

# ANÁLISIS DE LA VEGETACIÓN Y DEL POLEN ACTUAL EN LA CUENCA INFERIOR DEL RÍO COLORADO, SUDOESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA

ANA LAURA FERNÁNDEZ

Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur, San Juan 670, B8000ICN Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. [ana.fernandez@uns.edu.ar](mailto:ana.fernandez@uns.edu.ar)

SILVIA CRISTINA GRILL

Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur, INGEOSUR, San Juan 670, B8000ICN Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. [sgrill@criba.edu.ar](mailto:sgrill@criba.edu.ar)

**ABSTRACT – MODERN POLLEN AND VEGETATION IN THE LOW BASIN OF COLORADO RIVER, SOUTHWEST OF BUENOS AIRES PROVINCE, ARGENTINA.** In order to determine modern analogues for fossil pollen sequences associated with archaeological sites in the lower Colorado river basin (southwest of Buenos Aires Province), the modern pollen-vegetation-climate relationships were evaluated. The study conducted through vegetation samples, pollen percentage diagrams and cluster analysis included surface samples, located at the northern and southern parts of the basin. Six plant communities (halophyte steppe, xerophytic woodland, grassland with xerophytic woodland elements, ruderal, halophiles/gramineous grassland and hydrophytic) were determined. The pollen spectrum was dominated by Chenopodiaceae, Asteraceae, Brassicaceae and Poaceae families. Most of the vegetation and pollen reflected the local communities as part of the Espinal Province (Caldén District), recording a greater influence from the Pampean region (Pampas grassland-Espinal ecotone) under sub humid-dry weather at north of the basin, and greater influence with the Monte Province (Monte-Espinal ecotone), linked to semi-arid climatic conditions to the south. Non-pollen microfossils (spores of fungi and algae) and taphonomic analysis complemented the study.

**Key words:** modern pollen and vegetation, Colorado river basin, Buenos Aires, Argentina.

**RESUMO –** Com a finalidade de identificar análogos modernos para sequências polínicas fósseis relacionadas a sítios arqueológicos localizados na bacia inferior do rio Colorado (sudoeste da Província de Buenos Aires), a relação pólen atual-vegetação-clima foi analisada. O presente trabalho foi realizado através de levantamentos florísticos da vegetação, diagramas polínicos de porcentagem e análise de agrupamento em amostras superficiais localizadas na parte norte e sul da bacia. Foram determinadas seis comunidades vegetais (estope halófila, vegetação xerófila, pastagens com elementos de vegetação xerófila, comunidades rurerais, pastagem halófila/gramínoide e hidrofiticas). As famílias mais representativas no espectro polínico foram Chenopodiaceae, Asteraceae, Brassicaceae e Poaceae. A maior parte da vegetação e do pólen refletiram as comunidades locais que fazem parte da Província do Espinal (Distrito do Caldén). Apresentando na parte norte da bacia uma grande influência da Região Pampeana (ecotônico Espinal- pastagens pampeanas), associada às condições climáticas subúmidas secas, e na parte sul da bacia uma maior influência da Província do Monte (ecotônico Monte-Espinal), relacionada às condições climáticas semiáridas. Microfósseis não polínicos (esporos de fungos e algas) e a análise dos aspectos tafonómicos completaram este estudo.

**Palavras-chave:** pólen e vegetação modernos, bacia do rio Colorado, Buenos Aires, Argentina.

## INTRODUCCIÓN

En la cuenca inferior del río Colorado, ubicada en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina), se han efectuado estudios palinológicos en tres sitios arqueológicos (“La Salada”, “El Tigre” y “Loma Ruiz”) asociados a secuencias estratigráficas de edad Pleistoceno tardío/ Holoceno (Fernández, 2012). Con el objeto de determinar análogos modernos para los espectros polínicos fósiles asociados a los sitios arqueológicos mencionados, se analiza

la relación polen actual-vegetación-clima en sedimentos superficiales ubicados en las proximidades de dos de los sitios estudiados (“Loma Ruiz y “La Salada”). El sitio “El Tigre” no es incluido por corresponder actualmente a un área con actividad agrícola-ganadera.

Es sabido que las reconstrucciones de las comunidades vegetales fósiles resultan más exactas a medida que aumentan los conocimientos sobre las relaciones entre la vegetación y el polen actual. Por otra parte, modelos de dispersión polínica demuestran la importante correspondencia entre los espectros

polínicos con las fuentes locales de emisión del mismo y en menor medida con fuentes regionales y extra-regionales (Moseholm *et al.*, 1987; Prentice, 1985), lo cual indica que en general dichos espectros reflejan la vegetación circundante. Sin embargo, diversos factores tales como diferencias en la producción, floración, dispersión, tipo de polinización, distancia desde la fuente emisora, transporte del polen, factores meteorológicos, deterioro que sufren los granos con posterioridad a su entierro, entre otros, influyen en la relación cuantitativa polen-vegetación. Por lo cual la abundancia de los espectros polínicos actuales no puede trasladarse directamente como abundancia de la vegetación en las secuencias fósiles (Prentice, 1988).

Entre los estudios palinológicos de sedimentos actuales en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, pueden mencionarse los trabajos de Borromei & Quattroccchio (1990), Grill & Guerstein (1995), Prieto (1992, 1996), Tonello (2006) y Tonello & Prieto (2008). En ambientes de dunas costeras se hallan las contribuciones de Fontana (2003, 2004 y 2005), Stutz y Prieto (2003) y Grill & Lamberto (2006).

Este estudio tiene como objetivo establecer las relaciones entre una variedad de comunidades vegetales en dunas, planicies y depresiones mediterráneas y su representación polínica. Los primeros resultados comunicados en este trabajo tienen importantes implicancias no sólo para las reconstrucciones en los sitios arqueológicos estudiados sino también para la comprensión e interpretación de otras investigaciones paleoecológicas dentro de la región y/o registros fósiles en ambientes similares. Cabe destacar que en la cuenca inferior del río Colorado, el presente trabajo constituye el primer aporte en este tema.

## ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca inferior del río Colorado está ubicada entre los 39°12'18"S/62°36'36"O y 39°28'30"S/62°43'30"O (Figura 1). El paisaje característico de esta región es de llanura plana o suavemente ondulada con suelos loessicos o arenosos. La principal actividad de la región es la agropecuaria, hallándose las tierras distribuidas en actividades agrícolas de secano, bajo riego y pastoreo. El sector de vegetación natural sin valor forrajero, es el que menos ha sufrido la acción antrópica, encontrándose aún: arbustales y matorrales halófitos y pastos (xerófilos y psamófilos) en estado "cuasi natural" (Winschel & Zinger, 2003).

El área de estudio, en el sector sur de la cuenca del río Colorado, presenta un relieve ligeramente deprimido (bajo "tipo pfannen" Martínez *et al.*, 2012) cubierto por una laguna permanente (laguna La Salada). Se trata de un paraje con moderada actividad antrópica, recreativa y ocupacional. En el sector estudiado en el presente trabajo aún se conserva el monte en forma cuasi natural y la actividad humana sólo se observa en el trazado de caminos.

En el sector norte de la cuenca el área analizada conforma una amplia duna aislada próxima a dos lagunas temporales. La actividad antrópica está relacionada con la ocupación parcial

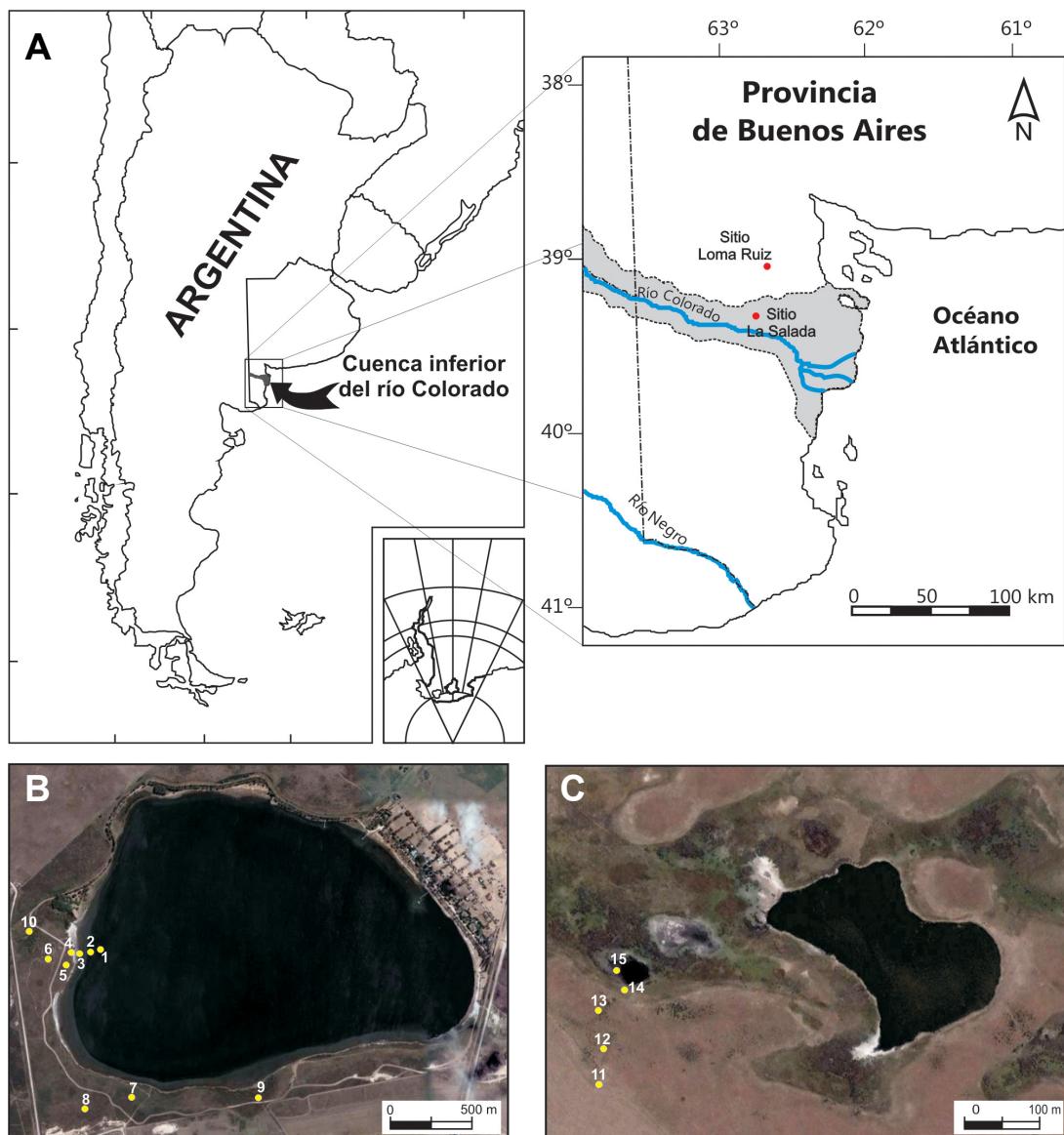
de espacios destinados al pastoreo y ganadería. Las malezas típicas de la región (*Brasica sp.*, *Diplotaxis tenuifolia*, *Salsola kali*), reflejan este disturbio ambiental.

