

## UTILIZACIÓN DE DATOS POLÍNICOS EN SITIOS ARQUEOLÓGICOS DE PATAGONIA: METODOLOGÍAS ESTADÍSTICAS, ALCANCES Y LÍMITES INTERPRETATIVOS

### USE OF POLLEN DATA IN ARCHAEOLOGICAL SITES OF PATAGONIA: STATISTICAL METHODOLOGIES, REACHES AND INTERPRETATIVE LIMITS

M. Alejandra Marcos<sup>1</sup>, Florencia P. Bamonte<sup>2</sup>, M. Virginia Mancini<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Paleoecología y Palinología, Departamento de Biología, FCEyN, UNMdP, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, CONICET, Rodríguez Peña 4046, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. Email: [mamarcos@mdp.edu.ar](mailto:mamarcos@mdp.edu.ar)

<sup>2</sup>Laboratorio de Paleoecología y Palinología, Departamento de Biología, FCEyN, UNMdP, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, CONICET, Rodríguez Peña 4046, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. Email: [bamonte@mdp.edu.ar](mailto:bamonte@mdp.edu.ar)

<sup>3</sup>Laboratorio de Paleoecología y Palinología, Departamento de Biología, FCEyN, UNMdP, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, CONICET, Rodríguez Peña 4046, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. Email: [mvmancin@mdp.edu.ar](mailto:mvmancin@mdp.edu.ar)

Presentado: 22/01/2020

Aceptado: 03/04/2020

#### Resumen

Los sitios arqueológicos presentes en Santa Cruz han brindado importante información sobre los cambios de la vegetación y del clima en diferentes escalas espaciales y temporales. En este trabajo presentamos ejemplos metodológicos para analizar los datos polínicos actuales y del registro fósil de cuatro secuencias arqueológicas (CMN1 y COCU a los 47°S; 71°O y B1Oq y CPD a los 49°S; 72°O) ubicadas al oeste de Santa Cruz. A partir de estos resultados se discuten los alcances y los límites interpretativos de los datos utilizados. Nuestros resultados indican que los análisis polínicos actuales han permitido diferenciar con significancia estadística las unidades de vegetación a escala local y regional para ambas áreas. Las secuencias estudiadas han permitido estimar la representación espacial de los registros fósiles mediante un análisis de correspondencia destendenciado. CMN1 y CPD reflejan cambios en la vegetación a mesoescala y a escala regional verificables con otras secuencias continuas de lagos y mallines (47°-49°; 50°S), mientras que COCU y B1Oq indican una señal local de la vegetación. Si bien debe considerarse cuidadosamente el alcance de los datos para abordar la pregunta paleoambiental, las secuencias arqueológicas brindan valiosa información y son muy importantes en aquellos ambientes donde no hay disponibilidad de secuencias naturales continuas (como lagos, mallines, lagunas). En este trabajo concluimos que los análisis estadísticos son una herramienta importante que complementan nuestros análisis. Además, es necesario conocer las particularidades de las áreas de estudio, la vegetación circundante, su geomorfología, y la representación espacial de los registros actuales y fósiles para reflejar con mayor fidelidad los estudios polínicos.

**Palabras Claves:** Modelo polínico actual y fósil, escalas de análisis espaciales y temporales, sitios arqueológicos, Patagonia.

