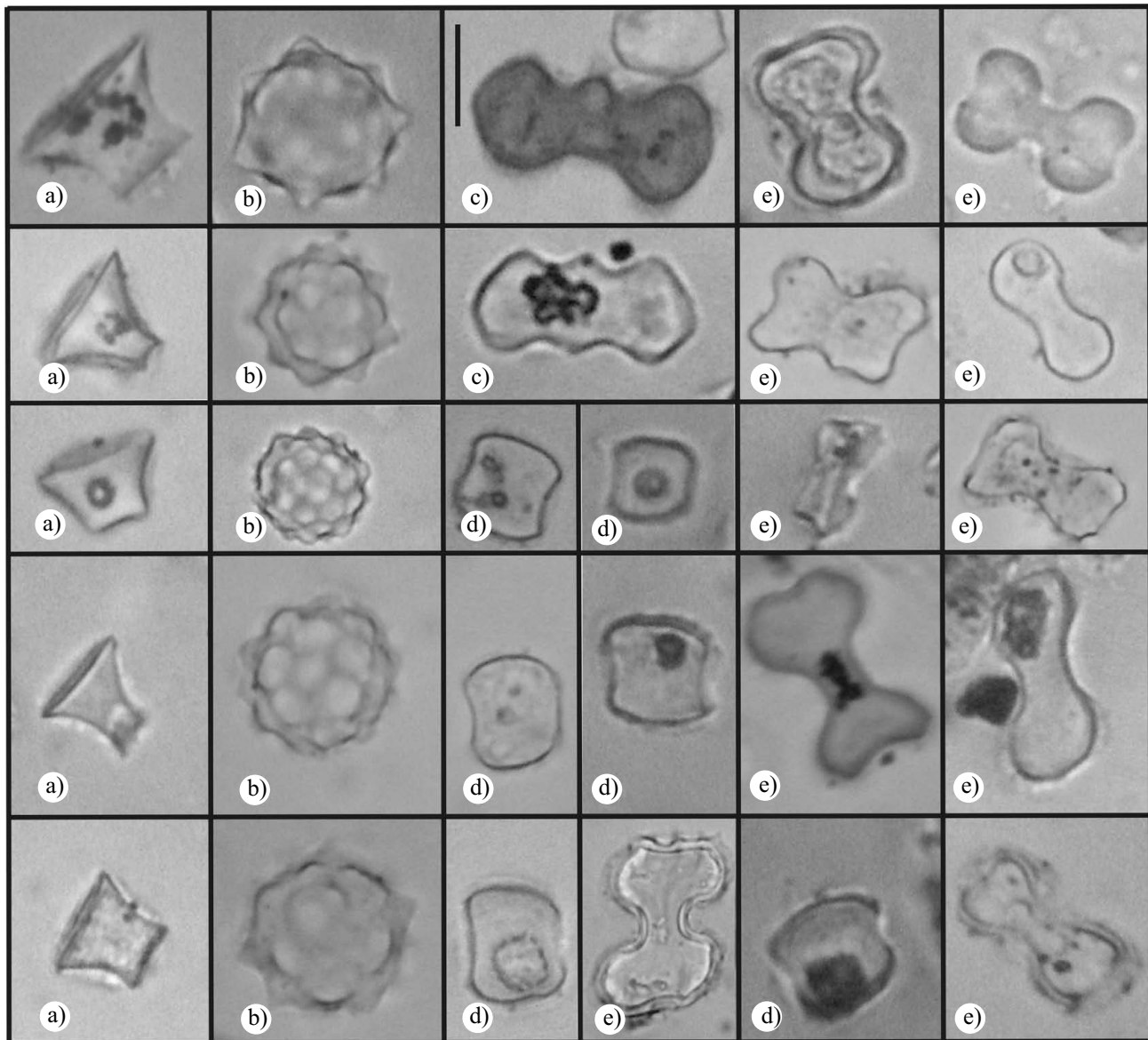


Figura 3. Distintos fitolitos observados en las muestras analizadas: Fitolitos en forma de conos truncados (a), globulares (b), halterios polilobados (c), en forma de silla de montar (d) y halterios bilobados (e). Escala gráfica en  $c = 20 \mu\text{m}$ .

elongados (Figura 4b), los de forma de abanico (Figura 4a) y poliédricos (Figura 4d). Ambas zonas resultan interrumpidas por un conjunto de muestras que no permiten considerarlas como homogéneas; para el caso de la zona B, las muestras 1336 y 1337 se diferencian claramente de las suprayacentes por una disminución relativa de los elementos en forma de silla de montar, halteriformes bilobados y estipoides, como así también algunos tipos de conos truncados, mientras que en contraposición se incrementan las formas aguzadas (Figura 4c), en abanico y los elementos prismáticos elongados, los cuales difieren en proporciones con la sección superior de la zona. Este grupo de muestras ha sido tomado de las facies endurecidas que subyacen a las eólicas típicas del perfil, que en esta zona se caracterizan por un nuevo incremento de los fitolitos globulares espinosos (Figura 3

b), en forma de silla de montar y halteriformes, además de los incrementos generales ya descritos.