Desde el punto de vista fitogeográfico, la cuenca inferior del río Colorado pertenece al Distrito del Caldén, ubicado al sur de la provincia del Espinal (Cabrera, 1968, 1971, 1976; Cabrera & Willink, 1980). Es el Distrito más seco de esta Provincia siendo el bosque xerófilo su vegetación dominante; localmente la vegetación tipo sabanas, estepas sammófilas y halófilas suelen acompañarlo (Cabrera, 1976). En sus límites, el Distrito del Caldén forma extensos ecotonos, hacia el sur con la provincia del Monte caracterizada por la estepa arbustiva de *Larrea* spp. (*i.e.* jarillal) (Cabrera, 1976) y al norte, con la región de los pastizales pampeanos, dominados por gramíneas y localmente asociado a estepas sammófilas y halófitas (Verettoni & Aramayo, 1976). Su área original ha sido reducida y alterada como producto del desmonte y expansión de la frontera agrícola (SAyDS, 2007).

La vegetación típica del Distrito del Caldén es un estrato arbóreo dominado por el caldena (*Prosopis caldenia*), que forma bosque asociado a los algarrobos (*P. nigra*, *P. flexuosa*), el chañar (*Geoffroea decorticans*), la sombra de toro (*Jodina rhombifolia*), el incienso (*Schinus fasciculatus*) y la pata (*Ximena americana*). Entre los arbustos son frecuentes el piquillín (*Condalia microphylla*), el atamisque (*Atamisquea emarginata*), el alpataco (*Prosopis alpataco*), la pichana (*Cassia aphylla*), el manca caballo (*Prosopidastrum globosum*), la jarilla (*Larrea divaricata*), *Lycium chilense*, *Ephedra triandra* y *E. ochreata*. Entre las hierbas predominan *Trichloris crinita*, *Elionurus muticus*, *Stipa gynerioides*, *Poa lanuginosa* y *Baccharis artemisioides*. Las comunidades edáficas son frecuentes sobre dunas y médanos con vegetación sammófila, y suelos salobres con matorrales o estepas halófilas (Cano & Movia, 1967; Anderson *et al.*, 1970).

Respecto de las condiciones climáticas, el área pertenece a la faja típicamente templada de la Tierra (Burgos, 1968). Según Thornthwaite (1948) en el sur de la provincia de Buenos Aires se desarrolla un clima del tipo D, Semiárido con Índice Hídrico (IH) entre -20 y -40; que contrasta hacia el norte con un clima de tipo C<sub>1</sub>, Subhúmedo-seco con IH entre 0 y -20. Por las características climáticas atribuidas a la región (semiárido y subhúmedo seco) recibe el nombre de clima templado de transición, con veranos e inviernos bien marcados y primaveras y otoños moderados (Scian, 2009).

En relación a los vientos y como consecuencia de la actividad de los anticiclones del Atlántico sur y Pacífico sur, predominan las masas de aire de dirección NE-SO; ocasionalmente llegan a la región los vientos fríos subantárticos provenientes del SO y desde el norte, las masas de aire cálido. Por otra parte, la variabilidad de las precipitaciones constituye la característica climática principal del sudoeste bonaerense y es la típica de los ambientes áridos y semiáridos (Scian, 2009). En el área de estudio las precipitaciones medias anuales alcanzan valores de 466 mm, mientras que las temperaturas medias anuales oscilan entre 22,2° (enero) y 7,5° (julio) (González Uriarte *et al.*, 1987; Sánchez *et al.*, 1998).



**Figura 1.** A, mapa de ubicación del área de estudio; B, ubicación del muestro en el sitio La Salada; C, ubicación del muestro en el sitio Loma Ruiz.

**Figure 1.** A, location map of the studied area; B, location of sampling at the La Salada site; C, location of sampling at Loma Ruiz site.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se efectuaron 13 censos de vegetación y 15 muestreos de sedimentos para análisis palinológico en unidades geomorfológicas previamente identificadas en las proximidades de los sitios La Salada y Loma Ruiz (Figura 2). Para el relevamiento de la vegetación herbácea se delimitó un área de  $25 \text{ m}^2$  ( $5 \times 5 \text{ m}$ ) y para la arbustiva-arbórea de  $400 \text{ m}^2$  ( $20 \times 20 \text{ m}$ ), siguiendo el criterio propuesto por Lamberto (1987). La elección de las parcelas para determinar la abundancia de la vegetación, se realizó teniendo en cuenta la diversidad florística, el estado de conservación y la accesibilidad. La abundancia-cobertura de la vegetación se estimó sobre la escala ponderada ( $r, +, 1, 2, 3, 4, 5$ ) propuesta por Braun Blanquet (1950). Con el fin de sistematizar la información para el tratamiento automático de los datos, estos

se transformaron a una escala ordinal siguiendo a Van der Maarel (1979):  $r-1, +, 2, 1-3, 2-4, 3-5$ . El agrupamiento de los 13 censos se realizó siguiendo el Método de Ward y considerando las Distancias Euclidianas, utilizando el programa PAST 2.14 (Hammer *et al.*, 2001).

El muestreo de sedimentos para el análisis palinológico, realizado según Adam & Merhinger (1975), incluyó además de las 13 muestras de superficie, dos muestras de sedimentos del fondo de la laguna La Salada, extraídas a una distancia de 50 y 100 m de la costa del cuerpo ácueo. En las muestras de superficie se recogieron 300 g de sedimento (en un área de  $10 \times 10 \text{ cm}$ ), provenientes de cinco sub-muestras de los 0,5 cm superficiales del terreno. Las muestras subacuáticas se trajeron en dos puntos distantes 50 y 100 m de la costa respectivamente, procurando la recolección de igual cantidad de sedimento.

La concentración de los palinomorfos en el laboratorio se efectuó siguiendo las técnicas de Heusser & Stock (1984). Los residuos obtenidos se almacenaron en la Palinoteca del Laboratorio de Palinología de la Universidad Nacional del Sur bajo la numeración UNSP-Act- LS 01/10 y UNSP-Act-LR11/15. Los recuentos de palinomorfos se realizaron con un microscopio OLYMPUS BH2 y Nikon Eclipse 80I equipado con una cámara digital Nikon Coolpix S4 bajo una magnificación de 400x y 1000x en los casos de difícil determinación. La palinoteca de referencia del Laboratorio de Palinología de la Universidad Nacional del Sur, así como las publicaciones de Erdtman (1952), Heusser (1971), Markgraf & D'Antoni (1978), Hooghiemstra (1984), Prieto & Quattrocchio (1993), entre otros, permitieron asignar los taxa polínicos. Para la identificación de los microfósiles no polínicos (**MNPs**), tales como esporas de hongos, algas, briofitas, pteridofitas y acritarcas, se utilizaron los trabajos de Pals *et al.* (1980), van Geel & Anderson (1988), Kalgutkar & Jansonius (2000) y van Geel & Aptroot (2006). El estado de preservación de los palinomorfos fue determinado de acuerdo a Delcourt & Delcourt (1980). Los recuentos microscópicos incluyeron un mínimo de 300 granos de polen y 200 MNPs por muestra, las frecuencias relativas obtenidas a partir de estos datos permitieron la elaboración de diagramas porcentuales mediante la utilización del software TGview 2.0.2 (Grimm, 2004). Para el análisis del diagrama polínico, algunos tipos polínicos se agruparon de acuerdo a las características ecológicas de los géneros o especies que representan en: polen extra-regional (Podocarpaceae y *Nothofagus* sp.), árboles del Espinal (*Geoffroea decorticans*, *Schinus* sp., *Prosopis nigra*, *P. flexuosa*), arbustos del Espinal (*Condalia microphylla*, *Larrea divaricata*, *Atamisque* sp., *Cassia aphylla*, *Lycium chilense*, *Ephedra triandra*, *E. ochreata*), Chenopodiaceae-Amaranthaceae, Asteraceae subf. Asteroideae, Poaceae, Brassicaceae, Acuáticas (Alismataceae, Cyperaceae, Haloragaceae, Iridaceae, *Juncus* sp., *Potamogeton* sp., *Typha* sp.) y otros arbustos y hierbas (Apiaceae, Boraginaceae, Caryophyllaceae, Convolvulaceae, Geraniaceae, Malvaceae, Plantaginaceae, Polygalaceae, Verbenaceae, Berberidaceae, Onagraceae). Aunque la familia Brassicaceae comprende especies introducidas (malezas y adventicias) fue considerada en el análisis de la relación polen-vegetación-clima porque aparece en altos porcentajes en la secuencia fósil asociada al sitio arqueológico Loma Ruiz (Fernández, 2012), así como en otros sitios arqueológicos de la Región Pampeana (Grill *et al.*, 2007, 2010) y de Argentina (Medina *et al.*, 2008). Del mismo modo en secuencias estratigráficas naturales, es común que este tipo de malezas domine los espectros polínicos de sedimentos correspondientes al Pleistoceno tardío de la región (e.g. Grill, 1997; Prieto, 2000).

## RESULTADOS

### Unidades de vegetación

Gran variedad de especies de las familias Asteraceae, Poaceae y Fabaceae caracteriza la vegetación del área de estudio (Tabla 1). Las especie dominantes, que aparecen en el 50% de los censos, son: *Stipa* sp., *Condalia microphylla*

y *Lycium chilensis*, presentes en casi todas las unidades de vegetación, así como *Sporobolus rigens* y *Geoffroea decorticans*.

El análisis de agrupamiento sobre los censos de vegetación efectuados arrojó cinco grupos con distancias vinculares inferiores a 7 (censos 9, 10 y 15; censos 3 y 4; censos 7, 8, 6 y 13; censos 11 y 12 y censos 5 y 14) y un único agrupamiento con distancias vinculares menores a 2,5 (censo 6 y 13) (Figura 3). Se identificaron de este modo seis unidades de vegetación: Comunidades Hidrofíticas, Estepa Halófita, Bosque Xerófilo, Pastizal con Elementos del Bosque, Comunidades Rurerales y Pastizales Halófito/Graminoso (Figura 4).

En los entornos de la laguna La Salada se desarrollan la Estepa Halófita, el Pastizal Halófita/Graminoso, Pastizal con Elementos del Bosque, el Bosque Xerófilo y Comunidades Hidrofíticas. En Loma Ruiz nuevamente se registraron el Pastizal Halófita/Graminoso, Pastizal con Elementos del Bosque y Comunidades Hidrofíticas, sumándose en este sector las Comunidades Rurerales.

La vegetación introducida está representada por especies forestales que colonizan lugares urbanizados próximos a los sitios de muestreo, tales como cascos de estancias o centros de recreación (balneario La Salada) e incluyen las familias Tamaricaceae (*Tamarix gallica*), Myrtaceae (*Eucalyptus* sp.), Salicaceae (*Populus* sp.) y Pinaceae. En algunos sectores sus coberturas suelen ser importantes, no obstante estas familias fueron excluidas del análisis efectuado.