## Abstract

*The archaeological sites of Santa Cruz have provided important information about vegetation and climate changes at different spatial and temporal scales. In this paper we present methodological examples to analyze modern pollen and fossil record data of four archaeological sequences (CMN1 and COCU, at 47 ° S, 71 ° W and B1Oq and CPD at 49 ° S, 72 ° W) west of Santa Cruz. Based on these results, we discussed the scopes and interpretative limits of the data used. Our results indicate that the vegetation units were differed with statistical significance at local and regional scales for both areas. The studied sequences have allowed us to estimate the spatial representation of the fossil record through a Detrended Correspondence Analysis. CMN1 and CPD reflect vegetation changes at mesoscale verifiable with other natural sequences (47 ° - 49 ° S and 50 ° S), while COCU and B1Oq indicate a local vegetation signal. While should consider carefully the data scope to address the palaeoenvironmental question, that archaeological sequences provide valuable information and are very important in those environments where continuous natural sequences are not available. In this article, we conclude that statistical analysis are an important tool that complements our analyzes. Also, it is necessary to know the study areas particularities, the surrounding vegetation, its geomorphology and the spatial representation of modern and fossil records to reflect with high fidelity the pollen studies.*

**Key Words:** *modern and fossil pollen model, spatial and temporal analysis scales, archaeological sites; Patagonia.*

## Introducción

La palinología es una herramienta utilizada para la estimación de la composición de la vegetación presente en ambientes determinados y para la reconstrucción de la historia de la vegetación del pasado. No solo brinda información acerca de patrones y procesos ecológicos como lo son los mecanismos de dispersión y los cambios en la distribución de la vegetación a largo plazo, sino que además, el análisis del registro fósil permite realizar inferencias acerca del clima, la vegetación y posibles disturbios antrópicos (Seppä 2007). En este sentido, la interpretación del análisis polínico implica dos aspectos diferentes: la reconstrucción de la vegetación y en forma secundaria, la explicación de las condiciones causales. Esta técnica, ha sido aplicada a un amplio rango de depósitos (marinos, lacustres, turberas, sitios arqueológicos) (Faegri y Iversen 1989). La arqueopalinología ha sido una disciplina muy útil para estudiar depósitos polínicos provenientes de diferentes sitios arqueológicos y estimar la composición de la vegetación del pasado (López Sáez *et al.* 2003). En particular en Patagonia, los estudios polínicos en sitios arqueológicos han brindado importante información sobre los cambios de la vegetación y del clima en diferentes escalas espaciales y temporales. Diversos estudios indican que estos cambios han tenido incumbencia en las decisiones tomadas por las poblaciones cazadoras-recolectoras respecto al uso del espacio y de los recursos (Borrero 1989-1990; Mancini 1998, 2002; entre otros). En este sentido, la interacción entre la heterogeneidad del paisaje, las condiciones climáticas y el uso de los recursos por los grupos humanos potencia el interés para integrar estudios palinológicos y arqueológicos en esta región. Variados estudios palinológicos han

utilizado secuencias arqueológicas de cuevas y abrigos rocosos de Santa Cruz para reconstruir comunidades vegetales del pasado y las condiciones ambientales en regiones áridas y semiáridas, considerando diferentes factores que pueden actuar sobre el registro fósil (Bamonte *et al.* 2013; Brook *et al.* 2013; de Porras 2010; de Porras *et al.* 2009; Horta *et al.* 2016; Mancini 2002, 2007; Mancini y Graham 2014; Mancini y Trivi de Mandri 1994; Mancini *et al.* 2002, 2012, 2013, 2018; Marcos *et al.* 2017, 2019; Prieto *et al.* 2018; Trivi de Mandri *et al.* 1994). Además, estas secuencias han sido una fuente importante de información paleoecológica debido a su cronología y a su disponibilidad en ese tipo de ambientes donde las secuencias continuas son menos abundantes.