En lo referente a la zona C estas tendencias de abundancia sufren un marcado cambio en el grupo conformado por las muestras 1347 y 1348, en donde se observan las mayores abundancias de los fitolitos poliédricos, aguzados, flabeliformes (Figura 4a) y prismáticos elongados y una marcada escasez de fitolitos en forma de conos truncados, elementos halteriformes bilobados (Figura 3e) y estipoides, como así también de elementos globulares, los cuales varían sus abundancias nuevamente en forma complementaria en las dos muestras del tope del perfil, con una marcada baja en el conjunto de los primeros morfotipos descritos y un incremento en el segundo grupo. Estas muestras (1347 y 1348) al igual que el sector basal de las facies eólicas son las



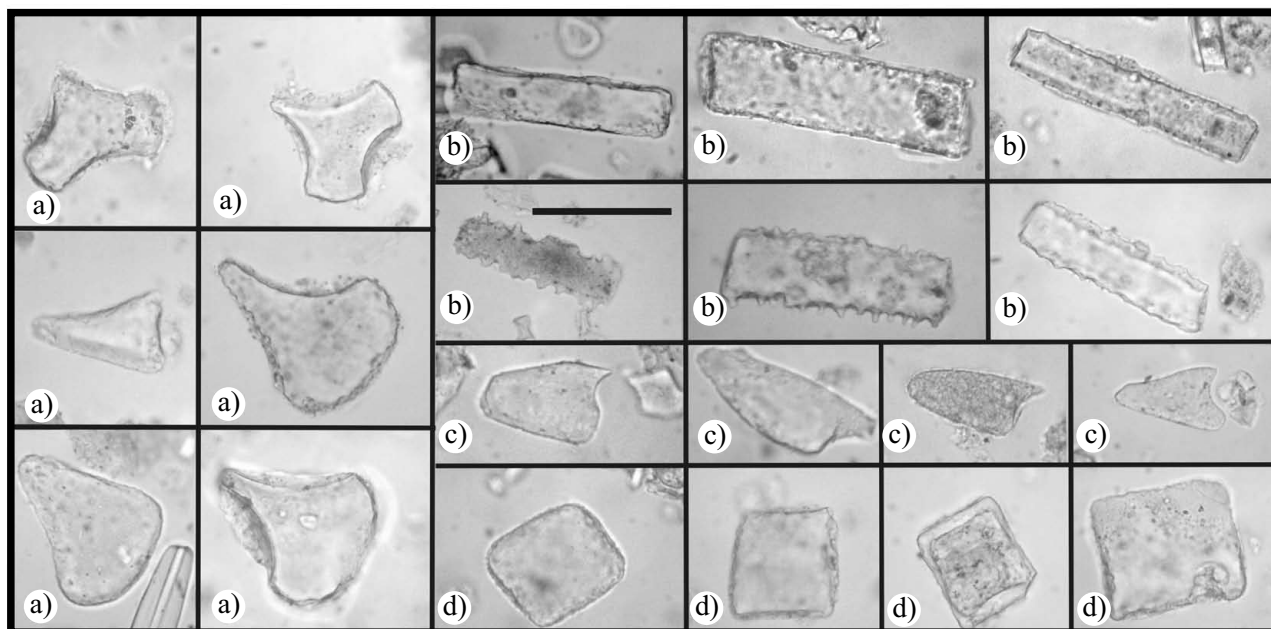


Figura 4. Distintos fitolitos observados en las muestras analizadas: En forma de abanico (a), prismáticos (b), aguzados (c) y poliédricos (d). Escala gráfica en b) = 50  $\mu$ m.

que menor variabilidad de elementos fitolíticos presentaron de todo el perfil.