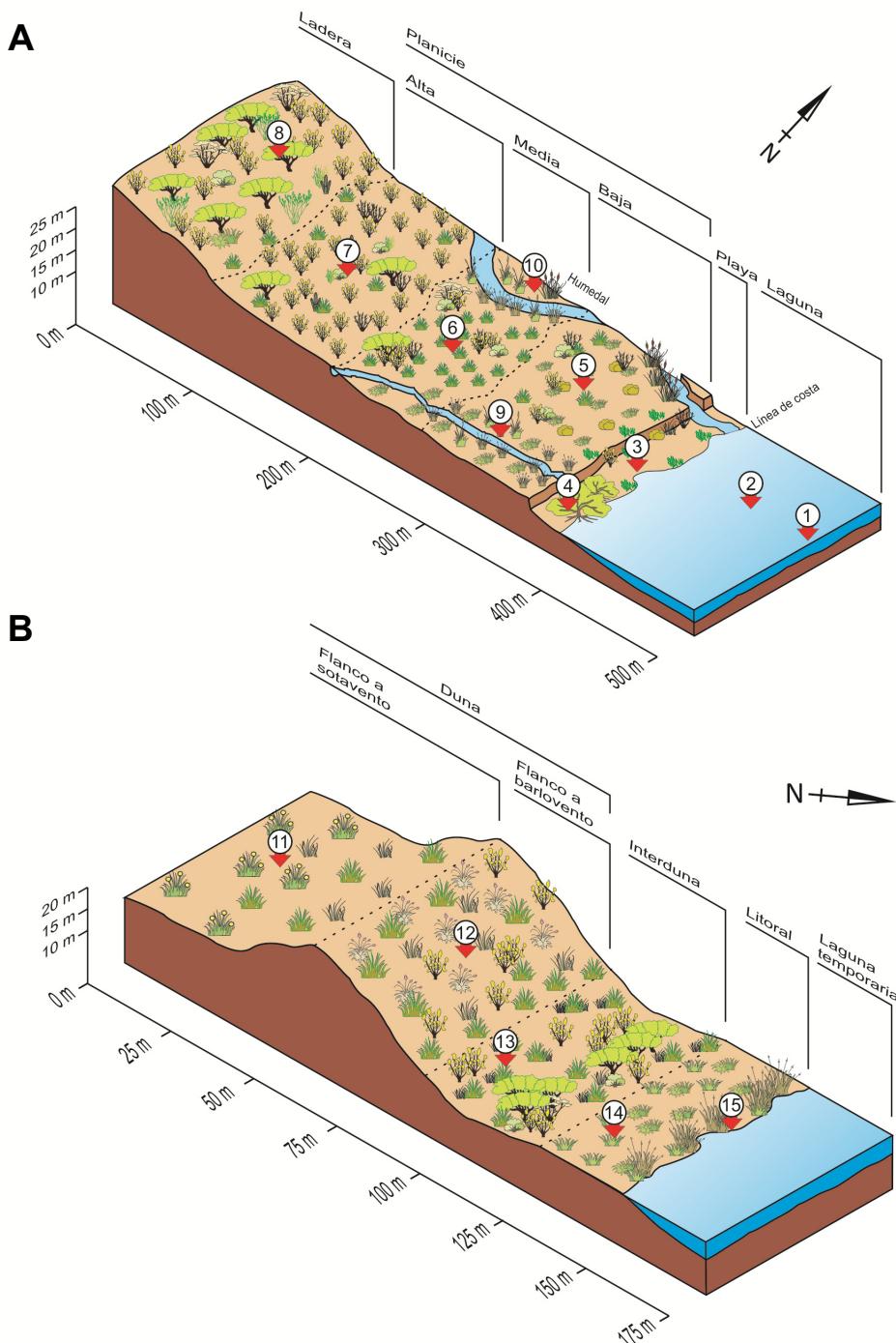
En relación a los palinomorfos se diferenciaron 37 taxa polínicos junto a otros MNPs (esporas de hongos, algas, briofitas, pteridofitas y acritarcas) (Figura 5).

A continuación se describen las comunidades vegetales, microfósiles no polínicos (MNPs) y aspectos tafonómicos de las 15 muestras analizadas en los dos sectores de la cuenca inferior del río Colorado (La Salada y Loma Ruiz) (Figura 6).

### Laguna La Salada

Las muestras Act -LS 01 y Act -LS 02 (tomadas a 1 m y 0,50 m de profundidad del cuerpo ácueo, respectivamente) se caracterizan sólo en base a su asociación palinológica por no presentar comunidad vegetal asociada. La muestra Act-LS 01 presenta una asociación palinológica dominada por polen herbáceo-arbustivo perteneciente a las familias Chenopodiaceae-Amaranthaceae (47%), Asteraceae subfam. Asteroideae (13%), Brassicaceae (12%), Poaceae (11%) y con porcentajes  $\leq 1\%$ : Caryophyllaceae y Geraniaceae. El polen arbóreo está representado por *Prosopis* sp. con porcentajes  $< 1\%$  y el de plantas acuáticas por Cyperaceae y Haloragaceae (ambas  $< 1\%$ ). Entre los MNPs se destacan: Corticeaceae (28%), Diaportaceae (14%), *Papulosporinites* sp. (14%), *Inapertisporites* sp. y *Pluricellaesporites* sp. (ambas con 7%), *Botryococcus* sp. (14%) y *Spirogyra* sp. (14%). La alteración predominante es oxidación química-biológica y daño mecánico.

La muestra Act-LS 02 está caracterizada por Chenopodiaceae-Amaranthaceae (53%), asociada a Asteraceae subfam. Asteroideae, Poaceae y Brassicaceae (todas con porcentajes  $< 9\%$ ). El polen arbóreo corresponde a *Prosopis* sp ( $< 9\%$ ) y el



### Referencias

	<i>Tamárix gallica</i>		<i>Lycium Chilense</i>		<i>Typha</i> sp.		Ruderales ( <i>Draba</i> sp., <i>Brassica</i> sp., <i>Eruca vesicaria</i> )
	<i>Geoffroea decorticans</i>		<i>Ephedra</i> sp.		<i>Juncus acutus</i>		Pastizales ( <i>Sporobolus rigens</i> , <i>Stipa</i> sp.)
	<i>Condalia microphylla</i>		<i>Atriplex undulata</i>		<i>Cereus aethiops</i>		Herbáceas ( <i>Distichlis</i> sp., <i>Plantago</i> sp., <i>Digitaria</i> sp., <i>Hordeum</i> sp.)
	<i>Prosopis alpataco</i>		<i>Hyalis argentea</i>		<i>Cortaderia selloana</i>		
	<i>Schinus polygamus</i>		<i>Panicum urvilleaenum</i>		<i>Baccharis</i> sp.		<i>Salicornia ambigua</i>
	<i>Larrea divaricata</i>						Muestra palinológico de superficie

Figura 2. Unidades geomorfológicas, comunidades vegetales y muestreo palinológico en (A) sitio La Salada y (B) sitio Loma Ruiz.

Figure 2. Geomorphological units, vegetation communities and palynological sampling at (A) La Salada and (B) Loma Ruiz sites.

**Tabla 1.** Composición florística de los 13 inventarios organizados por tipo de vegetación a lo largo de las unidades geomorfológicas identificadas en los sitios de estudio. Los taxones están agrupados de acuerdo a sus tipos polínicos. Los valores corresponden a la abundancia-cobertura de acuerdo a la escala Braun Blanquet (1950).

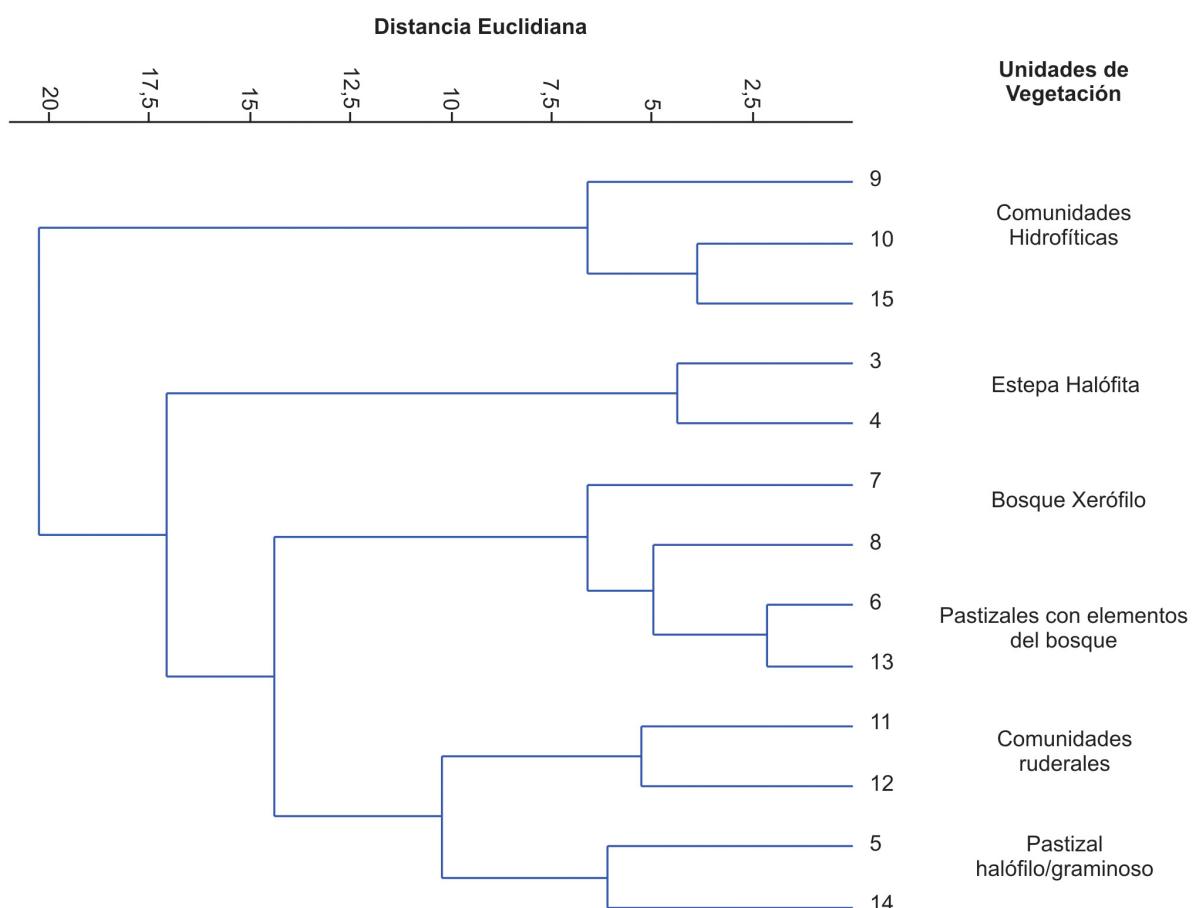
**Table 1.** Floristic composition of the 13 relevés arranged by vegetation type along geomorphological units identified at study sites. Taxa are grouped according to their pollen types. The values correspond to the abundance-coverage according to the scale of Braun Blanquet (1950).