Un aspecto importante a considerar en los estudios polínicos que provienen de secuencias arqueológicas son los procesos tafonómicos que pueden actuar sobre la preservación polínica. Para los sitios presentados en este trabajo, Marcos *et al.* (2019) han mostrado diferentes factores que pueden ser causales de problemas de preservación en el conjunto polínico fósil. Además, deben considerarse las escalas de análisis temporales y espaciales que reflejan los datos polínicos. Por un lado, se debe considerar la resolución espacial del conjunto polínico analizado y además, que las secuencias arqueológicas pueden representar ventanas temporales por lo cual la comparación de información polínica con secuencias no arqueológicas permite complementar los estudios paleoambientales. En esta instancia, nosotros presentamos ejemplos metodológicos para el análisis del conjunto polínico actual y del registro fósil de cuatro secuencias arqueológicas Cueva Milodón Norte 1 (CMN1) y Cerro Cuadrado 3 (COCU) a los 47°S; 71°O y Bloque 1 Oquedad (B1Oq) y Cueva Paisano Desconocido (CPD) a los 49°S; 72°O; Santa Cruz. Además, se integra la información paleoambiental de los sitios arqueológicos utilizados en este estudio con otros disponibles en Patagonia a fin de contextualizar los cambios ocurridos en el Holoceno en un marco regional. Por último, se discuten los alcances y los límites interpretativos de los datos utilizados.

### **Características generales de las áreas de estudio**

La heterogeneidad de la vegetación refleja a escala regional las restricciones impuestas por las características climáticas, topográficas y edáficas, mientras que a mesoescala y a escala local, la heterogeneidad se debe a la altitud, pendiente y exposición (Jobbágy *et al.* 1996; Paruelo *et al.* 1998). Así, la distribución de la vegetación está determinada por un fuerte gradiente de precipitación reflejado por un bosque denso al oeste hacia un bosque abierto y estepas hacia el este (Cabrera 1976; Movia *et al.* 1987; Roig 1998).

Los bosques subantárticos de *Nothofagus* crecen en las regiones andinas, donde las precipitaciones varían entre los 1200 y 400 mm/ año. Hacia el este, el bosque abierto de *Nothofagus* crece hasta una precipitación de 400 mm/año donde las condiciones edáficas y el balance hídrico son apropiados (Movia *et al.* 1987).