#### **Perfil Protestante (Figura 5)**

Este perfil se caracteriza por una elevada abundancia de fitolitos en forma de conos truncados y globulares (Figura 3b), siendo también importante la presencia de fitolitos en forma de silla de montar, halteriformes bilobados y estipoides (Figura 3e) y los prismáticos elongados (Figura 4b). La sección inferior muestra una abundancia de elementos globulares, como así también, distintos tipos de fitolitos en forma de conos truncados (Figura 3a), si bien resulta dominante la presencia de los tipos Sttu y Stcm. De acuerdo al análisis de las abundancias de los distintos elementos (Figura 5) es posible establecer la presencia de tres zonas: PPA (1384-1386), PPB (1387-1393) y PPC (1394-1396). Las asociaciones de la zona PPA, caracterizarían a las facies torrenciales de este perfil; mientras que las facies eólicas dispuestas en la sección media y superior presentan variaciones composicionales; la sección media (PPB) se caracterizó por un marcado incremento de los fitolitos en forma de conos truncados (en especial los tipos Stae, Stcm y Stel, mientras que los Sttu y Stct muestran marcadas oscilaciones a lo largo de esta zona). Se incrementan también los fitolitos en forma de silla de montar (Figura 3d) y los halteriformes bilobados y estipoides; los fitolitos bilobados presentan un incremento en los sectores basales de la zona y, en forma complementaria con los otros dos tipos, decrecen hacia el tope de la misma mientras que se incrementan los estipoides y los de forma de silla de montar. Los fitolitos globulares decrecen también desde la base hacia el tope de la PPB.

La zona PPC muestra un cambio brusco de estas

tendencias con una menor proporción de los distintos fitolitos en forma de conos truncados, globulares y en forma de silla de montar, en contraposición con el incremento de los fitolitos halteriformes bilobados y estipoides, como así también un incremento en los morfotipos aguzados (Figura 4c), en forma de flabelos (Figura 4a), prismáticos elongados y poliédricos (Figura 4d). Esta zona es la que presenta menor variabilidad de tipos con excepción de la muestra más superficial de la misma.

#### **Perfil Alvear (Figura 6)**

Tanto el perfil Alvear como La Juanita, son dos perfiles de menor potencia, periféricos al área principal y en los dos casos se encontraron presentes las facies eólicas de la Formación Tezanos Pinto. No obstante ello, su composición fitolítica presenta marcadas diferencias entre sí, si bien en cada uno de ellos no ha permitido establecer una zonificación (Figura 6). El perfil Alvear se caracteriza por una elevada abundancia de fitolitos prismáticos elongados (Figura 4b), globulares (Figura 3b) y en forma de conos truncados, siendo estos últimos, conjuntamente con una mayor abundancia de fitolitos en forma de silla de montar (Figura 3d), halteriformes bilobados (Figura 3e) y estipoides los que caracterizan los niveles inferiores del perfil. Estos componentes decrecen en las muestras superiores, en donde se incrementan los fitolitos globulares, prismáticos elongados y poliédricos (Figura 4d). En líneas generales este perfil ha sido el que menor variabilidad presentó de todos los estudiados.

#### **Perfil La Juanita (Figura 6)**

El Perfil La Juanita presentó un mayor agrupamiento





entre las muestras basales (1178 y 1179) y las superiores (1180-1182), las cuales se diferencian (Figura 6) por la mayor abundancia de fitolitos en forma de conos truncados (tipos *Stcm* y *Stel*), halteriformes estipoides, poliédricos y prismáticos elongados, en la sección inferior. Mientras que en la superior se incrementan los elementos en forma de conos truncados (de los tipos *Stae*, *Stex* y *Sttu* (Figura 3a), los globulares y los de forma de silla de montar. Los fitolitos halteriformes bilobados (Figura 3e), si bien están representados en todo el perfil, poseen una mayor abundancia en la muestra media (1180).

### Análisis comparativo de las asociaciones fitolíticas

El estudio conjunto de las muestras se realizó mediante su análisis de correlación, en una primera instancia con la totalidad de las muestras descritas, lo cual permitió seleccionar una parte de las mismas, en especial de las facies eólicas típicas, para un análisis pormenorizado posterior. El análisis de la totalidad de las muestras graficado mediante sus tres principales componentes (Figura 7a y 7b, valores propios: 0.1449; 0.0973 y 0.0396 de la variabilidad total respectivamente) permite observar una clara diferenciación del perfil Alvear de los restantes mediante el aporte del Eje 2 al que contribuyen principalmente los morfotipos aguzados (*Acnt*), los originados en elementos de conducción (*Dpan* y *Dpsp*), halteriformes bilobados (*Ehth* y *Ehtp*), elementos cónicos (*Pipa*), poliédricos (*Sxs6*) y placas hexagonales (*Zc7*).

Por su parte el Eje 3 con el principal aporte de variabilidad establecido por los morfotipos aguzados (*Acfi*), prismáticos cortos de contorno ondulado (*Bron*), los originados en elementos de conducción (*Dpla*), halteriformes bilobados (*Ehth* y *Ehtp*), irregulares prismáticos (*Locl* y *Love*), prismáticos elongados con contorno simétricamente anguloso (*Mpan*), elementos cónicos (*Pipa* y *Pipe*), poliédricos (*Sxs3*) y fitolitos formados a partir de traqueidas cortas (*Zc6*), diferencia parcialmente a las muestras superficiales del perfil La Juanita de los restantes perfiles.