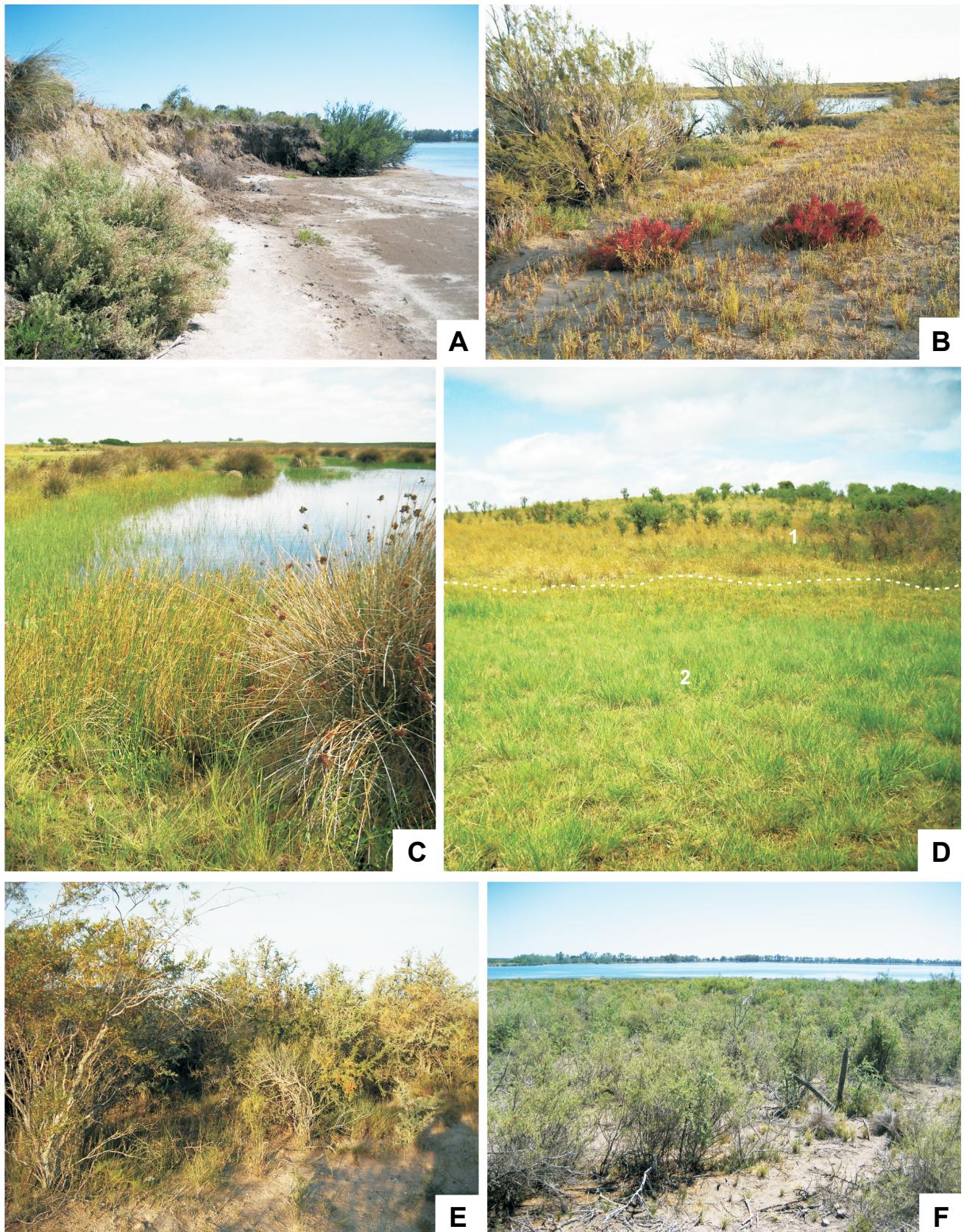
Unidades de muestreo	Playa		Planicie		Ladera	Escurreimientos superficiales		Duna		Interduna	Litoral	Laguna temporaria	
	C-03	C-04	C-05	C-06	C-07	C-08	C-09	C-10	C-11	C-12	C-13	C-14	C-15
Cobertura de arbustos	27,3	27,8	19,7	63,6	80,6	80,0	28,4	0,0	0,0	9,5	45,6	7,1	0,0
Cobertura de hierbas	15,5	15,2	79,7	36,2	5,2	6,9	67,9	99,9	37,5	87,5	51,5	79,2	96,4
Cobertura total (%)	42,8	43,0	99,4	99,8	85,9	87,3	96,3	99,9	37,5	97,0	97,0	86,3	96,4
Asteraceae													
<i>Baccharis crispa</i>	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.
<i>Baccharis salicifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.
<i>Baccharis spartoides</i>	.	.	3	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
<i>Baccharis ulicina</i>	.	.	+	.	+	+	.	.	.	.	.	1	.
<i>Gaillardia megapotamica</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hyalis argentea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.
<i>Senecio pampeanus</i>	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tessaria absinthioides</i>	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.
Brassicaceae													
<i>Brassica</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	.	.	.
<i>Draba australis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
<i>Eruca vesicaria</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
<i>Cereus aethiops</i>	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.
Chenopodiaceae													
<i>Atriplex undulata</i>	+	3	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Salsola kali</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
<i>Suaedea divaricata</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Condalia microphylla</i>	.	2	.	+	2	+	.	.	.	2	+	.	.
Cyperaceae													
<i>Elocharis macrostachya</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+
<i>Scyphus californicus</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1
Ephedraceae													
<i>Ephedra ochreata</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ephedra triandra</i>	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.
Fabaceae													
<i>Cassia aphylla</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Geoffroea decorticans</i>	.	.	.	3	3	2	.	.	.	.	3	.	.
<i>Prosopidastrum globosum</i>	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.
<i>Prosopis alpataco</i>	.	3	+	+	2	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Prosopis strombulifera</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	1	.
<i>Glandularia pulchella</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Juncus acutus</i>	.	.	.	.	.	.	3	3	.	.	.	.	3
<i>Lemna parodiana</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Oxalis corniculata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Plantago</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+
Poacea													
<i>Cortadeira selloana</i>	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	.
<i>Digitaria</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.
<i>Sphaeralcea mendocina</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Distichlis</i> sp.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	3	.	2
<i>Hordeum</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.

Continua

**Tabla 1.** Continuación.**Table 1.** Continuation.

Unidades de muestreo	Playa		Planicie			Ladera	Escorrentimientos superficiales		Duna		Interduna	Litoral	Laguna temporaria
	C-03	C-04	C-05	C-06	C-07	C-08	C-09	C-10	C-11	C-12	C-13	C-14	C-15
Cobertura de arbustos	27,3	27,8	19,7	63,6	80,6	80,0	28,4	0,0	0,0	9,5	45,6	7,1	0,0
Cobertura de hierbas	15,5	15,2	79,7	36,2	5,2	6,9	67,9	99,9	37,5	87,5	51,5	79,2	96,4
Cobertura total (%)	42,8	43,0	99,4	99,8	85,9	87,3	96,3	99,9	37,5	97,0	97,0	86,3	96,4
<i>Panicum urvilleaenum</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.
<i>Sporobolus rigens</i>	.	.	3	2	.	.	.	.	.	3	+	.	.
<i>Stipa</i> sp.	.	+	2	+	2	+	+	.	+	.	+	.	.
Solanaceae													
<i>Lycium chilense</i>	.	.	1	+	1	+	.	.	.	.	+	.	.
<i>Solanum eleagnifolium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
<i>Hidrocotyle bonaerense</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Larrea divaricata</i>	.	.	.	.	+	3	.	.	.	.	.	.	.
<i>Salicornia ambigua</i>	2	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Schinus polygamus</i>	.	.	.	2	.	1	.	.	.	.	+	.	.
<i>Sesuvium portulacastrum</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tamarix gallica</i>	3	2	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
<i>Thypha</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.

**Figura 3.** Análisis de agrupamiento de las 13 censos de vegetación efectuados.**Figure 3.** Cluster analysis of 13 vegetation samples made.



**Figura 4.** **A-B**, Estepa Halófita (sitio La Salada). **C**, comunidades Hidrofíticas. **D1**, Pastizales con elementos del Bosque Xerófilo; **D2**, Pastizal Halófilo/Graminoso (sitio Loma Ruiz). **E-F**, Bosque Xerófilo (sitio La Salada).

**Figure 4.** **A-B**, Halophyte Steppe (La Salada site). **C**, Hydrophytic communities. **D1**, Grassland with Xerophytic Woodlands elements; **D2**, Halophiles/Gramineous Grassland (Loma Ruiz site). **E-F**, Xerophytic Woodland (La Salada site).

proveniente de los bosques subantárticos a Podocarpaceae y *Nothofagus* sp. (<1%). El polen de plantas acuáticas a *Juncus* sp. y *Typha* sp. (ambas ≤1%). Los MNPs incluyen: Corticeaceae (9%), *Inapertisporites* sp. (44%), *Diporisorites* sp. (12%), *Dyadosporites* sp. (6%), *Glomus* sp. (3%), *Botryococcus* sp. (9%) y *Spirogyra* sp. (15%). La alteración predominante es oxidación bioquímica y daño mecánico.

**Línea de costa** (Censo 3). La vegetación conforma comunidades aisladas y de fisonomía elongada distribuidas a lo largo del borde lacustre y en contacto directo con el agua. Entre los matorrales y las hierbas se destacan especies con alta tolerancia salina como *Salicornia ambigua* (15,5% de cobertura). El espectro polínico (muestra Act-LS 03) está representado por Chenopodiaceae-Amaranthaceae (30%), Poaceae (16%) y Asteraceae subfam. Asteroideae (9%). Brassicaceae y *Plantago* sp. alcanzan el 2% y el de plantas acuáticas (Cyperaceae y Haloragaceae) <2%. Completan la asociación los MNPs: *Inapertisporites* sp. (61%), *Glomus* sp. (23%) y Corticeaceae (15%). La alteración predominante es oxidación química y daño mecánico.

**Playa** (Censo 4). Entre las herbáceas que constituyen matorrales de suelos salobres se destacan *Salicornia ambigua*, *Sesuvium portulacastrum*, *Stipa* sp. y *Panicum urvilleanum* con una cobertura del 15% asociadas a las arbustivas (28%) *Suaedea divaricata*, *Atriplex undulata* *Prosopis alpataco* y *Condalia microphylla*. El espectro polínico (muestra Act -LS 04) está caracterizado en el estrato herbáceo-arbustivo por Chenopodiaceae-Amaranthaceae (22%), Poaceae (8%), Asteraceae subfam. Asteroideae (6%) y Brassicaceae (2%); con porcentajes <1% se hallan las familias Apiaceae, Caryophyllaceae y Malvaceae, *Plantago* sp. y *Condalia microphylla*. El polen de plantas acuáticas (Cyperaceae, Alismataceae, Haloragaceae y *Potamogeton* sp.) registra valores ≤ 1%. Los MNPs se caracterizan principalmente por *Inapertisporites* sp. (67%) y huevos de copépodo (33%). La alteración predominante es la oxidación química y el daño mecánico.

Los censos 3 y 4 (línea de costa y playa) caracterizan a comunidades de Estepa Halófila.

