

## ANÁLISIS FITOLÍTICOS EN DEPÓSITOS DE AMBIENTES FLUVIALES DEL RÍO PARANÁ EN SU SECCIÓN MEDIA (ENTRE RÍOS, ARGENTINA)

NOELIA ISABEL PATTNER<sup>1,2\*</sup>, CARLOS ADRIÁN GONZÁLEZ<sup>1,2</sup>, ESTEBAN PASSEGGI<sup>1,2</sup> y ALEJANDRO FABIÁN ZUCOL<sup>1,2</sup>

**Summary:** Phytolith analysis in fluvial deposits of ambientes of the middle reach Parana river (Entre Ríos, Argentina). This paper defines the phytoliths composition from different environments of the insular region southernmost Middle Paraná River, establishing fluvio-sedimentary and floristic characteristics, of the plant-substrate associations. The Middle Paraná, moves through a floodplain. The phytolith analysis have proved a valuable contribution to understanding the type of environment, both for the study of bottom deposits as well as such as island environments. Six stations were established: "albardón joven", "albardón intermedio", "albardón viejo", "media loma", "pajonal" and "bajo". The processing was performed using the technique of Laboriau (1980) for plant samples and followed the protocol processing Zucol *et al.* (2010) for clastic samples. Phytolith analysis proved a useful tool, because we could make significant differences in the various units of study, clearly differing from existing components and their contribution to the substrate, as well as those elements that have characterized these environments in the past recent.

**Key words:** Phytolith analysis, Middle Paraná River, Predelta National Park, Entre Ríos province.

**Resumen:** El presente trabajo define la composición fitolítica de distintos ambientes insulares de la región más austral del Paraná medio, estableciendo características florísticas y fluviosedimentarias del sistema planta-sustrato. El Paraná medio, se desplaza por una llanura aluvial (faja inundable compleja y de gran tamaño). Los análisis de fitolitos han mostrado ser una valiosa contribución para comprender el tipo de ambiente en que se desarrollaron los depósitos fluviales recientes, tanto para el estudio de los depósitos de fondo, como de los ambientes insulares vinculados. Se establecieron 6 estaciones, denominadas: Albardón viejo, Albardón intermedio, Albardón joven, Media loma, Pajonal y Bajo. El procesamiento se realizó mediante la técnica de Laboriau (1983) para las muestras vegetales y se siguió el protocolo de procesamiento de Zucol *et al.* (2010), para las muestras clásticas. El análisis fitolítico resultó ser una herramienta útil, ya que nos permitió marcar diferencias significativas en las diferentes unidades de estudio, caracterizando de forma clara los componentes actuales y su contribución al sustrato, como así también, aquellos elementos que han distinguido estos ambientes en tiempos pasados recientes.

**Palabras clave:** Análisis fitolíticos, Río Paraná medio, Parque Nacional Predelta, Provincia de Entre Ríos.

### INTRODUCCIÓN

El río Paraná es el componente más importante del sistema fluvial del Río de La Plata. El tramo correspondiente al Paraná medio, se desplaza por una llanura aluvial (faja inundable compleja y de

gran tamaño, Iriondo, 1988), desde la confluencia del Paraná-Paraguay hasta el ápice del delta, localizado algo al sur de Rosario (Paoli & Schreider, 2000). Ésta planicie aluvial, cuyo sistema de canales de río, lagunas poco profundas, islas y humedales, sigue siendo básicamente inalterado y desocupado por el hombre (Iriondo *et al.*, 2007).

Los análisis de fitolitos han mostrado ser una valiosa contribución para comprender el tipo de ambiente en que se desarrollaron los depósitos fluviales recientes, tanto para el estudio de los depósitos de fondo, como de los ambientes insulares vinculados (Bertoldi de Pomar, H. 1970, 1971,

<sup>1</sup>Laboratorio de Paleobotánica, Centro de Investigaciones Científicas (CICYTTP-CONICET), Dr. Matteri y España (E3105BWA) Diamante, Entre Ríos, Argentina.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad Autónoma de Entre Ríos, Argentina.

\*noepatt1@hotmail.com

1972, 1974, 1975, 1976, 1980 y 1983; Bertoldi de Pomar, H. & Tur, N., 1970). Los silicofitolitos son partículas de sílice amorfo hidratado ( $\text{Si}_2\text{nH}_2\text{O}$ ) que se forman en los espacios intracelulares o extracelulares de las plantas por el proceso de biomineralización; luego de la absorción de sílice en estado soluble de aguas subterráneas (Piperno, 1988), ésta se moviliza a distintos sectores de la planta en donde se produce su precipitación y se aloja generalmente por el resto de la vida del organismo, para luego ser liberado al medio tras la muerte y descomposición del tejido en donde se encontraba. Estos cuerpos se incorporan en los depósitos y de acuerdo al tipo de ambiente pueden poseer un carácter local o extra local (Zucol *et al.*, 2005).

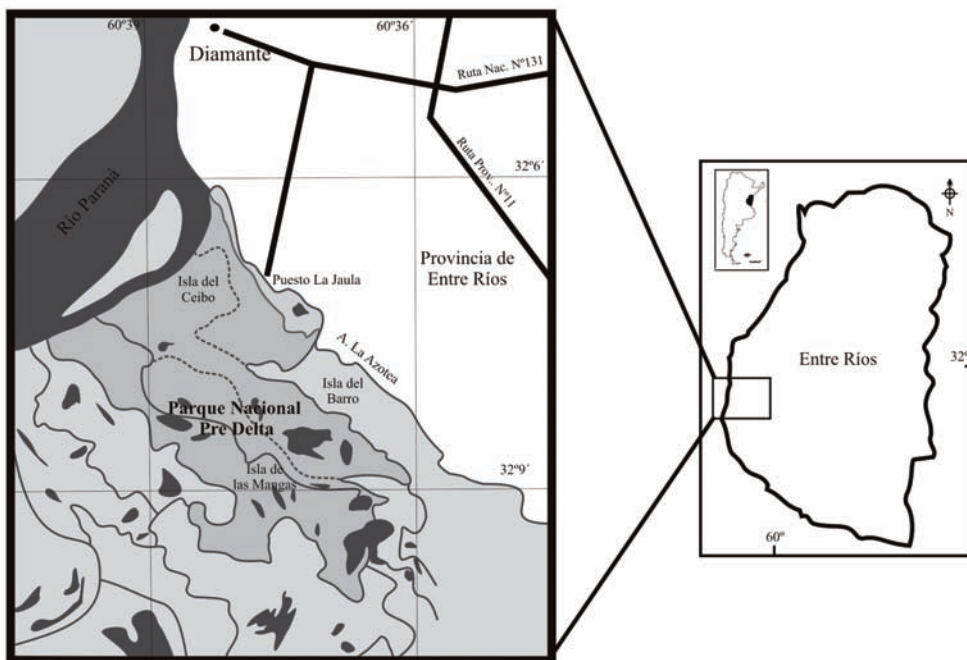
De esta forma, se hace necesario establecer la producción fitolítica de las comunidades actuales, con la finalidad de compararlas con las asociaciones fitolíticas de depósitos antiguos. Esta contribución busca definir la composición fitolítica de las comunidades vegetales de distintos ambientes insulares de la región más austral del Paraná medio, mediante el estudio del aporte vegetal al sustrato y su comparación con los