El Eje 1 agrupa las muestras de los cuatro perfiles analizados si bien diferencia de los mismos tres muestras (1343, 1347 y 1348) del PTP, las cuales ya habían sido descritas por sus asociaciones fitolíticas como discordantes para su zona (PTPA); a ello contribuyen morfotipos como fitolitos en forma de abanico (*Flco*, *Flex* y *Flhe*), irregulares prismáticos (*Locl*, *Loma* y *Love*), fitolitos globulares lisos de gran tamaño (*Mgsp*) y elementos laminares o prismáticos papilosos (*Zc10*).

Considerando estos mismos análisis mediante el conjunto de zonas, como así también la pertenencia de las muestras a distintas facies (Figura 7c-7f), se puede observar que existe cierta correspondencia entre las zonas establecidas en el análisis particular de cada perfil, si bien al considerarse las facies de origen de las muestras se evidencia

mayor vinculación de las mismas. El grupo de muestras PTPA, que se corresponden con las facies palustres de este perfil, se separa de las facies eólicas, las cuales se encuentran centralizadas principalmente en los perfiles PP y PTP. En ambos casos entre ellas se diferencian las facies torrenciales y las endurecidas o cementadas respectivamente, como así también, el conjunto de muestras del PTP (1343, 1347 y 1348) de composición particular, por una parte y los perfiles PLJ y PA, por otra.

Con la finalidad de poner a prueba la vinculación de las asociaciones fitolíticas de las facies eólicas, se creó una segunda matriz básica de datos con la eliminación de las muestras de las facies palustres, torrenciales y las endurecidas, como así también las muestras del PTP (1343, 1347 y 1348) de composición particular y las del PA (Figura 8, valores propios: 0.1134; 0.0584 y 0.0447 de la variabilidad total respectivamente). El resultado de este análisis de correspondencia pormenorizado permitió comprobar la correlación de las muestras superiores de los tres perfiles (las muestras superiores propiamente dichas (1350, 1349, 1182, 1181, 1180, 1179, 1178 y 1396) y las muestras intermedias del perfil PTP (1344, 1345 y 1346) en dos grupos separados) mediante el aporte del Eje 2 y la diferenciación de las muestras intermedias del perfil PP e inferiores del perfil PTP (1395, 1394, 1342, 1341, 1340, 1339 y 1338) y muestras inferiores del perfil PP (1393, 1392, 1391, 1390, 1389, 1388 y 1387). A este Eje contribuyen en forma mayoritaria los morfotipos aguzados (*Acmd*), prismáticos cortos de contorno ondulado (*Bron*), halteriformes bilobados (*Ehtp*), irregulares prismáticos (*Locl* y *Love*), fitolitos lobados (*Los1*), poliédricos (*Sxs3*) y fitolitos formados a partir de traqueidas cortas (*Zc6*).

Por otra parte el Eje 1 con el aporte de los morfotipos aguzados (*Accu*), irregulares prismáticos (*Locl* y *Love*), fitolitos globulares lisos de gran tamaño (*Mgsp*), cónicos (*Pipa*), placas hexagonales (*Zc7*) y elementos laminares o prismáticos con papilas (*Zc10*) permite diferenciar las muestras superiores (1350, 1349, 1182, 1181, 1180, 1179, 1178 y 1396) de las muestras intermedias del perfil PTP (1344, 1345 y 1346), como así también las muestras intermedias del perfil PP e inferiores del perfil PTP (1395, 1394, 1342, 1341, 1340, 1339 y 1338) de las muestras inferiores del perfil PP (1393, 1392, 1391, 1390, 1389, 1388 y 1387).

### CARACTERÍSTICAS PALEBOTÁNICAS DE LAS ASOCIACIONES

De acuerdo a estos primeros resultados obtenidos, las asociaciones fitolíticas descritas se caracterizaron por una elevada presencia de fitolitos graminoides conjuntamente con arecoides, si bien en ninguno de los casos analizados los fitolitos de palmeras (principalmente representados por los elementos globulares) se presentaron en una abundancia que superara a los demás morfotipos. No obstante ello, la proporción relativa de los elementos arecoides se presentó