**Planicie baja** (Censo 5). La comunidad vegetal está constituida por pastizales (79% de cobertura) e incluye *Sporobolus rigens*, *Stipa* sp., *Distichlis* sp., *Baccharis ulicina* y *B. spartioides*, matas y arbustos bajos (20%) asociadas a *Atriplex undulata*, *Lycium chilense* y *Prosopis alpataco*. Entre los palinomorfos (muestra Act -LS 05) se destacan Asteraceae subfam. Asteroideae y Chenopodiaceae (ambas 31%) y Poaceae (14%). Con ≤4% se registran Brassicaceae, Ephedraceae, *Prosopis* sp. y *Condalia microphylla*. El polen de plantas acuáticas (Cyperaceae) alcanza el (3%). Entre los MNPs se registran *Glomus* sp. (20%), *Inapertisporites* sp. (19%), *Gelasinospora* sp. (14%) y Corticiaceae (10%); entre las esporas de algas *Botryococcus* sp. y *Spirogyra* sp. (3%), esporas de tipo 128 (Pals *et al.*, 1980) y *Arcella* sp. (2%). El deterioro de los microfósiles es principalmente la oxidación química y en menor medida daño mecánico.

El censo 5 (planicie baja) caracteriza al Pastizal Halófito/ Graminoso.

**Planicie media** (Censo 6). Presenta una comunidad con fisonomía abierta, pastizal sammófilo y arbustales xerófilos dispersos. Entre las hierbas se hallan *Sporobolus rigens* y *Stipa* sp. (36%), entre los árboles, arbustos, matas subarbustivas se reconocen consocios de *Geoffroea decorticans*, *Condalia microphylla*, *Prosopis alpataco*, *Schinus polygamus*, *Senecio pampeanus* y *Lycium chilense* (64%). Los palinomorfos (muestra Act -LS 06) están caracterizados por Asteraceae subfam. Asteroideae (32%), Chenopodiaceae (29%) y Poaceae (17%); Brassicaceae, *Prosopis* sp. y Plantaginaceae registran <5%. El polen de larga distancia es < 2% y el de plantas acuáticas (Cyperaceae, Potamogetonaceae y *Typha* sp.) es ≤1%. Dentro de los MNPs, las esporas de hongos presentan importante diversidad destacándose *Diporisorites* sp. (19%), *Pluricellaesporites* sp. y *Inapertisporites* sp. (ambas 13%), *Glomus* sp. (11%), Sordariaceae (7%) y *Monosporites* sp.; las esporas de algas (*Botryococcus* sp., *Spirogyra* y esporas de tipo 128) no superan el 3% y esporas de *Phaeoceros* sp. (<1%) y *Arcella* sp. (6%) completan la asociación. El deterioro de los microfósiles es principalmente la oxidación química.

El censo 6 (planicie media) caracteriza al Pastizal con Elementos del Bosque.

**Planicie alta** (Censo 7). Desarrollada sobre suelos próximos a niveles de tosca, está colonizada por árboles, arbustos y subarbustos densos de fisonomía cerrada con una cobertura del 80,6%. Entre ellos se destacan *Geoffroea decorticans*, *Condalia microphylla*, *Prosopis alpataco*, *Larrea divaricata*, *Lycium chilense*, *Ephedra triandra* y *Cereus aethiops*, acompañados por la herbácea *Stipa* sp. (5,2% de cobertura). La asociación polínica (muestra Act -LS 07) está dominada por Chenopodiaceae (45%), asociada a Asteraceae subfam. Asteroideae, Caryophyllaceae y Poaceae con porcentajes <10%, Fabaceae, Ephedraceae Brassicaceae y Plantaginaceae (4%) y *Condalia microphylla*, *Capparis* sp., Asteraceae subfam. Cichorioideae y *Larrea* sp. con porcentajes <1%. El polen arbóreo (*Acacia* sp. y *Nothofagus* sp.) presenta valores <1%, y el polen de plantas acuáticas no supera el 4% (Iridaceae, Cyperaceae y *Thypa* sp.). Entre los MNPs se destacan Corticiaceae (11%), *Inapertisporites* sp. (17%), *Dyadosporites* sp. (14%), *Melanospora* sp. (13%), *Spirogyra* sp., *Zygnuma* sp. y *Botryococcus* sp. registran <3%; las esporas de Polypodiaceae y tecamebas de *Arcella* sp. registran <1%. El deterioro de los microfósiles es principalmente la oxidación química.

**Ladera** (Censo 8). Sobre esta unidad, con pendiente alta y tosca expuesta, se disponen comunidades edáficas, densas y cerradas dominadas por *Geoffroea decorticans*, *Larrea divaricata*, *Condalia microphylla* y *Schinus polygamus*, acompañadas por matas de *Lycium chilense*, *Cassia aphylla*, *Prosopidastrum globosum*, *Prosopis strombulifera* y *Ephedra ochreata* (80%) y un sustrato herbáceo compuesto por *Baccharis crispa*, *Baccharis ulicina*, *Stipa* sp. y *Cereus aethiops* (6,9%). La asociación palinológica (muestra Act-LS 08) está caracterizada principalmente por Chenopodiaceae (40%), Asteraceae subfam. Asteroideae (12,5%), Poaceae (12%) y Fabaceae (10%). Con porcentajes <5% se hallan Brassicaceae, Ephedraceae y *Condalia microphylla*,

Caryophyllaceae y *Plantago* sp. (1,5%) y *Larrea* sp. ( $\leq$ 1%). El polen arbóreo de *Nothofagus* sp., *Acacia* sp. es <1% al igual que el de plantas acuáticas (Potamogetonaceae y Typhaceae). Entre los MNPs son relevantes *Glomus* sp. (33%), *Inapertisporites* sp. (24%) y Corticiaceae (10%), con porcentajes menores se registran *Spirogyra* sp. (7%), *Botryococcus* sp. (3%), *Mougeotia* sp. (2%); esporas de tipo 128 (3%), esporas de Polypodiaceae y *Arcella* sp. no superan el 1%. El deterioro de los microfósiles es principalmente la oxidación química.

Los censos 7 y 8 (planicie alta y ladera) caracterizan al Bosque Xerófilo.

**Escurrimiento superficial** (Censo 9). Presentan comunidades vegetales de fisonomía cerrada asociadas a pequeños afluentes de agua dulce. Dominan las herbáceas *Juncus acutus* y *Cortaderia selloana* (68% de cobertura) asociadas a las arbustivas *Tessaria absinthioides*, *Baccharis salicifolia* y *B. spartioides* (28.4%). Los palinomorfos (muestra Act -LS 09) se asocian principalmente a Asteraceae subfam. Asteroideae (34%), Chenopodiaceae (22%) y Poaceae (21%), <4% presentan Brassicaceae y *Prosopis* sp. y <1% Ephedraceae, Malvaceae y *Condalia microphylla*. El polen de plantas acuáticas está representado por *Cyperus* sp. (9%), *Juncus* sp. (4%) y valores  $\leq$  1% de Potamogetonaceae y Haloragaceae. Entre los MNPs se hallan *Glomus* sp. (53%), asociadas a *Inapertisporites* sp. (11%) y Corticiaceae (8%); completan la asociación *Botryococcus* sp. (8%), *Spirogyra* sp. (4%), *Zygnema* sp. (<1%), esporas tipo 128 (<1%), esporas de bryofitas Bartramiaceae (9%) y tecamebas de *Arcella* sp. (<1%). El deterioro de los microfósiles es principalmente la oxidación bioquímica y en menor medida daño mecánico.

**Humedal** (Censo 10). Asociadas a escurrimientos intermitentes, que originan humedales y aguas estancadas, presentan comunidades vegetales dominadas por las herbáceas *Eleocharis macrostachya*, *Lemna parodiana*, *Scirpus californicus*, *Typha* sp., *Juncus acutus* y *Cortaderia selloana* (100% de cobertura). La asociación palinológica (muestra Act -LS 10) está caracterizada por Chenopodiaceae (27%), Asteraceae subfam. Asteroideae (9%), Poaceae (7%), Brassicaceae y *Plantago* sp. (4%); y con porcentajes <2% Ephedraceae, Rhamnaceae, Solanaceae, *Prosopis* sp. y *Larrea* sp. El polen de plantas acuáticas está representado por *Thypa* sp. (7%) y Cyperaceae (4%). Los MNPs están dominados por *Glomus* sp. (54%) asociadas a Corticiaceae (12%) y *Inapertisporites* sp. (10%), porcentajes sustancialmente menores corresponden a *Botryococcus* sp. (8%), *Spirogyra* sp. (3%), Bartramiaceae (2%) y *Arcella* sp. (<1%). La alteración principal de los microfósiles es la oxidación bioquímica.

Los censos 9 y 10 (escurrimiento superficial y humedal) caracterizan a las Comunidades Hidrofiticas.

### Loma Ruíz

**Flanco de duna a sotavento** (Censo 11). Dominan las especies ruderales *Eruca vesicaria*, *Draba* sp. y *Brassica* sp., asociadas a *Panicum urvilleaum*, *Salsola kali* y *Stipa* sp. (37.5%). La asociación palinológica (muestra palinológica Act-LR 11) está dominada por Brassicaceae (59%) asociada

a Poaceae (20%), Chenopodiaceae (13%), Asteraceae subfam. Asteroideae (5%) y valores <1% de Rhamnaceae y *Prosopis* sp. El polen arbóreo de *Nothofagus* sp. registra <1%. Los MNPs están caracterizados por *Diporisporites* sp. (39%), *Inapertisporites* sp. (11%), Corticiaceae (10%), Sordariaceae (9%), *Hypoxilonites* sp. (7%), *Spirogyra* sp. (3%), *Botryococcus* sp. (2%) y esporas de tipo 128 (1%). El deterioro de los microfósiles es principalmente la oxidación química y daño mecánico.

**Flanco de duna a barlovento** (Censo 12). Está caracterizado por el pastizal denso de *Sporobolus rigens*, *Hyalis argentea*, *Panicum urvilleaum* y especies ruderales (87,5%), acompañado por asociaciones aisladas de *Condalia microphylla* (9,5%). La asociación palinológica (muestra Act -LR 12) está dominada por Brassicaceae (50%) y asociada a Poaceae (16%), Asteraceae subfam. Asteroideae (14%) y Chenopodiaceae (12%); *Prosopis* sp., *Condalia microphylla* y Onagraceae no superan el 3%. Los MNPs están representadas por: *Diporisporites* sp. (26%), *Inapertisporites* sp. (17%), Sordariaceae (13%), Corticiaceae (8%), *Botryococcus* sp. (5%), *Spirogyra* sp. (4%) y *Zygnema* sp. (<1%); completan la asociación *Arcella* sp. (2%) y esporas de tipo 128 (1%). El deterioro de los microfósiles es principalmente la oxidación química y daño mecánico.

Los censos 11 y 12 (dunas a barlovento y sotavento) caracterizan a las Comunidades Ruderales.