depósitos recientes, estableciendo características florísticas y fluviosedimentarias del sistema planta-sustrato de estos ambientes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El área se corresponde con un ecosistema de llanura de inundación. Este sistema geomorfológico e hidrológicamente dinámico, presenta ambientes lóticos y lénticos permanentes, asociados a áreas de transición (Junk *et al.*, 1989). Los suelos son de origen principalmente fluvial, de texturas limo-arcillosas o arenosas (de grano medio a fino), presentando escasa estructuración y desarrollo en sus perfiles. Si bien existe gran variación, esta puede sintetizarse en dos gradientes principales: a) uno del tipo geomorfológico, donde la diferencia de altura entre albardón y bajo establece la diferencia entre tipos de suelos (sobre todo la aparición de suelos hidromorfos), y b) un segundo tipo vinculado a la energía relativa del agua, que se interpreta como “distancia al cauce principal” (*sensu* Passeggi, 2000).



**Fig.1.** Mapa de localización del área de estudio “Parque Nacional Predelta”, Localidad de Diamante, Entre Ríos, Argentina.

El patrón hidrológico que presenta esta llanura de inundación en el Paraná Medio corresponde a un cauce típicamente anastomosado y se caracteriza por la presencia de sucesivas divisiones y confluencia de la corriente (Passeggi, 2000). La llanura aluvial del mismo, tiene 600 km de longitud desde la confluencia Paraná-Paraguay hasta el Delta del Paraná (Paoli *et al.*, 2000). El área de estudio pertenece a la unidad geomorfológica "llanura de bancos" (Iriando, 1972), la cual debe su formación al sucesivo adosamiento de bancos de cauce, formados por procesos de acreción lateral del cauce del río Paraná. Este evento determina la construcción de una sucesión de toposecuencias naturales, conformadas por albardón-pajonal-bajo, cuya antigüedad, se incrementa con su distancia al cauce principal. Posteriormente a su formación, estas geoformas quedan sujetas a los aportes sedimentarios producidos por los periódicos eventos de inundación (depósitos de acreción vertical), en función de la distancia y la altura con respecto al cauce principal que determinan, en definitiva, el grado de aislamiento con el mismo (Paoli *et al.*, 2000).

El área elegida para el este trabajo es el Parque Nacional Predelta (32°03'43''S; 60° 38'39''O) (Fig. 1), el cual comprende una zona de islas en el extremo norte del Delta del río Paraná, situado a 4 km al Sur de la ciudad de Diamante (Provincia de Entre Ríos, Argentina), que comprende un área insular de 2.458 ha, más un pequeño sector de ambientes de barranca del río, con variedad de ambientes y comunidades (Malvarez *et al.*, 1992; Aceñolaza *et al.*, 1999), los cuales para este caso pueden vincularse en forma general y de acuerdo a sus características geomorfológicas como:

**Albardón:** unidad constituida por un albardón alto de considerable desarrollo formado por los elementos fluviales de mayor envergadura. Resultan las áreas más elevadas del Parque, aunque las evidencias señalan que las aguas las cubren hasta una altura de más de un metro durante las máximas crecientes (Malvarez *et al.*, 1992). Dependiendo de la antigüedad de las geoformas y de la vegetación dominante y característica podemos encontrar en el área, albardones jóvenes, intermedios y viejos.

**Media Loma - Pajonal:** áreas extensas, en donde los gradientes de reemplazo de los distintos grupos de especies son amplios y más evidentes que en las otras unidades (Malvarez *et al.*, 1992). Ocupan los sectores inmediatos a lo albardones en oposición al cauce principal y con una zona ecotonal hacia el centro

deprimido del cuerpo insular en donde comparte especies con el bajo.

**Bajo:** sector más bajo del cuerpo insular, con la presencia de agua en superficie en gran parte del año y vegetación que de acuerdo al desarrollo de este cuerpo de agua, se puede presentar formando zonificaciones que responden a la presencia de aguas permanentes, ocasionales y esporádicas; con un gradiente altitudinal de escasa altura. En algunos casos, dependiendo del sector insular, el desarrollo de un bosque pobre en altura y cobertura, sobre los sectores de mayor altura, se hacen más dispersos y abundan los ejemplares muertos cubiertos por enredaderas (Malvarez *et al.*, 1992).

Desde el punto de vista biogeográfico el área del Parque Nacional Pre-Delta, se encuentra en la Provincia Paranense (Dominio Amazónico) (*sensu* Cabrera & Willink, 1973; Cabrera, 1994) con un gran desarrollo de las comunidades de selvas marginales.

Mientras que para Morrone (2001) el área se ubica dentro de la Provincia del Bosque Paranaense, que se distribuye al sudeste del Brasil, noreste de la Argentina y este de Paraguay.

Las características climáticas del área la ubican dentro de un clima templado/cálido-húmedo, las temperaturas medias anuales se encuentran cercanas a los 19° C. El régimen pluviométrico es de 900 mm, con precipitaciones que se registran principalmente en los periodos de octubre a abril (73%). El patrón hidrológico se corresponde con un régimen pulsátil anual de inundación, con una época de estiaje (bajante) que se produce en agosto-septiembre, mientras que el pulso de inundación suele darse sobre fines del verano principios del otoño (Aceñolaza *et al.*, 2004).

Del total del área, se establecieron 6 estaciones denominadas: Albardón viejo, Albardón intermedio, Albardón joven, Media loma, Pajonal y Bajo. Donde se realizaron 6 perfiles en total, uno por cada estación, que fueron muestreados de acuerdo a la siguiente metodología, se tomó una muestra superficial, es decir el mantillo u hojarasca, la cual se diferenció en hojarasca superficial y la muestra de sedimento de reciente incorporación, esta última obtenida por medio de la técnica de flotado, seguida de 3 muestras inferiores cada 5 cm de espesor, hasta llegar a los 15 cm de profundidad, obteniendo de esta manera cuatro muestras por sitio. Para la extracción de material silíceo del mantillo, se utilizó la técnica de calcinación de Labouriau (1983), basada en la incineración de tejidos vegetales a altas temperaturas dentro de un

rango adecuado para reducir el tejido orgánico a cenizas, dejando así su contenido biomineral.