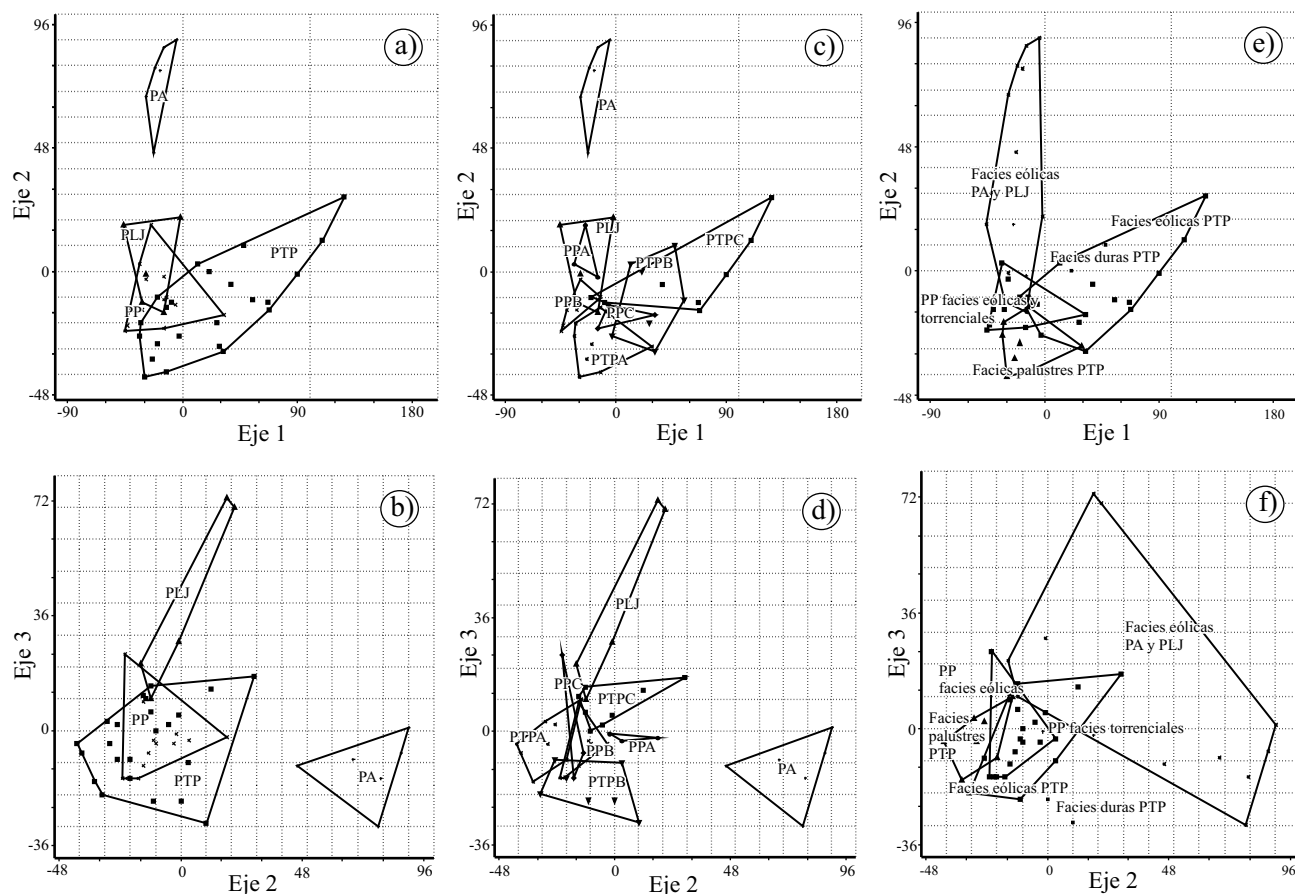


Figura 7. Análisis de correspondencia de las asociaciones fitolíticas de los cuatro perfiles analizados de acuerdo a los tres principales componentes (a y b). El mismo análisis representando las zonas establecidas en cada perfil (c y d) y las facies a que pertenecía cada muestra (e y f).

en mayor grado en los perfiles periféricos (PA y PJA) que en los centrales del área.

Por su parte los morfotipos ciperoides (Piap, Pipa, Pipe y Zc7) también se presentaron en forma más abundante en los perfiles periféricos y casi ausentes en los centrales; no así los fitolitos irregulares prismáticos con afinidad podestomoides (Loel, Loma, Lona y Love) que en baja proporción se presentaron en los cuatro perfiles. Los fitolitos lobulados de afinidad dicotiledónea (Los1) se presentaron en forma escasa y en particular en los perfiles centrales, contribuyendo a la diferenciación de las muestras de las facies eólicas.