**Interduna** (Censo 13). Las comunidades vegetales se asocian principalmente a *Sporobolus rigens*, *Panicum urvilleaum* y *Stipa* sp. (51.5%) y densas isletas de *Geoffroea decorticans* y *Schinus polygamus* (36.2%) y las arbustivas *Condalia microphylla* y *Lycium chilense* (9.3%). Los palinomorfos (muestra Act -LR 13) se asocian a Chenopodiaceae (27%), Poaceae (21%), Brassicaceae (20%), Asteraceae subfam. Asteroideae (18%), *Geoffroea decorticans* y *Prosopis* sp. (ambas 5%). El polen de plantas acuáticas (Cyperaceae) es <1%. Los MNPs están dominados por *Glomus* sp. (41%) y *Inapertisporites* sp. (32%) y las esporas de algas *Botryococcus* sp. (3%) y *Spirogyra* sp. (2%); esporas de tipo 128 (2%); *Arcella* sp. (<1%). El deterioro de los microfósiles es principalmente la oxidación química.

El censo 13 (interduna) caracteriza al Pastizal con Elementos del Bosque.

**Litoral** (Censo 14). Sobre la llanura inmediata al cordón medanososo se desarrolla una variada vegetación herbácea que se extiende en forma continua hasta el cuerpo de agua. Dominan: *Digitaria* sp., *Hordeum* sp., *Distichlis* sp., *Plantago* sp., *Baccharis* sp. y *Solanum eleagnifolium* (79,2%) y la subarbustiva *Prosopis strombulifera* (7%). La asociación palinológica (muestra Act -LR 14) está caracterizada por Chenopodiaceae (29%), Poaceae y Brassicaceae (19%) y Asteraceae subfam. Asteroideae (18%). El polen arbóreo (*Nothofagus* sp.) y el de plantas acuáticas (Cyperaceae, Potamogetonaceae y *Juncus* sp.) no superan el 1%. Entre los MNPs se destacan *Hypoxilonites* sp. (31%), *Inapertisporites* sp. (23%), *Glomus* sp. (14%), *Botryococcus* sp. alcanza 3% y *Spirogyra* sp. 2%. El deterioro de los microfósiles es principalmente la oxidación química y la corrosión.

El censo 14 (litoral) caracteriza al Pastizal Halófito/ Graminoso.

**Laguna temporaria** (Censo 15). Las comunidades vegetales están integradas por *Juncus acutus*, *Scyrpus sp.*, *Eleocharis macrostachya*, *Hidrocotyle bonaerense*, *Distichlis sp.*, *Plantago sp.* y *Oxalis corniculata* (96%). La asociación de palinomorfos (muestra Act -LR 15) está caracterizada por Poaceae (30%), Chenopodiaceae (19%), Brassicaceae (16%) y Asteraceae subfam. Asteroideae (10%). El polen de plantas acuáticas (Cyperaceae) registra 7%, *Juncus sp.* (4%), Typhaceae (2%) y Haloragaceae (<1%). Los MNPs están dominados por *Glomus sp.* (57%), asociadas a Corticiaceae e *Inapertisporites sp.* (ambas <6%) y *Hypoxilonites sp.* (4%); entre las esporas de algas se registran *Botryococcus sp.* (15%), *Spirogyra sp.* (4%) y esporas tipo 128 (2%); las de Bryophyta (*Phaeoceros cf. tenuis* y *Phaeoceros cf. laevis*) y Pteridophyta (Polypodiaceae) no superan el 1%. El deterioro de los microfósiles es principalmente la oxidación química y la corrosión.

El censo 15 (laguna temporaria) caracteriza a las Comunidades Hidrofíticas.

## DISCUSIÓN

### Relación vegetación-polen actual

Del análisis de las comunidades vegetales estudiadas en la cuenca inferior del Río Colorado surge que la vegetación típica (Bosque Xerófilo) que caracteriza a la región, se halla representada en el sector sur de la cuenca (alrededores del sitio La Salada), por un número reducido de árboles y arbustos tales como *Prosopis alpataco*, *P. strombulifera*, *Geoffroea decorticans*, *Schinus polygamus*, *Condalia microphylla*, *Prosopidastrum globosum*, *Larrea divaricata*, *Ephedra ochreata*, *Cassia aphylla*, *Schinus polygamus* y *Lycium chilense*. Las mayores coberturas (80,6%) de estos ejemplares se registran en los suelos próximos a niveles de tosca. En el sector norte de la cuenca (cercanías de Loma Ruiz), los pocos ejemplares de árboles y arbustos se restringen a asociaciones aisladas e isletas de *Prosopis strombulifera*, *Geoffroea decorticans*, *Schinus polygamus*, *Condalia microphylla* y *Lycium chilense*, alcanzando un 45% de cobertura en la interduna.

La exigua representación del Bosque Xerófilo en la región puede relacionarse con la reducción del área original por causas antrópicas asociadas al desmonte y expansión de la frontera agrícola (SAyDS, 2007). Como consecuencia de la menor representación del bosque, las mayores coberturas de vegetación se asocian a comunidades locales ligadas principalmente a las características edáficas y/o a la cubierta sedimentaria, reflejando las mismas diferencias notables entre ambos sectores de la cuenca.

En el sur (laguna La Salada) y asociadas a bajos (“tipo pfannen” Martínez *et al.*, 2012) se desarrollan comunidades integradas por matorrales, matas y hierbas con alta tolerancia salina entre las que se desatacan *Salicornia ambigua* (15,5% de cobertura), *Suaeda divaricata*, *Atriplex undulata*, *Stipa sp.*, *Baccharis ulcina* y *B. spartioide*, *Sporobolus rigens*, entre

otras. En general son plantas de crecimiento rápido y fácil adaptabilidad a sustratos con importante contenido de sales.

Hacia el norte de la cuenca del río Colorado, en los alrededores del sitio Loma Ruiz, en ambientes de dunas (parcialmente perturbadas por acción de labranza) y lagunas temporarias, la vegetación está caracterizada por pastizales densos de las familias Poaceae, Asteraceae y especies ruderales de Brassicaceae, alcanzando estas asociaciones el 80% de cobertura en las comunidades de dunas a barlovento. La familia Brassicaceae principalmente herbácea adventicia y de alto interés apícola, constituye la maleza típica relacionada a suelos disturbados por pastoreo y labranza en la región.

Las Comunidades Hidrofíticas constituyen el otro tipo de comunidad local desarrollada en la cuenca, dominadas en el sector sur por *Eleocharis macrostachya*, *Lemna parodiana*, *Scyrpus californicus*, *Typha sp.*, *Juncus acutus* y *Cortaderia selloana* con un 90% de cobertura y en el sector norte por *Juncus acutus*, *Scyrpus sp.*, *Eleocharis macrostachya*, *Hidrocotyle bonaerense*, *Distichlis sp.*, *Plantago sp.* y *Oxalis corniculata* con un 96% de cobertura.

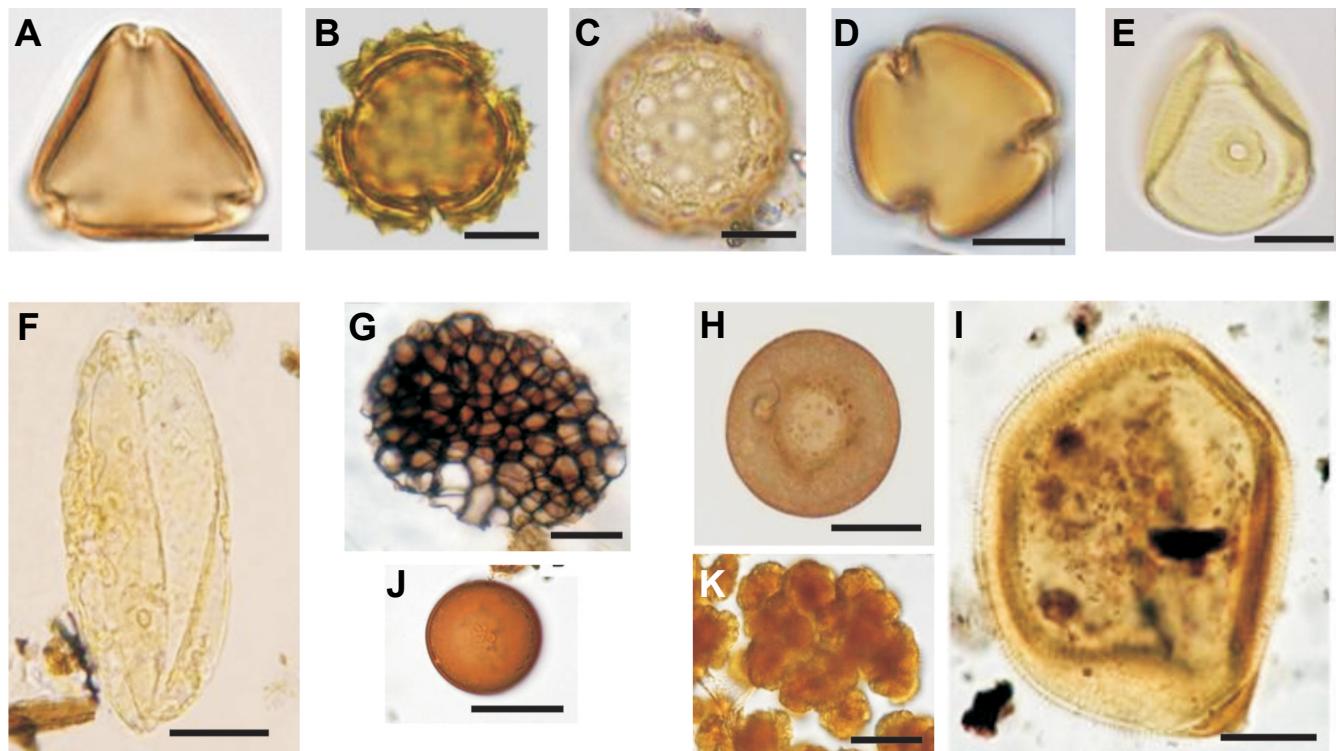
En relación a los Espectros Polínicos en ellos predominan los componentes herbáceo-arbustivos, destacándose las familias Chenopodiaceae (53%), Asteraceae (34%) y Poaceae (21%), en las asociaciones de La Salada, y Brassicaceae (59%), Poaceae (30%), Chenopodiaceae (29%) y Asteraceae (18%), en el área del sitio Loma Ruiz.

La alta productividad polínica, anemofilia y características aerodinámicas (granos ligeros, escasa ornamentación, paredes lisas, etc.) justifican la elevada proporción de Chenopodiaceae en todas las muestras del área de La Salada, aún cuando la cobertura es baja.

El polen de la familia Asteraceae presenta buena correspondencia con las coberturas, siendo el género *Baccharis* el más representativo en los espectros polínicos asociado a su abundante producción de polen, polinización anemófila y buena preservación en el sustrato. En cambio, *Hyalis argentea*, presenta una baja correspondencia polen-vegetación, a pesar de su alta cobertura vegetal en la unidad médano a barlovento (Loma Ruiz). El gran tamaño del polen de esta especie sugiere polinización entomófila y por ende baja producción polínica y débil capacidad de dispersión (Naab, 2004).

El polen de Poaceae (*Digitaria sp.*, *Distichlis sp.*, *Hordeum sp.*, *Panicum urvilleaum*, *Sporobolus rigens* y *Stipa sp.*) anemófilo, fácilmente dispersable y con alta producción polínica, tiene una buena representación en los espectros polínicos y una alta correspondencia con la vegetación censada en toda el área. Dado que no es posible la determinación palinológica a nivel genérico y específico de esta familia, el espectro polínico incluye especies nativas e introducidas por cultivo.