El sedimento se procesó de acuerdo al protocolo de procesamiento descrito por Zucol *et al* (2010), para ello se tomó entre 15 - 20 gr de muestra y se realizó su limpieza eliminando los distintos compuestos (sales solubles, materia orgánica y carbonatos) que puedan provocar la aglomeración de material silíceo e imposibilite su correcta observación, la separación granométrica se realizó por tamizado para el material grueso y por pipeteado para el material fino, de esta manera se obtuvieron tres fracciones: gruesa (> 250 µm); media (53-250 µm) y fina (8-53 µm). Con las fracciones de 8 a 250 µm, se realizó una separación densimétrica con politungstato de sodio como líquido pesado (dens. 2,3). Con el material flotado se obtuvieron preparados microscópicos que

se realizaron con aceite de inmersión y Bálsamo de Canadá, como medio de montaje.

Fueron contados de 400 a 500 fitolitos por muestra usando microscopio Nikon Eclipse E200, las fotografías fueron tomadas con una cámara digital Nikon Coolpix S4.

Los fitolitos no articulados fueron definidos usando una clasificación basada en la propuesta de Patterer *et al.* (2011), basada en las propuestas de Twiss *et al.* (1969), Bertoldi de Pomar (1971), Mulholland, (1989), Twiss (1992), Kondo *et al.* (1994), Fredlund y Tieszen (1994) y Zucol (1996) y siguiendo las normativas y descriptores propuestos por el ICPNWG (2005) (Fig.2). Para el resto de material silíceo por ejemplo, fitolitos articulados, se detallaron los elementos celulares y/o tisulares que los componían de acuerdo a Zucol (1995, 1996).

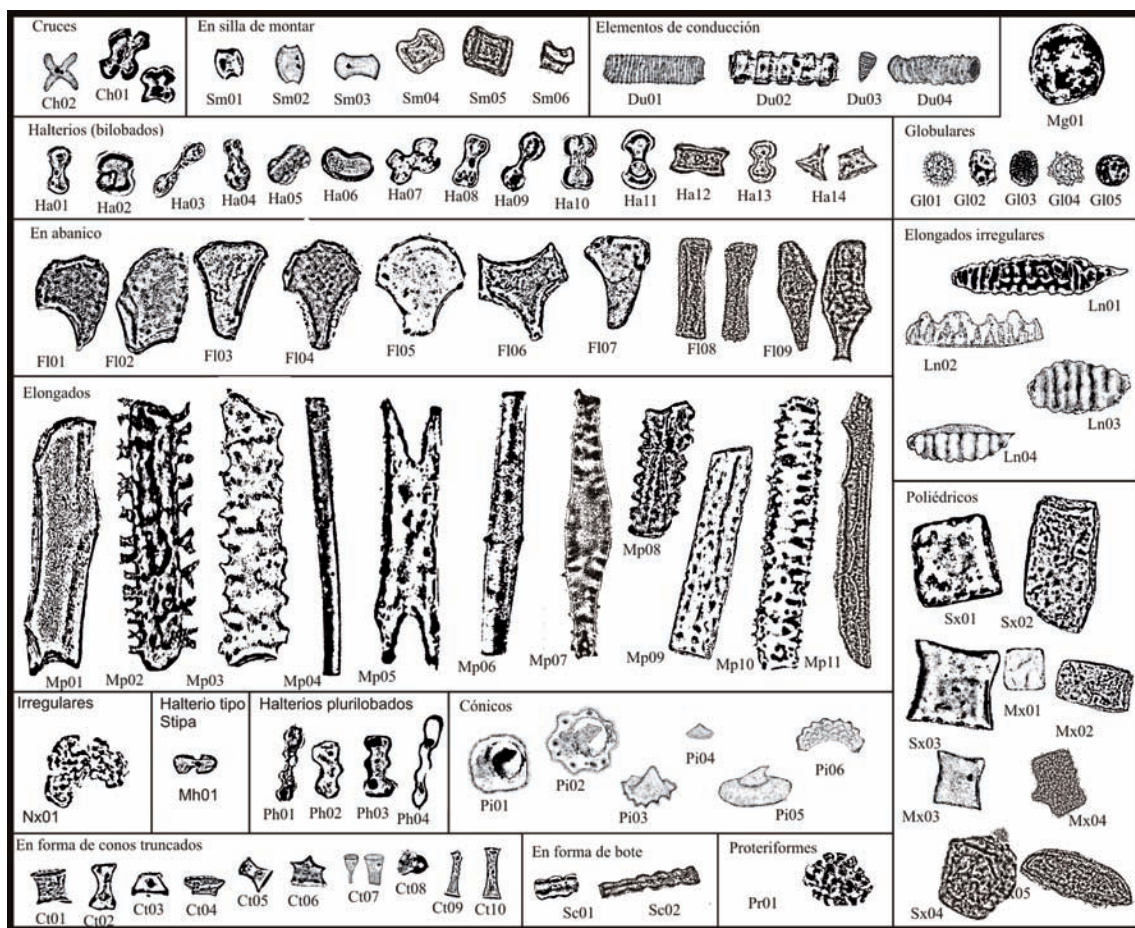


Fig. 2. Clasificación de los morfotipos fitolíticos y acrónimos utilizados para su identificación e ilustración en las distintas figuras (modificado de Patterer *et al.*, 2011).

Para el caso de biolitos como espículas de espongiarios, estomatocístes de crisostomatáceas, diatomeas y otros restos como granos de polen, fueron observados pero no cuantificados.

Con la información de los recuentos se creó una matriz básica de datos, obteniendo el porcentaje de frecuencia relativa de cada morfotipo fitolítico, realizando con estos valores, gráficos de barras. Mientras que para los análisis multivariados se utilizó el programa PAST, *PAleontological STATistics* (Hammer *et al.*, 2001).

## RESULTADOS

### Albardones

#### *Vegetación característica*

Los albardones están dominados por bosques de curupí (*Sapium haematospermum* Müll. Arg.), asociados frecuentemente con seibo (*Erythrina cristagalli* L.) y esporádicamente timbó (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong), como así también cardas (*Eryngium* L.).

Puede observarse algunos sectores de los albardones caracterizados por la presencia de timbó blanco o timbosillo (*Albizia inundata* (Mart.) Barneby & J.W.Grimes) y ambientes de media loma con bosques bajos de espinillo (*Acacia caven* (Molina) Molina). Desde el punto de vista de la posición topográfica que ocupan y su fisonomía, estos albardones y medias lomas son ambientes bien diferenciables entre sí.

### Albardón viejo

#### *Asociación fitolítica*

Las asociaciones fitolíticas del mantillo u hojarasca superficial, presenta escaso material silíceo, los fitolitos son principalmente articulados (Fig. 3 A, B, C), entre ellos se pudo observar elementos buliformes (flabelos y poliédricos), pelos silicificados, células epidérmicas (Fig. 3 A) y subepidérmicas, elementos tipo piezas de rompecabezas (Fig. 3 S) y aquellos originados en tejidos de conducción, junto a la abundante presencia de diatomeas. Dentro de los fitolitos aislados, se observaron flabelos tipo F104, de manera muy frecuente, así como elongados del tipo Mp09. Dentro de los fitolitos de menor tamaño se presentaron de manera muy frecuente elementos bilobados (Fig. 3 D-I), tales como Ha01, Ha02 y Ha07, proteriformes (Pr01) (Fig. 3 W, X), conos truncados (Ct03) (Fig. 3

J-N) y en forma de bote (Sc01).