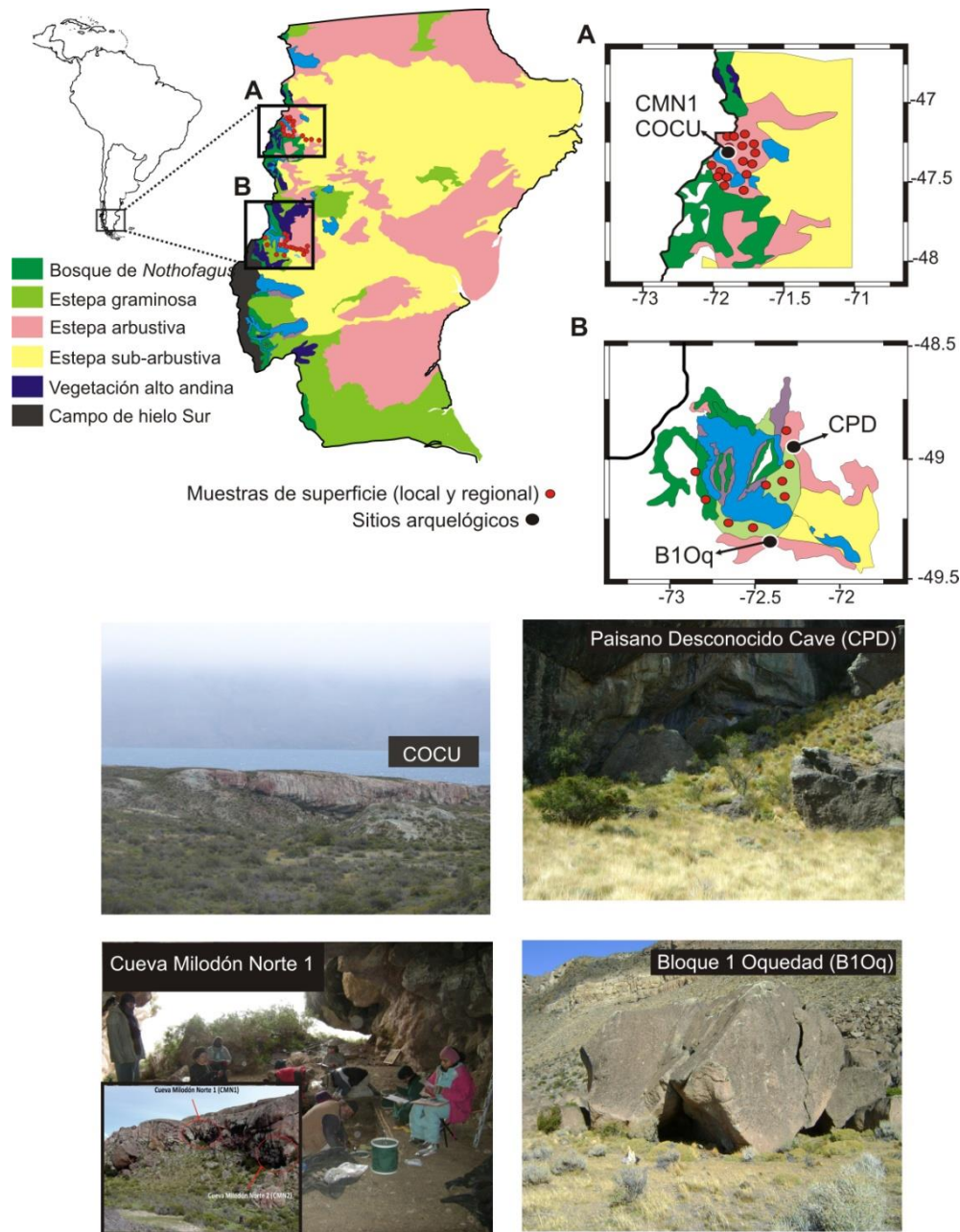


Figura 1. Mapa de la provincia de Santa Cruz indicando las unidades de vegetación a escala regional y la distribución de las muestras de polen superficial. Los rectángulos A y B muestran las comunidades vegetales a escala local, la ubicación y fotografías de los sitios de estudio utilizados en este trabajo y la distribución de muestras de sedimento superficial.

Limitando con el bosque caducifolio de *N. pumilio* y *N. antarctica* se desarrolla la estepa gramínea de *Festuca pallescens*, (Mancini *et al.* 2012). Las estepas gramíneas crecen entre 500 mm y 300 mm/año, en áreas donde las condiciones climáticas son más frías y húmedas debido a la topografía, orientación, altitud y características del suelo. Algunas de las especies que acompañan a *F. pallescens* son algunas hierbas como *Carex magellanica*, *C. canescens*, *Gunnera magellanica*, *Empetrum rubrum*, *Juncus sp.*, *Triglochin sp.*, *Ranunculus sp.* y *Acaena magellanica* (León *et al.* 1998; Roig 1998). En áreas más altas, se establecen arbustos enanos como *Senecio filaginoides*, *Nassauvia darwinii*, *Azorella caespitosa* y *Acaena pinnatifida*. Hacia el este, las estepas arbustivas que se desarrollan

entre los 400 y 200 mm/año están representadas por diferentes comunidades con representantes como *Junellia*, *Nardophyllum*, *Senecio*, *Mulinum* y *Berberis* (Mancini *et al.* 2012). La estepa subarborescente, crece donde los niveles de precipitación son menores a 200 mm/año y están dominadas por *Nassauvia glomerulosa*, *N. ulicina* y *Ephedra frustillata* (Movia *et al.* 1987; Roig 1998). Estas estepas arbustivas y subarborescentes son fisiológicas y florísticamente heterogéneas. Dicha heterogeneidad está relacionada con la variación espacial de la lluvia, la redistribución de la escorrentía y la diversidad edáfica (Mancini *et al.* 2012).