En relación al polen de Brassicaceae (*Brassica sp.*, *Eruca vesicaria*, *Draba sp.*) los altos porcentajes de este taxón (59%) en los espectros polínicos de Loma Ruiz, se deben a la proximidad de la fuente emisora, productividad regular de las especies y la buena preservación del taxón en los sedimentos superficiales.



**Figura/Figure 5.** Fotomicrografía de algunos tipos polínicos y MNPs de las muestras estudiadas./ Photomicrographs of some pollinic types and NPPs of the studied samples. **A**, *Condalia microphylla*; **B**, Asteraceae subfam. Asteroideae; **C**, Chenopodiaceae; **D**, *Prosopis* sp.; **E**, Poaceae; **F**, *Spirogyra* sp.; **G**, tipo Corticeaceae; **H**, *Arcella* sp.; **I**, huevo de copépodo; **J**, *Inapertisporites* sp.; **K**, *Botryococcus* sp. Escalas/Scale bars = 10 µm; I = 20 µm.

El polen de los árboles y arbustos típicos del Distrito del Caldén (Bosque Xerofítico) registrado en porcentajes <10% en todas las muestras analizadas, presenta su mayor diversidad y proporción, en concordancia con las coberturas, en las unidades planicie alta y ladera (La Salada), donde la tosca se halla cerca de la superficie. Su baja productividad polínica, polinización mayoritariamente entomófila y el reducido número de ejemplares presentes en el área, justifican los bajos porcentajes en los espectros polínicos. El polen arbóreo extra-regional (Podocarpaceae y Nothofagaceae) <2% se asocia con las masas de aire frío del SO provenientes de los bosques subantárticos o los vientos cálidos del norte de Argentina y sur de Brasil (Podocarpaceae), que ocasionalmente llegan a la región.

Dentro del polen de plantas acuáticas y de suelos húmedos, las familias Iridaceae, Alismataceae, Haloragaceae y Potamogetonaceae no se encuentran representadas en las coberturas. Sin embargo, las características anemófilas de estas familias y/o el transporte de polen desde las zonas altas de la cuenca (por escorrentía superficial o inundaciones) durante períodos de lluvias, podría explicar su presencia y bajos porcentajes en el espectro ( $\leq 1\%$ ). Los taxa Cyperaceae, *Thypa* sp. y *Juncus acutus* presentan una alta correspondencia con la vegetación censada y los porcentajes más altos del grupo en el espectro (e.g. Cyperaceae 9%). Esta buena correspondencia polen-vegetación ya ha sido registrada en estudios similares en la región (Grill & Lamberto, 2006)

reflejando el depósito prácticamente *in situ* de estos taxones polínicos y las condiciones favorables de preservación del medio acuático.

#### Relación MNPs y deterioro-vegetación

Dentro de los MNPs, las esporas fúngicas registran mayor proporción y diversidad que las esporas de algas, en todas las muestras estudiadas. Destacándose *Inapertisporites* sp. (67%) en la Estepa Halófita desarrollada en el ambiente de playa (La Salada) y *Glomus* sp. (54% y 57%) en las Comunidades Hidrófitas del humedal (La Salada) y laguna temporaria de Loma Ruiz, respectivamente. En relación a las esporas de algas, *Botryococcus* sp. y *Spirogyra* sp., alcanzan el 15% en los ambientes lacustres analizados en ambos sitios.

Diversos estudios sobre microfósiles fúngicos han demostrado que las esporas que se registran en un ambiente son en su mayoría de ocurrencia estrictamente local (van Geel & Aptroot, 2006), fosilizando cerca de su lugar de origen o bien son depositadas a corta distancia del sitio de esporulación (Medeanic & Silva, 2010). En consecuencia, las altas proporciones de *Glomus* en el humedal (laguna La Salada) y la laguna temporaria (Loma Ruiz) pueden asociarse con el aporte de sedimentos erosionados y acarreados hacia esos lugares desde áreas próximas; mientras que las proporciones importantes de *Botryococcus* sp. y *Spirogyra* sp. reflejan cuerpos de agua sujetos a salinidad variable bajo las condiciones de aridez que caracterizan a la región.

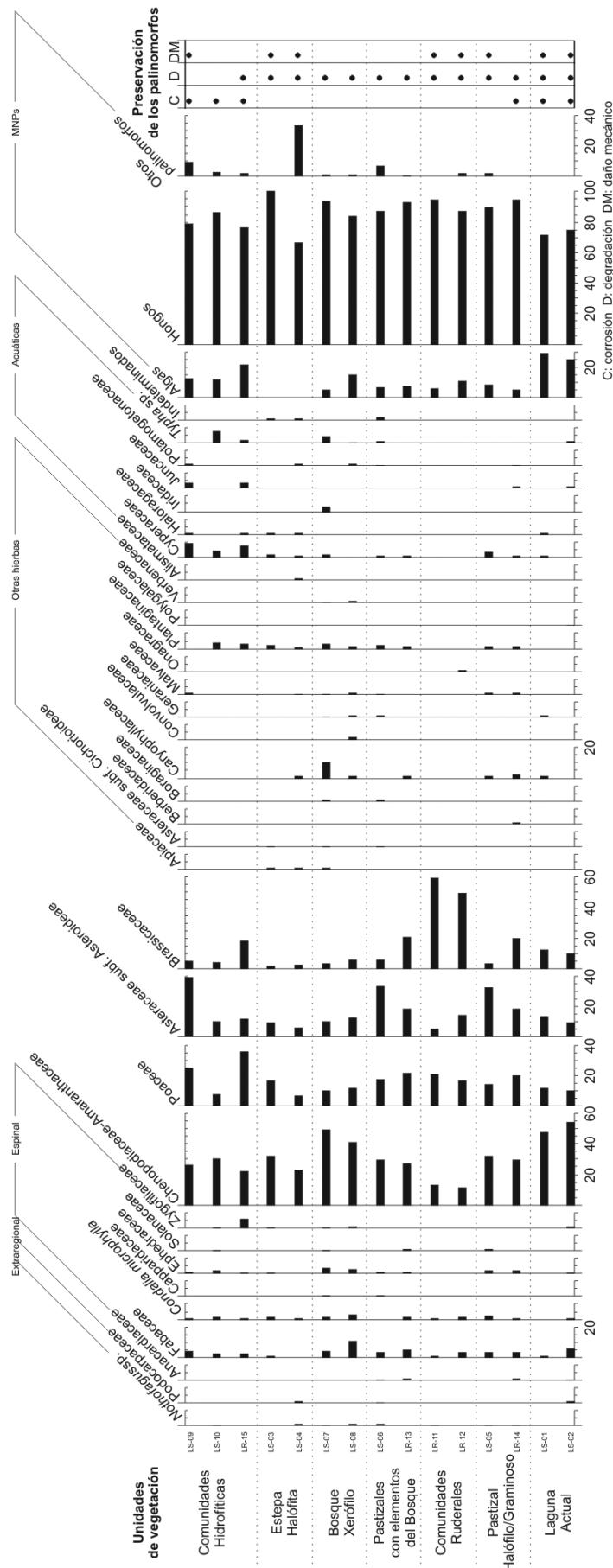


Figura 6. Diagrama polínico y de MNPs y análisis tafonómico de las muestras estudiadas en los sitios La Salada y Loma Ruiz.

Figure 6. Pollen and NPPs diagram and taphonomic analysis of the samples studied at La Salada and Loma Ruiz sites.

En relación al deterioro de los palinomorfos, la oxidación química predominante en las planicies alta, baja, media y ladera de La Salada e interduna de Loma Ruiz, denota períodos de exposición de los sedimentos y/o una cobertura vegetal exigua. La combinación de procesos tafonómicos (oxidación química, bioquímica y daño mecánico) en el resto de los ambientes, refleja una relativa atemperación de las condiciones ambientales.

## CONCLUSIONES

El análisis de las comunidades vegetales actuales en la cuenca inferior del río Colorado, indica que la vegetación dominante (Bosque Xerófilo) de la provincia del Espinal (Distrito del Caldén) se halla escasamente representada en el área de estudio. La mayor parte de la misma refleja comunidades locales que constituyen las coberturas típicas acompañantes del Espinal. Dichas comunidades edáficas registradas en ambientes de dunas en el sector norte de la cuenca, se hallan representadas por el Pastizal Halófito/Graminoso, Pastizal con Elementos del Bosque, las Comunidades Ruderales y Comunidades Hidrofíticas. Mientras que en el sector sur de la cuenca, desarrolladas sobre suelos salobres y con tosca subsuperficial, se encuentran la Estepa Halófita, el Pastizal con Elementos del Bosque, el Bosque Xerófilo y las Comunidades Hidrofíticas. Al igual que la vegetación, los palinomorfos reflejan comunidades locales y una exigua representación del Bosque Xerófilo en todos los espectros polínicos. La baja representatividad de este componente regional se vincularía con su polinización mayoritariamente entomófila y baja productividad polínica. La misma está relacionada también con la escasez de ejemplares en la región, como consecuencia del desmonte y expansión de la frontera agrícola.

Las diferencias composicionales de la vegetación y de los espectros polínicos de ambos sectores de la cuenca, reflejan además condiciones climáticas distintas: clima de tipo C1, subhúmedo-seco con IH entre 0 y -20, al norte, y clima del tipo D, semiárido con IH entre -20 y -40 (Thornthwaite, 1948), al sur de la cuenca. De lo antedicho se desprende el aporte importante que constituye la caracterización de análogos actuales en el área donde se efectúan reconstrucciones paleoambientales y paleoclimáticas de secuencias polínicas fósiles. Las comunidades vegetales y las asociaciones polínicas registradas al norte de la cuenca reflejan una mayor influencia de la Región Pampeana (ecotono Espinal-pastizales pampeanos), y hacia el sur de la cuenca una mayor influencia de la provincia del Monte (ecotono Monte-Espinal). Los MNPs, particularmente las esporas de hongos y algas, y el análisis de los aspectos tafonómicos, complementaron el análisis polínico efectuado.

El estudio de mayor número de muestras en la cuenca inferior del río Colorado, permitirá incrementar el conocimiento de las relaciones polen-vegetación-clima y en consecuencia realizar una mejor reconstrucción de las comunidades vegetales del pasado.

## AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen al Departamento de Geología de la Universidad Nacional del Sur (UNS), donde se llevaron a cabo las tareas que permitieron la elaboración del trabajo. A la SECyT de la UNS por el otorgamiento del PGI 24/H124 que brindó el apoyo económico. A M. Quattrocchio por la lectura crítica del manuscrito, a A. Andrade por la valiosa colaboración en las determinaciones botánicas, y a P. Paramidani y G. Chávez, por la asistencia en las tareas de campo. Agradecemos también a J. Cornago y A. Lorenzetti por las traducciones de los resúmenes.