En el sedimento, la asociación fitolítica de la muestra clástica, presentó abundantes fitolitos en forma de flabelo (F103 y F104), elongados (Mp09) y poliédricos (Sx03), entre los fitolitos más pequeños se encontraron definiendo la asociación, fitolitos fusiformes (Ln03), en forma de cono truncado (Ct03) y proteriformes (Pr01).

En lo que respecta a los primeros 10 cm de suelo, la asociación fitolítica se ve conformada por elementos fusiformes como Ln03 y proteriformes del tipo Pr01, muy frecuentes, mientras que los elementos elongados (Mp08 y Mp09), poliédricos (Sx01, Sx02 y Sx03) y en forma de flabelos (F103 y F104), se presentaron de manera frecuente. En los 5 cm inferiores, se observaron con mayor frecuencia, elementos en forma de silla colapsada (Sm06), conos truncados (Ct03) y globulares (Gl04) (Fig. 3 Q, R) junto a fitolitos bilobados tipo Ha01, Los fitolitos proteriformes (Pr01), se observaron con mayor frecuencia.

En lo que respecta a la presencia de biolitos, las espículas de espongiarios y diatomeas se observaron de forma abundante, en la totalidad de las muestras.

### Albardón intermedio

#### *Asociación fitolítica*

En el mantillo, la asociación fitolítica se caracteriza por la presencia de morfotipos elongados cortos (Mi01), largos (Mp01 y Mp09), elementos de conducción biomineralizados (Du02) y en forma de abanico (F104); dentro de los morfotipos de mayor tamaño. Del grupo de los fitolitos de menor tamaño, la asociación se caracteriza por la presencia de conos truncados (Ct03 y Ct05), bilobados tipo Ha07 y frecuente es la presencia de fitolitos de forma cónica (Pi01). Se observó la presencia de células epidérmicas de dicotiledóneas (tipo *puzzle*), granos de polen y espículas de espongiarios. En la fracción clástica de la misma muestra, los fitolitos más frecuentes fueron Ch01 (en forma de cruz) y Sm01 (en forma de silla de montar), Ha07 (bilobado), Ct03 (en forma de cono truncado) y Pr01 (proteriforme).

En los primeros 5 cm, las asociaciones fitolíticas se caracterizan por la presencia de elementos elongados (Mp01, Mp08 y Mp09), en forma de flabelo (F104), poliédricos (Mx02 y Mx03) y bilobados (Ha07) como las formas más abundantes y constantes dentro de la asociación. Menos frecuentes se presentaron fitolitos en forma de cruz (Ch01), conos truncados (Ct03) y globulares (Gl04). En los

10 cm inferiores, la asociación presentó de manera constante elementos bilobados (Ha01, Ha02 y Ha07), en forma de cono truncado (Ct03), de cruz (Ch01), se observaron elementos fusiformes (Ln03) (Fig. 3 U) abundantes, como así también la presencia de fitolitos en forma de bote largo (Sc02) y sillas de montar colapsadas (Sm06) (Fig. 3 Ñ-P).

En todas las muestras se observaron espículas de espongiarios, fitolitos articulados y pelos silicificados, así como restos de tejido celular epidérmico.

### **Albardón joven**

#### ***Asociación fitolítica***

El mantillo se caracterizó por la presencia casi exclusiva de elementos articulados tanto de células cortas como de células largas, principalmente elementos bilobados, a los cuales acompañan fitolitos en forma de cruz. En la muestra clástica, la asociación se caracteriza por la presencia de fitolitos bilobados (Ha01 y Ha07) y conos truncados del tipo Ct03. En los primeros 5 cm de suelo, la asociación fitolítica se mostró sin cambios significativos con respecto a la muestra superior. En los restantes 10 cm inferiores del perfil, la asociación se caracterizó por la presencia de conos truncados (Ct03), bilobados (Ha01, Ha02 y Ha07) y fusiformes (Ln03), acompañados de flabelos (Fl04) elongados (Mp08 y Mp09) y poliédricos (Sx01, Sx02 y Sx03), los elementos globulares (Gl04) y en forma de silla colapsada (Sm06) (Fig. 3 Ñ-P) se presentaron de manera escasa.

Las espículas de esponjas estuvieron presentes en el total de las muestras analizadas.

### **Pajonal**

#### ***Vegetación característica***

Las situaciones de interface entre los bosques y los bajos, se caracterizan por la presencia de la paja de techar (*Panicum prionitis* Nees) de gran porte mientras que en el estrato inferior a este pajonal se extiende un tapiz vegetal de especies donde se destacan por su abundancia *Eleocharis viridans* Kük. ex Osten y *Cynodon dactylon* (L.) Pers., como así también la presencia de arbustos como, *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. y *Solanum glaucophyllum* Desf., los cuales también se extienden hacia bajos anegados.

La presencia llamativa de árboles como el aliso (*Tessaria integrifolia* Ruiz & Pav.) y el sauce (*Salix humboldtiana* Willd.), está asociada a antiguas

espiras de meandro, que actualmente perduran en el paisaje pero han sido muy erosionadas.

#### ***Asociación fitolítica***

El mantillo se caracteriza por la abundancia, principalmente y de manera constante de elementos articulados, especialmente células cortas de tipo bilobadas (Ha01, Ha03 y Ha07) y en forma de cruz (Ch01), de las formas aisladas si bien de manera menos frecuente se pudo observar elementos elongados (Mp01, Mp08 y Mp09), polilobados (Ph02 y Ph03) y en forma de cono truncado (Ct03). En la fracción clástica se observaron de manera muy frecuente fitolitos forma de cruz (Ch01), silla de montar (Sm01), bilobado (Ha07), cono truncado (Ct03) y proteriforme (Pr01).

En los primeros 5 cm de suelo, las muestras presentaron un considerable incremento de fitolitos aislados y disminución de fitolitos articulados, principalmente elongados (Mp08 y Mp09), flabelos (Fl04) y poliédricos (Mx03), de los elementos pequeños, se observaron frecuentemente fitolitos bilobados (Ha07), menos abundantes se presentaron elementos proteriformes (Pr01), en forma de silla de montar colapsada (Sm06), polilobados (Ph02) y fusiformes (Ln03).

En los restantes 10 cm de profundidad se observó un incremento en los morfotipos de mayor tamaño, como la presencia de elongados (Mp09), flabelos (Fl04) y poliédricos Sx01, Sx02 y Sx03) asociados a una mayor presencia de elementos en forma de cono truncado (Ct03) y bilobados (Ha01 y Ha07).

Se observaron espículas de espongiarios, diatomeas y granos de polen de manera constante.