En lo referente a los distintos tipos de fitolitos gramínoideos, la mayor representación entre los elementos diagnósticos está dada por los distintos tipos de conos truncados de afinidad danthonioide, grupo mesotérmico de gramíneas que resultó—con sus distintas variantes morfológicas—el más representativo. Acompañaron a estos una marcada presencia de elementos megatérmicos chloridoides (fitolitos en forma de silla de montar) y panicoides (fitolitos halteriformes bilobados, polilobados y en forma de cruz); los que al igual que los elementos microtéricos pooides (fitolitos redondeados, elípticos u oblongos) y los estipoides

(fitolitos halteriformes estipoides aquillados) se encontraron en la mayoría de los perfiles.

Esta asociación mesotérmica en los sectores basales de los perfiles PTP y PP se vinculó principalmente con elementos microtéricos (pooides, festucoides y estipoides) y con elementos de condiciones xéricas (chloridoides); mientras que en los sectores medios y superiores de estos perfiles estos elementos decrecen e incrementan los megatéricos de condiciones más húmedas (panicoides). Si bien en muchos casos estos elementos panicoides presentaron leves variaciones a lo largo de las secciones de cada perfil, las cuales revisten un carácter local.

## CONSIDERACIONES FINALES

Si bien, como sería de esperar en este tipo de depósitos masivos, las composiciones fitolíticas de los perfiles analizados resultaron con un alto grado de homogeneidad, un análisis pormenorizado permitió describir variaciones en muchos casos vinculadas a su distribución geográfica, como así también a las diferencias del propio material sedimentario. Los perfiles periféricos (PA y PJA) han mostrado



la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de La Plata. Este trabajo se realizó mediante la financiación de los proyectos PICT 13864-2003 y 0176-2008 del FONCYT – ANPCYT.