## REFERENCIAS

- Adam, D.P. & Merhinger, J.M. 1975. Modern pollen surface sample analysis of subsamples. *Journal of Research of the US Geological Survey*, 3:733-736.
- Anderson, D.L.; Del Aguila, J. A. & Bernardón, A.E. 1970. Las formaciones vegetales en la provincia de San Luis. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, INTA, 3:153-183.
- Borromei, A.M. & Quattrocchio M. 1990. Dispersión del polen actual en el área de Bahía Blanca (Buenos Aires, Argentina). *Anales de la Asociación de Palinólogos de Lengua Española*, 5:39-52.
- Braun-Blanquet, J. 1950. *Sociología vegetal*. Buenos Aires, Acme, 444 p.
- Burgos, J. 1968. El clima de la provincia de Buenos Aires en relación con la vegetación natural y el clima. In: A. Cabrera (ed.) *Flora de la provincia de Buenos Aires*, INTA, p. 33-39.
- Cabrera, A.L. 1968. *Flora de la Provincia de Buenos Aires. 1º parte: Pteridófitas, Gimnospermas y Monocotiledóneas (excepto gramíneas)*. Buenos Aires, Colección Científica del INTA, 122 p.
- Cabrera, A.L. 1971. Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 14:1-42.
- Cabrera, A.L. 1976. *Regiones Fitogeográficas Argentinas*. 2ª ed. Buenos Aires, Acme, 85 p.
- Cabrera, A.L. & Willink A. 1980. *Biogeografía de América Latina*. 2ª ed. Washington D.C., Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, 120 p. (Serie de Biología, Monografía 13).
- Cano, E. & Movia, C. 1967. *Utilidad de la fotointerpretación en la cartografía de comunidades vegetales de bosque de calden* (*Prosopis caldenia*, Burkart). Buenos Aires, INTA, p. 5-44 (Serie Fitogeográfica 8).
- Delcourt, P.A. & Delcourt, H.R. 1980. Pollen preservation and Quaternary environmental history in the southeastern United States. *Palynology*, 4:215-231.
- Erdtman, G. 1952. *Pollen morphology and plant taxonomy*. Stockholm, Amqvist and Wiksell, 539 p.
- Fernández, A.L. 2012. *Palinología del Cuaternario tardío en la cuenca inferior del río Colorado, provincia de Buenos Aires, Argentina*. Universidad Nacional del Sur, Tesis Doctoral, 300 p.
- Fontana, S.L. 2003. Pollen deposition in coastal dunes, south Buenos Aires province, Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 126:17-37. doi: 10.1016/S0034-6667(03)00034-4
- Fontana, S.L. 2004. *Present and past coastal dune environments of south Buenos Aires Province, Argentina*. Uppsala, Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology, 38 p. (Monography 940).
- Fontana, S.L. 2005. Coastal dune vegetation and pollen representation at south Buenos Aires, Argentina. *Journal of Biogeography*, 32:719-735. doi:10.1111/j.1365-2699.2004.01221.x

- González Uriarte, M.; González Martín, F.; Kruguer, H.; Lamberto, S.; Arbanesi, G. & Vercesi, V. 1987. *Evaluación expeditiva del recurso suelo y uso y cobertura de la tierra en el sur de la provincia de Buenos Aires*. Bahía Blanca, INTA, Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi, 75 p. (Informe Técnico 28).
- Grill, S.C. 1997. Palinología de un perfil cuaternario en el valle del Napostá Grande, Buenos Aires, Argentina. *Polen*, **8**:23-40.
- Grill, S.C.; Borromei, A.; Martínez, G.; Gutiérrez, M.; Cornou, M. & Olivera, D. 2007. Palynofacial analysis in alkaline soils and paleoenvironmental implications: the Paso Otero 5 archaeological site (Necochea District, Buenos Aires province, Argentina). *Journal of South American Earth Sciences*, **24**:34-47. doi:10.1016/j.jsames.2007.02.010
- Grill, S.C. & Guerstein, G.R. 1995. Estudio palinológico de muestras superficiales en el estuario de Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Polen*, **7**:41-49.
- Grill, S.C. & Lamberto, S.A. 2006. Análisis palinofacial de sedimentos actuales en la cuenca inferior del río Quequén Salado, provincia de Buenos Aires, Argentina. Primeros resultados. *Revista Española de Micropaleontología*, **38**:77-92.
- Grill S.C.; March R. & Rodriguez Loredo, C. 2010. Sitio arqueológico QS1 (provincia de Buenos Aires, Argentina): evidencias palinológicas de fluctuaciones paleoclimáticas durante los últimos 1000 años A.P. *Comechingonia*, **13**:59-76.
- Grimm, E. 2004. *TGView version 2.0.2*. Springfield , Illinois State Museum/Research and Collection Center.
- Hammer, Ø.; Harper, D.A.T. & Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontology Electronica*, **4**:1-9.
- Heusser, C.J. 1971. *Pollen and spores of Chile. Modern types of the Pteridophyta, Gymnospermae and Angiospermae*. Tucson, The University of Arizona Press, 167 p.
- Heusser, L. & Stock, C. 1984. Preparation techniques for concentrating pollen from marine sediments and other sediments with low pollen density. *Palynology*, **8**:225-227.
- Hooghiemstra, H., 1984. Vegetational and climatic history of the High Plain of Bogota, Colombia: a continuous record of the last 3.5 million years. *Dissertationes Botanicae*, **79**:1-368.
- Kalgutkar, R.M., & Jansonius, J. 2000. *Synopsis of Fossil Fungal Spores, Mycelia and Fructifications*. Dallas, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 429 p.
- Lamberto, S. 1987. Vegetación Natural. In: M. González Uriarte; F. González Martín; H. Kruguer; S. Lamberto; G. Arbanesi & V. Vercesi (eds.) *Evaluación expeditiva del recurso suelo y uso y cobertura de la tierra en el sur de la provincia de Buenos Aires*, Buenos Aires, Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi/INTA, p. 51-53 (Informe Técnico 28).
- Markgraf, V. & D'Antoni, H. 1978. *Pollen Flora of Argentina*. Tucson, The University of Arizona Press, 208 p.
- Martínez, G.A.; Martínez, G.A.; Fernández, A.L. & Grill, S.C. 2012. Reconstrucción paleoambiental en ambientes áridos-semiáridos del Pleistoceno tardío-Holoceno en el área de transición pampeano-Patagónica oriental: un enfoque multi-proxy. In: CONGRESO DE CUATERNARIO Y GEOMORFOLOGÍA, 5, 2012. *Resúmenes*, Río Cuarto, p. 54.
- Medeanic, S. & Silva, M.B. 2010. Indicative value of non pollen palynomorphs (NPPs) and palynofacies for palaeoreconstructions: Holocene peat, Brazil. *International Journal of Coal Geology*, **84**:248-257. doi: 10.1016/j.coal.2010.08.015
- Medina, M.; Grill, S. & López, L., 2008. Palinología arqueológica: sus implicancias para el estudio del tardío prehispánico de las Sierras de Córdoba (Argentina). *Intersecciones en Antropología*, **9**:99-112.
- Moseholm, L.; Week, R.E. & Peterson, B.N. 1987. Forecast of pollen concentration of Poaceae (Grasses) in the air by Time Series Analysis. *Pollen et Spores*, **29**:305-322.
- Naab, O.A. 2004. *Estudio aeropalinalógico del Parque Nacional Lihuel Calel (parte 1 y 2)*. Universidad Nacional de Buenos Aires, Tesis Doctoral, 359 p.
- Pals, J.P.; van Geel, B. & Delfos A. 1980. Paleoecological studies in the Klokkeveel bog near Hoogkarspel (Prov. of Noord-Holland). *Review of Palaeobotany and Palynology*, **30**:371-418.
- Prentice, I.C. 1985. Pollen representation, source area and basin size: toward a unified theory of pollen analysis. *Quaternary Research*, **23**:76-86. doi:10.1016/0033-5894(85)90073-0
- Prentice, I.C. 1988. *Records of vegetation in time and space: the principles of pollen analysis*. In: B. Huntley & T. Webb III (eds.) *Vegetation history*, Kluwer, p. 17-42.
- Prieto, A.R. 1992. Dispersión polínica actual en relación con la vegetación en la estepa pampeana: primeros resultados. *Asociación Paleontológica Argentina*, **2**:91-95.
- Prieto, A.R. 1996. Late Quaternary vegetational and climatic changes in the Pampa grassland of Argentina. *Quaternary Research*, **45**:73-88. doi:10.1006/qres.1996.0007
- Prieto, A.R. 2000. Vegetational history of the Late glacial-Holocene transition in the grassland of Eastern Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **157**:167-188. doi:10.1016/S0031-0182(99)00163-7
- Prieto, A.R. & Quattrocchio, M.E. 1993. Briofitas y pteridofitas en sedimentos del Holoceno de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Anales de la Asociación de Palinólogos de Lengua Española*, **6**:17-37.
- Sánchez, R.; Pezzolla N. & Cepeda J. 1998. Caracterización edafoclimática del área de influencia del INTA, EEA Hilario Ascasubi. Buenos Aires, INTA, 132 p. (Boletín Técnico 18).
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2007. *Primer inventario Nacional de Bosques Nativos, Informe Regional del Espinal, Segunda Etapa*. Buenos Aires, Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas, BIRF 4085-AR , 223 p.
- Scian, B. 2009. Clima-Bahía Blanca y Sudoeste Bonaerense. In: J.D. Paoloni (ed.) *Ambiente y recursos naturales del partido de Bahía Blanca*, EdiUNS, p. 29-97.
- Stutz, S. & Prieto, A. 2003. Modern pollen and vegetation relationships in Mar Chiquita, coastal lagoon area, southeastern Pampa grasslands, Argentina. *Review of Paleobotany and Palynology*, **126**:183-195. doi: 10.1016/S0034-6667(03)00084-8
- Tonello, M.S. 2006. Reconstrucciones paleoclimáticas cuantitativas para el Cuaternario tardío de los pastizales pampeanos, basadas en la calibración de las relaciones polen-clima. Universidad Nacional de Mar del Plata, Tesis Doctoral, 166 p.
- Tonello, M.S. & Prieto, A.R. 2008. Modern vegetation-pollen-climate relationship for the Pampa grasslands of Argentina. *Journal of Biogeography*, **35**:926-938. doi:10.1111/j.1365-2699.2007.01854.x
- Thorntwaite, C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, **38**:55-94.
- van der Marell, E. 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community. *Vegetatio*, **39**:97-114. doi: 10.1007/BF00052021

- van Geel, B. & Andersen, S.T. 1988. Fossil ascospores of the parasitic fungus *Ustulina deusta* in Eemian deposits in Denmark. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **56**:89-93.
- van Geel, B. & Aptroot, A. 2006. Fossil ascomycetes in Quaternary deposits. *Nova Hedwigia*, **82**:313-329. doi: 10.1127/0029-5035/2006/0082-0313
- Verettoni, H.N. & Aramayo, E. 1976. *Las comunidades vegetales de la región de Bahía Blanca*. Bahía Blanca, Harris Editorial, 175 p.
- Winschel, C. & Zinger, A.S. 2003. Incendios forestales: su impacto. Partido de Villarino, provincia de Buenos Aires. In: JORNADAS INTERDISCIPLINARIAS DEL SUDOESTE BONAERENSE, 2, 2003. Bahía Blanca, Universidad Nacional del Sur, p. 479-488.

Received in July, 2015; accepted in March, 2016.