### **Media Loma**

#### ***Asociación fitolítica***

En este perfil, el mantillo se caracterizó por la abundancia de fitolitos articulados, principalmente de células cortas, entre ellos elementos articulados de forma tipo-*puzzle*, junto a fitolitos en forma de sombrero articulados (Fig. 3 T), de manera menos frecuente se observaron elementos bilobados aislados. La muestra clástica presentó de manera frecuente fitolitos en forma de flabelo (Fl03 y Fl04), elongados (Mp08 y Mp09), poliédricos (Sx01 y Sx02) entre los de mayor tamaño. Entre los de menor tamaño se observaron de forma frecuente, globulares (Gl04), fusiformes (Ln03), cónicos (Pi02), proteriformes (Pr01) y tipo silla de

montar colapsada (Sm06). Los primeros 5 cm de suelo, presentaron una asociación que contó con la presencia de manera frecuente de bilobados (Ha01 y Ha14) y conos truncados (Ct03).

En los 10 cm inferiores del perfil, se encuentran definiendo la asociación, los fitolitos bilobados (Ha14), así como fitolitos en forma de cono truncado (Ct03), cónicos o en forma de sombrero (Pi02) (Fig. 3 T), fusiformes (Ln03), proteriformes (Pr01) y fitolitos en forma de silla de montar colapsada (Sm06).

Elementos silicios como estomatocistes de crisotomatóceas y espículas de esponjas, se observaron de manera abundante en todas las muestras.

### Bajo

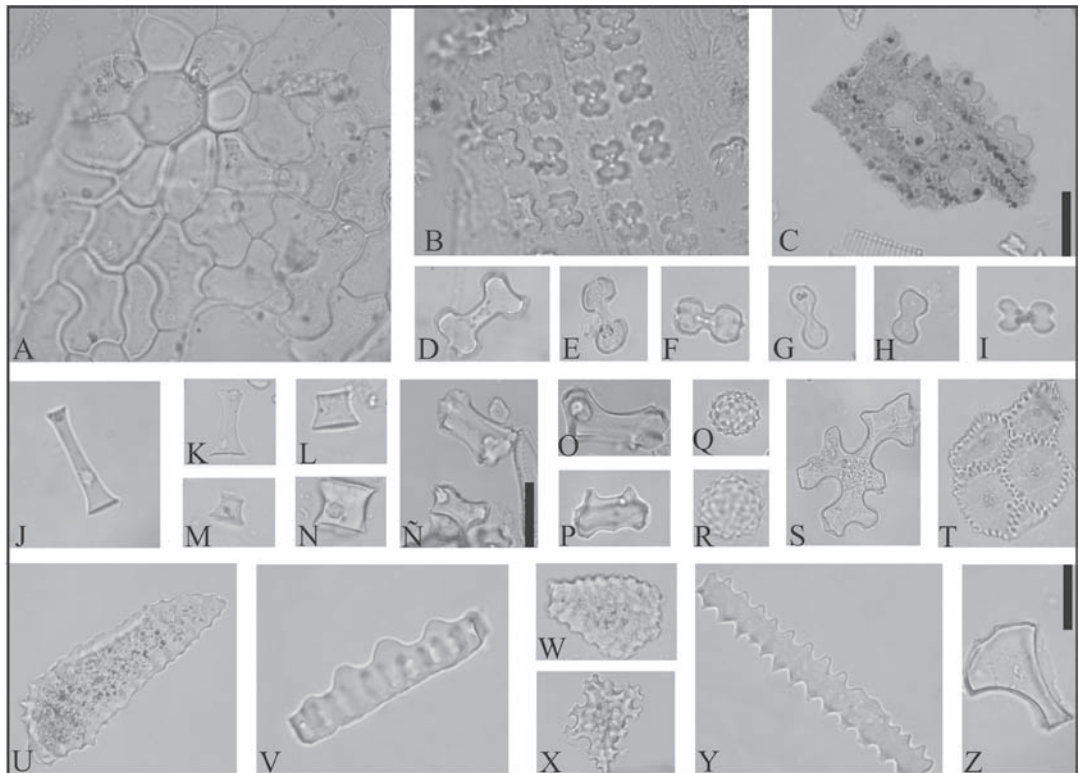
#### Vegetación característica

En el área más baja de la toposecuencia

analizada, se desarrolla un terreno saturado con agua casi en forma permanente y se caracteriza por la presencia de un tapiz vegetal continuo, con parches de especies que alternan su dominancia como *Cynodon dactylon*, *Eleocharis viridans*, *Enydra anagallis* Gardner, *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb., *Paspalum distichum* L. e *Hydrocotyle modesta* Cham. & Schldtl. entre otras (Malvarez *et al.*, 1992).

#### Asociación fitolítica

En la muestra correspondiente al mantillo, los fitolitos más abundantes son principalmente articulados originados a partir de células cortas como de células largas, entre ellos los más abundantes fueron aquellos en forma de cono truncado (Ct03 y Ct05) o bilobados de base cónica (Ha14) y polilobados (Ph02 y Ph03). En la muestra



**Fig. 3.** Fitolitos observados en las muestras. A-C: Fitolitos articulados pertenecientes a muestras de mantillo. D-Z: Fitolitos pertenecientes a muestras clásicas: D-I: bilobados (Ha). J-N: en forma de cono truncado (Ct). Ñ-P: fitolitos en forma de silla de montar colapsadas (Sm). Q y R: globulares (Gl). S: fitolitos de bordes irregulares (Nx). T: fitolito articulado compuesto por elementos cónicos (Pi). U, V y W: fitolitos fusiformes (Ln). X: fitolito proteriforme (Pr). Y: elemento elongado de borde ondulado (Mp08). Z: fitolito en forma de flabelo (Fl). Escala gráfica: 20 µm.

clásica se observó de manera frecuente elementos globulares (Gl04), en forma de cono truncado (Ct03), en forma de silla de montar colapsada (Sm06). Dentro de los fitolitos de mayor tamaño, se presentaron fitolitos fusiformes (Ln01), elongados (Mp08 (Fig. 3 I) y Mp09) y poliédricos (Sx01).

En las muestras de suelo, los primeros 10 cm, se caracterizaron por la presencia de elementos globulares (Gl04), fusiformes (Ln03), en forma de cono truncado (Ct03) y en forma de silla colapsada (Sm06), también presentes en la asociación, de forma frecuente, elongados (Mp09), en forma de flabelos (Fl04) (Fig. 3 G) y poliédricos (Sx01 y Sx02). Los últimos 5 cm del perfil se caracterizaron por la presencia de elementos bilobados (Ha01 y Ha07), globulares (Gl04), fusiformes (Ln03 y Ln04) y en forma de cono truncado (Ct03), acompañan la asociación elementos elongados (Mp08) y poliédricos (Sx01 y Sx03).