## REFERENCIAS

- Adams, J.M., Faure, H. (eds.) and Quaternary Environments Network (QEN) members, 1997, Review and Atlas of Palaeovegetation: Preliminary land ecosystem maps of the world since the Last Glacial Maximum. Oak Ridge National Laboratory, TN, USA. <<http://www.esd.ornl.gov/projects/qen/>>, consulta: 17 de septiembre de 2010.
- Behrensmeyer, A.K., Damuth, J.D., DiMichele, W.A., Potts, R., Sues, H.D., Wing, S.L. (eds.), 1992, Terrestrial ecosystems through time. Evolutionary Paleocology of terrestrial plants and animals: University of Chicago Press, 568 pp.
- Bertoldi de Pomar, H., 1970, Fitólitos y Zoolitos. Su significado geológico en sedimentos continentales; Boletín de la Asociación Geológica de Córdoba, 1 (1), 21-31
- Bertoldi de Pomar, H., 1971, Ensayo de clasificación morfológica de los silicofitólitos: Ameghiniana, 8(3-4), 317-328.
- Bertoldi de Pomar, H., 1980, Análisis comparativo de silicobolitos de diversos sedimentos continentales argentinos: Asociación Geológica Argentina, Revista, 35(4), 547-557.
- Bidegain, J.C., Evans, M., Van Velzen, A., 2005, A magnetoclimatological investigation of Pampean Loess, Argentina: Geophysical Journal International, 160, 55-62.
- Darwin, C., 1846, Geological observations on South America. Being the third part of the geology of the voyage of the Beagle, under the command of Capt. Fitzroy, R.N. during the years 1832 to 1836: London, Smith Elder and Co., 280 pp.
- Ehrenberg, C.G., 1854, Mikrogeologie: Leipzig, Leopold Voss, 354 pp.
- Eichhorn, B., Neumann, K., Garnier, A., 2010, Seed phytoliths in West African Commelinaceae and their potential for palaeoecological studies: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 298, 300-310.
- Erra, G., 2010a, Estudio fitolítico de la Formación Tezanos Pinto (Pleistoceno Tardío-Holoceno Temprano) en la provincia de Entre Ríos, Argentina: Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, tesis doctoral, 277 pp.
- Erra, G. 2010b, Asignación sistemática y paleocomunidades inferidas a partir del estudio fitolítico de sedimentos cuaternarios de Entre Ríos, Argentina: Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 45(3-4), 309-319.
- Erra, G., 2011, Criterios metodológicos para el estudio y clasificación de fitólitos cuaternarios: Revista Historia Natural, Tercera serie. 1, 45-62.
- Fernández-Honaine, M., Zucol, A.F., Osterrieth, M.L., 2009, Phytolith analysis of Cyperaceae from the Pampean region, Argentina: Australian Journal of Botany, 57, 512-523.
- Fredlund, G.G., Tieszen, L.T., 1994, Modern phytolith assemblages from North American Great Plains: Journal of Biogeography, 21, 321-335.
- Frenguelli, J. 1930, Partículas de sílice organizadas en el loess y en limos pampeanos. Células silíceas de Gramíneas: Anales de la Sociedad Científica de Santa Fé, 2, 64-109.
- Grimm, E.C. 1991, TILIA Software: Springfield, IL, USA, Illinois State Museum, Research and Collection Center.
- Hammer, O., Harper, D.A.T., Ryan, P.D., 2007, Past –Palaeontological Statistics, ver. 1.75, 86 pp. [versión original 2001, Palaeontología Electrónica, 4(1),1-9].
- ICPN Work Group, Madella, M., Alexandre, A., Ball, T., 2005, International Code for Phytolith Nomenclature 1.0: Annals of Botany, 96, 253-260.
- Iriondo, M., 1980, El cuaternario de Entre Ríos: Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral, 11, 125-141.
- Iriondo, M., 1997, Models of deposition of loess and loessoids in the Upper Quaternary of South America: Journal of South American Earth Sciences 10, 71-79.
- Iriondo, M., 1998, Loess in Argentina: Temperate and Tropical, Excursión Guide N° 3, Province of Entre Ríos: Internacional Union for Quaternary Research, Internacional Join Field Meeting, 12 pp.
- Iriondo, M., Kröhling, D., 1995, El Sistema Eólico Pampeano: Santa Fé, Subsecretaría de Cultura, Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales “Florentino Ameghino”, 5(1), 1-68.
- Iriondo, M., Kröhling, D., 2007, Non-Classical Types of Loess: Sedimentary Geology, 202(3), 352-368.
- Iriondo, M., Kröhling, D., 2009, From Buenos Aires to Santa Fe – Darwin’s observations and modern knowledge: Revista de la Asociación Geológica Argentina, Special volumen, Darwin’s Geological Research in Argentina, 64 (1), 109 - 123.
- Kemp, R.A., Toms, P.S., King, M., Kröhling, D., 2004, The pedosedimentary evolution and chronology of Tortugas, a Late Quaternary type-site of the northern Pampa, Argentina: Quaternary International, 114, 101-112.
- Kemp, R.A., Zárate, M., Toms, P., King, M., Sanabria, J., Arguello, G., 2006, Late Quaternary paleosols, stratigraphy and landscape evolution in the Northern Pampas, Argentina: Quaternary Research, 66, 119-132.
- Kondo, R., Childs, C., Atkinson, I., 1994, Opal phytoliths of New Zealand: Maanaki Whenua Press, 85 pp.
- Kröhling, D., 1999, Sedimentological maps of the typical loessic units in North Pampa, Argentina: Quaternary International, 62, 49-55.
- Kröhling, D., 2001, Quaternary paleosol – loessic sequences of southwestern Entre Ríos Province, Northern Pampa, Argentina, en VI International Symposium and Field Workshop on Paleopedology, Abstracts, Montecillo, Mexico: International Commission on Paleopedology, International Union of Quaternary Research (INQUA), International Union of Soil Sciences (IUSS), 27-28.
- Kröhling, D., Iriondo, M., 2003, El loess de la Pampa Norte en el Bloque de San Guillermo: Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología, 10(2) 137-150.
- Kröhling, D., Orfeo, O., 2002, Sedimentología de unidades loésicas (Pleistoceno Tardío-Holoceno) del centro-sur de Santa Fe: Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología (AAS), 9(2), 135-154.
- Kröhling, D., Passeggi, E., Zucol, A., Aguirre, M., Miquel, S., Brea, M., 2006, Sedimentología y biostratigrafía del loess pampeano del Pleistoceno tardío (Formación Tezanos Pinto) en el SO de Entre Ríos, en IV Congreso Latinoamericano de Sedimentología y XI Reunión Arg. de Sedimentología (AAS), Abstracts, San Carlos de Bariloche, p. 127.
- Kröhling, D., Passeggi E., Zucol A., Erra G., Aguirre M., Miquel S., González A., Brea, M., 2010, Multidisciplinary analysis of the last glacial loess at the NE of the Pampean aeolian system (abstract), en 18<sup>th</sup> International Sedimentological Congress: Mendoza, Argentina, volume 518.
- Kukla, G., 1975, Loess stratigraphy in Central Europe, en Butzer, K.W., Isaac, G.L. (eds.), After the Australopithecines: The Hague, Mouton, 99-188.
- Kukla, G., 1989, Loess stratigraphy in Central China: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 72:203-225.
- Patterer, N.I., Passeggi E., Zucol, A.F., 2011, Análisis fitolíticos de suelos del sudoeste de la Provincia de Entre Ríos (Argentina) como una herramienta para comprender sus procesos pedológicos: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas 28(1), 132-146.
- Pye, K. 1987, Aeolian Dust and Dust Deposits: Academic Press, 334 pp.
- Ray, N., Adams, J.M., 2001, A GIS-based Vegetation Map of the World at the Last Glacial Maximum (25,000-15,000 BP): Internet Archaeology, 11, <[http://intarch.ac.uk/journal/issue11/rayadams\\_toc.html](http://intarch.ac.uk/journal/issue11/rayadams_toc.html)>, consulta: 15 de octubre de 2010.
- Retallack, G.J., 1982, Paleopedological perspectives on the development of grasslands during the Tertiary, en 3<sup>th</sup> North American Paleontological Convention, Proceedings, 2, 417-421.
- Ruhe, V., 1975, Wind and eolian landscapes. Geomorphology — Geomorphic Processes and Surficial Geology: Boston, Houghton