En el área del Lago Pueyrredón, donde se encuentran los sitios arqueológicos CMN1 y COCU, la vegetación está representada por una estepa arbustiva de *Mulinum spinosum* y *Berberis heterophylla*, acompañados por *Senecio filaginoides*, *Schinus molle* y gramíneas como *Festuca pallescens* y *Stipa* sp., entre otros. La cuenca del Lago San Martín presenta una estepa gramínea dominada por *Festuca pallescens* y *Festuca argentina*, acompañada por otras hierbas y el arbusto *Nardophyllum obtusifolium*. Hacia el este, se desarrollan los matorrales de *Berberis heterophylla*, *Senecio filaginoides* y *Mulinum spinosum* que se caracterizan por una cubierta densa. Los sitios Cueva Paisano Desconocido (CPD) y Bloque 1 Oquedad (B1Oq) se ubican en una zona de transición entre la estepa gramínea y arbustiva asociada a laderas rocosas (Figura 1).

## Materiales y Métodos

### *Modelo polínico actual*

Con el objetivo de estimar la representatividad de la vegetación respecto al conjunto polínico actual se recolectaron muestras de sedimento superficial a diferentes escalas espaciales (regional y local). El muestreo y recolección de las muestras de sedimentos superficiales se realizó de acuerdo al patrón de distribución de las comunidades vegetales presentes en cada área. Todas las muestras fueron tomadas siguiendo la técnica de submuestreo múltiple y cada muestra consistió de 5 submuestras recolectadas aleatoriamente (Adam y Mehringer 1975).

A escala regional, se recolectaron un total de 16 muestras en el área del Lago Pueyrredón y 49 muestras en el área de Lago San Martín y áreas ecotónicas representando las principales unidades de vegetación descritas para Patagonia (León *et al.* 1998; Movia *et al.* 1987; Oliva *et al.* 2001). El rango latitudinal comprendido entre los 47° y 50° S fue seleccionado con el objetivo de tener una mayor representación de las comunidades de bosque y estepas más secas, para deslindar principalmente factores netamente topográficos y así obtener una mejor representatividad de las estepas más occidentales. A escala local, se recolectaron 16 muestras en el área del Lago Pueyrredón y otras 16 muestras fueron recolectadas en el área del Lago San Martín.

La extracción de los granos de polen se realizó mediante las técnicas físico-químicas estándar (Bennett y Willis 2001; Faegri y Iversen 1989; Gray 1965). Para el reconocimiento de los granos se utilizó la palinoteca de referencia del Laboratorio de

Paleoecología y Palinología (UNMDP) y atlas polínicos (Heusser 1971; Markgraf y D'Antoni 1978). En este trabajo se presentan los diagramas polínicos resumidos mostrando las principales variables polínicas de cada sitio de estudio, los cuales fueron graficados con el programa TILIAGRAPH (TGView 2.0.2., Grimm 2004). Sin embargo, para los análisis estadísticos realizados se utilizaron todas las variables polínicas que representaran más de 1%, excluyendo los tipos polínicos exóticos y/o sobrerrepresentados en el registro polínico.

Se realizó un análisis discriminante (AD) para corroborar si las diferentes comunidades vegetales de las cuencas del Lago Pueyrredón y del Lago San Martín podían ser reflejadas en el conjunto polínico actual. El número de muestras utilizadas para definir cada grupo dependió de la disponibilidad de muestras recolectadas para cada área. De acuerdo a la información bibliográfica y a los datos de campo disponibles sobre las comunidades vegetales, se definieron grupos para el análisis estadístico. A escala regional, para el área de la cuenca del Lago Pueyrredón: Grupo 1- Estepa subarborescente, Grupo 2- Estepa arbustiva y Grupo 3- Comunidad ecotonal Bosque-Estera. A escala local se definieron tres grupos: Grupo 1-Comunidad arbustiva de *Mulinum*, Asteraceae y *Colliguaja*, Grupo 2- Comunidad arbustiva de *Mulinum*, Asteraceae y *Berberis*, Grupo 3- Comunidad arbustiva de *Mulinum* con elementos subarborescentes. Utilizando el mismo criterio, para la cuenca del Lago San Martín se definieron a escala regional cinco grupos: Grupo 1: Bosque, Grupo 2: Estepa arbustiva de *Mulinum*, Grupo 3: Estepa gramínea, Grupo 4: Estepa arbustiva, Grupo 5: Estepa subarborescente y a escala local tres grupos: Grupo 1-Bosque, Grupo 2-Estera gramínea del oeste, Grupo 3-Estera subarborescente.