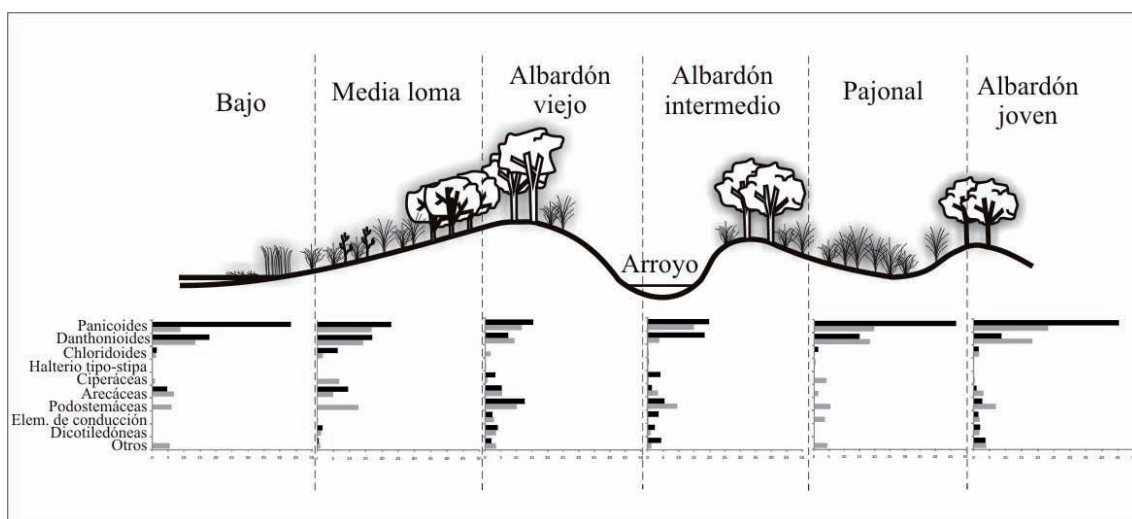
Elementos como diatomeas de diversas formas y tamaños y espículas de espongiarios, se presentaron frecuentemente.

### Consideraciones finales

En términos generales, del análisis de las asociaciones fitolíticas puede considerarse que, el material silíceo se presentó de forma muy abundante y de manera diversa. La frecuencia con

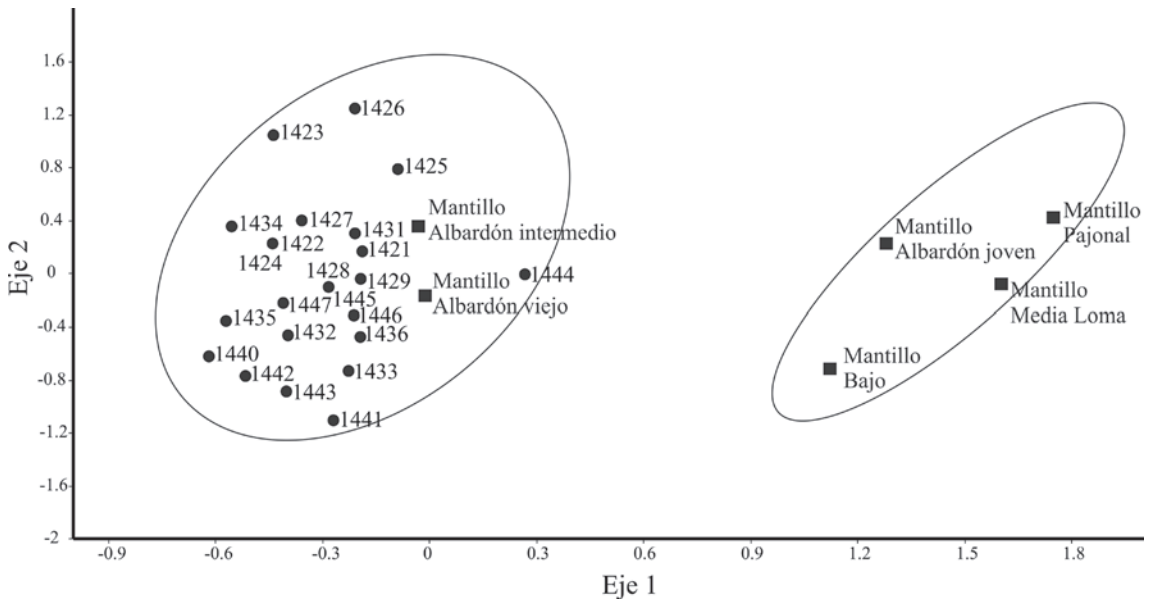
la que se presentaron los diferentes morfotipos (Fig. 4) varía en el mantillo con respecto a las muestras de suelo, por un lado la composición de la hojarasca presenta un mayor porcentaje de elementos articulados, los cuales disminuyen a medida que se profundiza en los perfiles. En cuanto a su afinidad botánica, los elementos panicoides (Fig. 3 D-I) fueron en todos los casos los más importantes, seguido por elementos de afinidad danthonioides (Fig. 3 J-N), menos frecuentes fueron los elementos chloridoides, sumados a elementos en forma de silla colapsada (Fig. 2 Ñ-P) (*Concave dum-bells*) de afinidad bambusoide (Montti *et al.*, 2009), presentes principalmente en la zona de media loma, menos frecuente en pajonal, albardón joven y bajo. Aquellos de afinidad ciperoides (Fig. 3 T) estuvieron presentes en la zona de albardones, así como los fitolitos de dicotiledóneas (Fig. 3 S).

Del análisis multivariado realizado a la totalidad de las muestras, se pudo observar (Fig. 5) una clara diferencia entre las asociaciones fitolíticas de mantillo *versus* las asociaciones fitolíticas de suelo. De esta forma el análisis presenta dos agrupamiento bien definidos, por un lado las muestras de mantillo de los albardones intermedio y viejo, con las muestras de suelos de todos los perfiles, lo cual se podría entender como resultado de la madurez de estas unidades fisionómicas, cuya composición



**Fig. 4.** Esquema de las unidades fisionómicas estudiadas y la frecuencia relativa de los diferentes fitolitos, agrupados de acuerdo a su afinidad botánica. Barra negra (frecuencia relativa de las muestras del mantillo) barra gris (frecuencia relativa de las muestras de suelo).





**Fig. 5.** Representación del análisis de correspondencia con respecto a todas las muestras estudiadas. Los círculos representan las muestras de suelo y los cuadrados las muestras de mantillo.

fitolítica, no se vería alterada de manera frecuente por la acción de las aguas de crecidas, siendo de esta forma más estables frente al resto de las unidades.

En los mantillos del albardón joven, media loma, pajonal y bajo, los elementos constituyentes, tendrían más que ver con una composición vegetal actual que caracteriza estas unidades, siendo los morfotipos articulados responsables de la separación de estas muestras frente al resto.