- Mifflin Company, 149-166.
- Spalletti, L.A., 1992, El loess y el problema de la identificación de las loessitas: Extracto de la Revista del Museo de La Plata (nueva serie), Sección Geología, tomo 11, 45-56.
- Tecchi, R.A., 1983a, Contenido de silicofitolitos en suelos del sector sudoriental de la Pampa Ondulada: *Ciencia del Suelo*, 1(1): 75-82.
- Tecchi, R.A., 1983b, Distribución de silicofitolitos en dos perfiles de suelos de la Pampa Ondulada: *Ciencia del Suelo* 1(2), 93-95.
- Teruggi, M., 1955, Algunas observaciones microscópicas sobre vidrio volcánico y ópalo organógeno en sedimentos pampianos: Universidad Nacional de Eva Perón, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Notas del Museo, 18, Serie Geología, 66, 17 - 26.
- Teruggi, M.E., 1957, The nature and origin of Argentine loess: *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, 322-332.
- Tonni, E.P., Nabel, P., Cione, A.L., Etchichury, M., Tófaló, R., Scillato Yané, G., San Cristóbal, J., Carlini, A., Vargas, D., 1999, The Ensenada and Buenos Aires formations (Pleistocene) in a quarry near La Plata, Argentina: *Journal of South American Earth Sciences*, 12, 273-291.
- Twiss, P.C., 1992, Predicted world distribution of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> grass phytoliths, *en* Rapp, G. Jr, Mulholland, S.C. (eds.), *Phytoliths Systematics. Emerging Issues: Advances in Archaeological and Museum Science*, 1, 113-128.
- Walanus, A., Nalepka, D., 1999, POLPAL. Program for counting pollen grains, diagrams plotting and numerical analysis: *Acta Palaeobotanica (Suppl.)*, 2, 659-661.
- Wu, Z., Gao, F. 1985. The formation of loess in China, *en* Liu, T. (ed.): *Quaternary Geology and Environment of China: Beijing, China, Science Press*, 137-138.
- Zárate, M., 2003, Loess of southern South America: *Quaternary Science Reviews*, 22, 1987-2006.
- Zárate, M., 2007, South American Loess record: Elsevier, *Encyclopedia of Quaternary Science*, 1466-1479.
- Zucol, A.F., Brea, M., Passeggi, E., 2008, Los Estudios Fitólíticos en América del Sur, una Visión Retrospectiva, *en* Korstanje A., Babot, P. (eds.), *Matices Interdisciplinarios en Estudios Fitólíticos y de otros Microfósiles: BAR International Series S1870*, 3-21.
- Zucol, A.F., Brea, M., Bellosi, E., 2010a, Phytoliths studies in Gran Barranca (central Patagonia, Argentina): the middle-late Eocene, *en* Madden R.H., Carlini A.A., Vucetich M.G., Kay, R.F. (eds.), *The Paleontology of Gran Barranca. Evolution and environmental changes through the Middle Cenozoic of Patagonia: Cambridge University Press*, 317-340.
- Zucol, A.F., Passeggi E., Brea M., Patterer N.I., Fernández Pepi M.G., Colobig M. de los M., 2010b, Phytolith analyses for the Potrok Aike Lake Drilling Project: Sample treatment protocols for the PASADO Microfossil Manual, *en* Corbella, H., Maidana, N. I. (eds.), 1ª Reunión Internodos del Proyecto Interdisciplinario Patagonia Austral y 1º Workshop Argentino del Proyecto Potrok Aike Maar Lake Sediment Archive Drilling Project, Programas y Resúmenes, Buenos Aires, 7 y 8 de octubre de 2010: Buenos Aires, Argentina, Proyecto Editorial PIPA 81-84.

Manuscrito recibido: Enero 7, 2011

Manuscrito corregido recibido: Mayo 23, 2011

Manuscrito aceptado: Mayo 23, 2011