Para el análisis de los resultados se consideró que una correlación canónica (R canónico) alta indica que las variables discriminantes diferencian los grupos. Asociado al valor canónico se encuentran los autovalores. Aunque un autovalor tiene un mínimo de cero, no tiene máximo, lo cual lo hace difícil de interpretar por sí solo. Por esta razón, se utilizó el estadístico Wilk Lambda cuyos valores cercanos a cero otorgan información sobre una mayor diferencia entre los grupos analizados (nivel de significancia  $p < 0.05$ ).

#### *Registro fósil de los sitios arqueológicos CMN1, COCU, B1Oq y CPD*

La cueva CMN1 está ubicada sobre la margen sur del Lago Pueyrredón, con orientación NO (310 m s.n.m.). Las excavaciones llevadas a cabo en el sitio indicaron un nivel de tephra coincidente con la erupción del volcán Hudson ( $6800 \pm 100$   $^{14}C$ ). Las ocupaciones humanas han sido registradas debajo y sobre este nivel de tephra sugiriendo una larga cronología de ocupación (De Negrís 2004). En la cueva CMN1 se dataron carbones recolectados de la capa 4-2, capa 5, capa 7 y capa 8 obteniéndose los siguientes fechados:  $1950 \pm 30$   $^{14}C$ ,  $2530 \pm 170$   $^{14}C$ ,  $5160 \pm 50$   $^{14}C$  y  $7790 \pm 30$   $^{14}C$  respectivamente. El sitio arqueológico Cerro Cuadrado 3 (COCU), se ubica sobre el margen sur del Lago Pueyrredón a 300 m s.n.m. Presenta tecnología lítica y restos de guanaco. Las dataciones hechas en la capa 2 ( $260 \pm 20$ ) y en la capa 3 ( $2080 \pm 20$ ) indican ocupaciones humanas del Holoceno tardío (Aschero *et al.* 2019).

Bloque 1-Oquedad (354 m s.n.m.) es un bloque roto orientado hacia el norte y protegido del viento está ubicada en la orilla sur del Lago San Martín (Belardi y Campán 2009; Belardi *et al.* 2010). El primer momento de ocupación es de  $9760 \pm 60$   $^{14}\text{C}$  año BP. Los fechados de radiocarbono que se realizaron a partir de huesos de *Lama guanicoe* con modificaciones antrópicas en las capas arqueológicas 2, 5 y 12 fueron  $1040 \pm 50$   $^{14}\text{C}$ ,  $1030 \pm 51$   $^{14}\text{C}$  y  $2270 \pm 50$   $^{14}\text{C}$  respectivamente. La Cueva del Paisano Desconocido (CPD; 500 m s.n.m.) es una cueva ubicada en el extremo noreste del mismo lago (Espinosa *et al.* 2013). Representa una ventana temporal entre los  $8000 \pm 40$   $^{14}\text{C}$  y los  $3030 \pm 30$   $^{14}\text{C}$  años AP, los fechados correspondientes a cuatro capas arqueológicas fueron los siguientes: Capa 2 ( $3030 \pm 30$   $^{14}\text{C}$ ), Capa 3 ( $4040 \pm 30$   $^{14}\text{C}$ ), Capa 6 ( $6930 \pm 40$   $^{14}\text{C}$ ) y la Capa 8 ( $8000 \pm 40$   $^{14}\text{C}$ ). De acuerdo con Espinosa *et al.* (2013) el registro arqueológico muestra baja intensidad del uso humano de este espacio.