## DISCUSIÓN

En lo que respecta a la transecta de estudio, la génesis y la evolución geomorfológica que ha definido las características sedimentológicas de los materiales, desde su formación; y que conforman los depósitos sedimentarios de los ambientes estudiados, tenemos, por un lado, la influencia de la dinámica hidrosedimentológica del río Paraná a través del progresivo aumento, en la proporción de materiales finos, desde los perfiles cercanos a la fuente de aporte (los cursos de agua vinculados al cauce principal), hacia el interior de la llanura de bancos y la pérdida de selección de los depósitos en la misma dirección. Por otro lado,

estos materiales han sido sometidos a un proceso de selección en un ambiente de alta energía para luego ser transportados, sin que su tamaño característico sea modificado esencialmente, a otro ambiente de menor energía efectiva de selección, donde sufrieron un proceso de mezcla conformando una matriz pobremente seleccionada (Passeggi, 2000). Desde el punto de vista pedológico, la naturaleza de la fuente de procedencia de los materiales sedimentarios, manifiesta su influencia sobre las características edáficas de los suelos jóvenes asociados a estos depósitos. Los mismos revelan la ausencia de horizontes genéticos naturales o la débil expresión de horizontes incipientes. Dicha composición, no cumple los requisitos de ninguno de los horizontes de carácter diagnóstico.

La presente contribución, es el primer análisis de fitolitos para el área de estudio en lo referente a los distintos ambientes característicos de una llanura de inundación. Se cuenta solo con un antecedente en este tipo de trabajos, obtenidos en sitios arqueológicos para la presente área de estudio (Bonomo *et al.*, 2011). Los resultados pueden compararse a lo largo de la sección vertical de cada uno de los perfiles o bien en sus muestras correspondientes al mantillo, de este modo, abarcar desde los biomorfos degradados e incorporados al sustrato, como así también los

existentes en restos orgánicos no incorporados al momento de la toma de muestra.

En el mantillo y de manera casi constante, las asociaciones fitolíticas se caracterizaron por presentar elementos articulados principalmente. En la zona del albardón joven y pajonal, se observaron en general: fitolitos articulados de células cortas de tipo bilobados, en forma de cruz o tipo conos truncados. En el mantillo correspondiente a la zona de la media loma, se presentaron de manera frecuente elementos de afinidad chloridoide y en el albardón viejo, las muestras se caracterizaron por presentar elementos articulados, pero en este caso, células epidérmicas o subepidérmicas, pelos silicificados, elementos de conducción y fitolitos cónicos afines a ciperáceas.

En lo que respecta a las muestras correspondientes a los niveles de suelo, las mismas se caracterizaron por diferenciarse claramente de las muestras correspondientes al mantillo. A su vez en la mayoría de los perfiles, los primeros centímetros mostraron diferencias en cuanto a la composición fitolítica con respecto a la última sección del mismo perfil. Sin embargo, todas las muestras analizadas presentaron abundantes microrestos de naturaleza silicea como así también granos de polen y esporas. Se observaron abundantes espículas de espongiarios y diatomeas en todas las muestras, siendo bastantes raros los estomatocistes de crisostomatáceas.

En cuanto al estado de conservación de los microrestos, éstos, presentaban un marcado grado de desgaste, principalmente los fitolitos de mayor tamaño, mientras que aquellos de menor tamaño presentaron un bajo grado de desgaste. El análisis comparativo de la variabilidad y afinidad botánica de los distintos morfotipos fitolíticos hallados, mostró una marcada diferencia tanto en abundancia relativa como en morfotipos característicos de distintos grupos vegetales, siendo siempre la familia de las gramíneas, la mejor representada, con una clara presencia de componentes panicoides, principalmente en el mantillo, sobretodo en el correspondiente a la zona del pajonal, donde se encontraría de manera abundante, especies como *Panicum prionitis*. Los morfotipos de afinidad danthonioides, tuvieron una presencia constante en todo el perfil y los componentes de ciperáceas, fueron abundantes en las zonas correspondientes a los albardones. En lo que respecta a la presencia de elementos característicos de dicotiledóneas como elementos tipo *puzzle*, elementos de conducción

y pelos silicificados con su superficie espinosa, se observaron de manera abundante especialmente en la zona de albardones (principalmente albardón viejo) y la zona de media loma, lo que estaría dado por una vegetación más bien del tipo herbácea y arbórea. Los morfotipos afines a la familia de las podostemáceas, se encontraron de manera abundante en todos los perfiles analizados, principalmente en los niveles más profundos. Los mismos se encontraban inalterados en su forma, por lo que puede conjeturarse que o bien por el escaso transporte por sus forma redondeadas y el fuerte grado de silicificación, estos cuerpos no muestran el mismo deterioro ante los agentes de transportes fluviales, ya que debe tenerse en cuenta que estas plantas solo se las puede encontrar en aguas turbulentas y en la actualidad se encuentran presentes en el NEA hasta los trópicos.

## CONCLUSIONES

El análisis fitolítico resultó ser una herramienta útil, ya que ha permitido marcar diferencias significativas en las diferentes unidades de estudio. En la mayoría de los casos, se observó una zonificación marcada, donde se separan por un lado, las muestras del mantillo con una composición de materia orgánica actual o parcialmente degradada, evidenciada en el tipo de afinidad que presentaron los morfotipos, la cual coincide con la cobertura vegetal actual, y por otro lado las muestras de suelo con una composición bastante característica. En general, el análisis del mantillo brinda información acerca de la cobertura vegetal de las zonas estudiadas y la incorporación inmediata al sustrato.

La presencia de fitolitos que caracterizan a familias como las podostemáceas, plantas que no se encuentran formando parte de la cobertura vegetal actual, es de importancia en el registro obtenido, ya que su presencia, estaría indicando la consecuencia de un reemplazo vegetacional, ocurrido como resultado de cambios de estos paisajes en tiempos pasados recientes.

## AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que dirigen y coordinan el área del Parque Nacional Predelta, Diamante, Entre Ríos.

Este trabajo se realizó en el marco del proyecto PIDP – UADER 2003 Res. 553/05.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACEÑOLAZA, P., J. DE DIOS, MUÑOZ & R. ZANELLO. 1999. Flora y vegetación del Parque Nacional Pre Delta. *Reuniones de Comunicaciones de la Asociación Biológica del Litoral*. Santa Fé.
- ACEÑOLAZA, P., H. POVEDANO, A. MANZANO, J. DE DIOS, MUÑOZ, J. ARETA & A. L. RONCHI VIRGOLINI. 2004. Biodiversidad del Parque Nacional Pre-Delta. En: *Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino*, Aceñolaza, F.G. (ed.). *INSUGEO Misceláneas* 12: 169-184 p.
- BERTOLDI DE POMAR, H. 1971. Ensayo de clasificación morfológica de los silicofitolitos. *Ameghiniana* 8: 317-328.
- BERTOLDI DE POMAR, H. 1976. Métodos de preparación de sedimentos clásticos para su estudio microscópico. I. Tratamientos previos. *Asoc. Cs. Nat. Lit.* 7: 1-55.
- BERTOLDI DE POMAR, H. 1970. Fitolitos y Zoolitos. Su significado geológico en sedimentos continentales. *Bol. Asoc. Geol. Cba.* 1: 21-31.
- BERTOLDI DE POMAR, H. 1972. Ópalo Organógeno en Sedimentos Superficiales de la Llanura Santafesina. *Ameghiniana* 9: 265-279.
- BERTOLDI DE POMAR, H. 1975. Los silicofitolitos: Sinopsis de su conocimiento: *Darwiniana* 19: 173-206.
- BERTOLDI DE POMAR, H. & N. M. TUR. 1970. Células silicificadas en gramíneas acuáticas. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral* 1:17-18.
- BONOMO, M., M. M. COLOBIG, E. PASSEGGI, A. F. ZUCOL & M. BREA. 2011. Multidisciplinary studies at Cerro Tapera Vázquez site, Pre-Delta National Park, Argentina: The archaeological, sedimentological and paleobotanical evidence. *Quaternary International* 245 48-61.
- CABRERA, A. L. 1994. Regiones Fitogeográficas Argentinas: *Encicl. Arg. Agr.y.Jar.* Fascículo 1, Editorial ACME S.A.C.I., Buenos Aires, 298 pp.
- CABRERA, A. L. & A. WILLINK. 1980. Biogeografía de América latina. Monografía de la Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. Serie biología Nº 13. Washington, D.C. 123 p.
- FREDLUND, G. G. & L. T. TIESZEN. 1994. Modern phytolith assemblages from the North American Great Plains: *Journal Biogeography* 21, 321-335.
- HAMMER, Ø, D.A.T. HARPER & P. D. RYAN. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeont. Elec.*4(1), 9 pp.
- IRIONDO, M. H. 1972. Mapa geomorfológico de la llanura aluvial del Río Paraná desde Helvecia hasta San Nicolás, República Argentina. *Rev. Asoc. Geol. Arg.* 27: 155-160.
- IRIONDO, M., M. J. PARMA & J. C. PAGGI. 2007. The Middle Paraná River Limmology of a Subtropical Wetland. *Springer-Verlag*, Berlin Heidelberg, 382 pp.
- IRIONDO, M.H. 1988. A comparison between the Amazon and Paraná River Systems, In: Transport of carbon and minerals in major world rivers, lakes and estuaries (*Degens, E. et al., Eds.*), SCOPE/UNEP, Hamburg, Part 5, 77-92 pp.
- JUNK, W. J., P. BAYLEY & R. E SPARKS. 1989. The flood pulse concept in river floodplain systems. *En: Proc. of the Internat. Large River. Symp. Canad. Spec. Publ. Fish Aquatic. Sci.* Dodge, D.P. (Ed.). 101-127 pp.
- KONDO, R., C. CHILD & I. ATKINSON. 1994. Opal phytoliths of New Zealand: *Maanaki Whenua Press*, 85 pp.
- LABOURIAU, L.G. 1983. Phytolith work in Brazil: a minireview: *The Phytol. News* 2: 6-10.
- MADELLA, M., A. ALLEXANDRE & T. BALL. 2005. International Code for Phytolith Nomenclature 1.0.: *Annals of Botany* 96(2), 253-260.
- MALVAREZ, A., P. KANDUS & J. A. MERLER. 1992. Evaluación y diagnóstico del Parque Nacional “Predelta La Azotea” *Inf. Ined.* 22 pp. UBA-APN.
- MONTTI, L., M. FERNÁNDEZ HONAINÉ, M. OSTERRIETH & D., GRACIANO RIBEIRO. 2009. Phytolith analysis of Chusquea ramosissima Lindm. (Poaceae: Bambusoideae) and associated soils. *Quaternary International* 193:80-89.
- MORRONE, J. J. 2001. Biogeografía de América Latina y el Caribe. *M&T- Manuales y Tesis SEA*, vol. 3. 25-29 pp.
- MULHOLLAND, S.C. 1989. Phytolith shape frequencies in North Dakota grasses: a comparison to general patterns: *Journal Archaeology Science* 16, 489-511.
- PAOLI, C., M. IRIONDO & N. GARCIA. 2000. Características de las cuencas de aporte. En: El río Paraná en su tramo medio. Contribución al conocimiento y prácticas ingenieriles en un gran río de llanura. Paoli, C. y Schreider, M. (eds.), *Centro de publicaciones Universidad Nacional del Litoral* Tomo 1: 27-69 p.
- PAOLI, C. & M., SCHREIDER. 2000. El río Paraná en su tramo medio “Contribución al conocimiento y prácticas ingenieriles en un gran río de llanura”, *Centro de Publicaciones, Secretaria de Extensión, UNL* (Universidad Nacional del Litoral), Santa Fé, Argentina, Tomo 1, 309 pp.
- PASSEGGI, E., 2000. Caracterización sedimentológica

- del material parental de los suelos asociados a los depósitos del cauce del Tramo medio del río Paraná, Tesis Doctoral. Universidad Católica de Santa Fé, 216 pp.
- PATTERER, N. I., E. PASSEGGI & A. F. ZUCOL. 2011. Análisis fitolíticos de suelos del sudoeste de la Provincia de Entre Ríos (Argentina) como una herramienta para comprender sus procesos pedológicos. *Rev. Mex. Cs. Geol.*, v. 28, núm. 1, 2011, 132-146 p.
- PIPERNO, D. R. 1988. Phytolith analysis: an archaeological and geological perspective. San Diego. *Academic Press* 280 pp.
- TWISS, P. C. 1992. Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths, en Rapp, G. Jr, Mulholland, S.C. (eds.), *Phytoliths Systematics. Emerging Issues: Advances in Archaeological and Museum Science* 1, 113-128.
- TWISS, P. C., E. SUESS & R. M. SMITH. 1969. Morphological classification of grass phytoliths: *Soil Science of America Proceeding* 33,109-115.
- ZUCOL, A. F. 1995. Microfitolitos: II Análisis de las clasificaciones. *Ameghiniana* 32: 243-248.
- ZUCOL, A. F. 1996. Microfitolitos de las Poaceae argentinas: I. Microfitolitos foliares de algunas especies del género *Stipa* (Stipeae: Arundinoideae), de la Provincia de Entre Ríos. *Darwiniana* 34: 151-172.
- ZUCOL, A. F., M. BREA & A. SCOPEL. 2005. First record of fossil wood and phytolith assemblages of the Late Pleistocene in El Palmar National Park (Argentina). *Journal of South American Earth Sciences* 20: 33-43.
- ZUCOL, A. F., E., PASSEGGI, M., BREA, N. I., PATTERER, MA. G., FERNÁNDEZ PEPI & M. M., COLOBIG. 2010 b. Phytolith analysis for the patrok aike lake drilling proyect: sample treatment protocols for the pasado microfossil manual". En: Corbella, H. & Maidana, N. I. (Eds.). *1ª Reunión Internodos del Proyecto Interdisciplinario Patagonia Austral y 1er Workshop Argentino del Proyecto Potrok Aike Maar Lake Sediment Archive Drilling Project*. Proyecto Editorial PIPA. Buenos Aires, Argentina. Pp 81-84.

Recibido el 3 de febrero de 2012, aceptado el 31 de octubre de 2012.