	ESCALA DE ANÁLISIS	UNIDAD DE VEGETACIÓN	PRINCIPALES TIPOS POLÍNICOS
LAGO PUEYRRREDÓN	REGIONAL	1.Estepa Subarbustiva	<i>Nassauvia</i> , Chenopodioideae, <i>Ephedra</i> , <i>Chuquiraga</i> , Poaceae, Asteraceae
		2.Estepa Arbustiva	<i>Mulinum</i> , Asteraceae, Caryophyllaceae, Poaceae
		3.Comunidad ecotonal Bosque-Estepa	<i>Nothofagus</i> , Poaceae, <i>Mulinum</i> , Asteraceae
	LOCAL	1.Comunidad Arbustiva de <i>Mulinum</i> , Asteraceae y <i>Colliguaja</i>	<i>Mulinum</i> , Asteraceae, <i>Colliguaja</i> , Poaceae
		2.Comunidad Arbustiva de <i>Mulinum</i> , Asteraceae y <i>Berberis</i>	<i>Mulinum</i> , Asteraceae, <i>Berberis</i> , <i>Schinus</i> , Poaceae
		3.Comunidad Arbustiva de <i>Mulinum</i> con subarbustos	<i>Mulinum</i> , Asteraceae, Poaceae, <i>Nassauvia</i> , Chenopodioideae, <i>Ephedra</i>
LAGO SAN MARTÍN	REGIONAL	1.Bosque	<i>Nothofagus</i> , Poaceae, Asteraceae
		2.Estepa Arbustiva de <i>Mulinum</i>	<i>Mulinum</i> , Caryophyllaceae, Poaceae, Asteraceae
		3.Estepa Graminosa	Poaceae, Asteraceae, Caryophyllaceae
		4.Estepa Arbustiva	<i>Mulinum</i> , Caryophyllaceae, Poaceae, Asteraceae, Chenopodioideae
		5.Estepa Subarbustivo	<i>Nassauvia</i> , <i>Ephedra</i> , Chenopodioideae, Caryophyllaceae, Poaceae, Asteraceae,
	LOCAL	1.Bosque	<i>Nothofagus</i> , Asteraceae, Poaceae
	2.Estepa gramínea-arbustiva del oeste	Poaceae, Asteraceae, <i>Mulinum</i> , Caryophyllaceae	
	3.Estepa subarbustiva	<i>Nassauvia</i> , <i>Ephedra</i> , Chenopodiaceae, Poaceae, Asteraceae	

Tabla 1. En la tabla se muestran los principales tipos polínicos y unidad de vegetación asociada para las áreas de los Lagos Pueyrredón y San Martín a escala regional y local.



En esta instancia, se utilizaron las variables polínicas de cada sitio en porcentajes a fin de relacionar la información fósil con sus análogos modernos utilizando estadística multivariada y así analizar su representación espacio-temporal (Tabla 1 y 2).

Area	Sitios	Capas	Principales tipos polínicos	Reconstrucción de la vegetación	Holoceno
LAGO PUEYREDÓN	CMN1 (Horta <i>et al.</i> 2016)	Superficial Capa 1	<i>Mulinum</i> , <i>Colliguaja</i> , <i>Berberis</i> , Poaceae Asteraceae	Estepa arbustiva de <i>Mulinum</i> , <i>Berberis</i> , Asteraceae y <i>Colliguaja</i>	Tardío
		2,3,4,5	<i>Mulinum</i> , <i>Schinus</i> , Asteraceae, Poaceae, Caryophyllaceae	Estepa arbustiva abierta con hierbas	Medio
		7	<i>Mulinum</i> , Asteraceae, <i>Schinus</i> , Poaceae	Estepa arbustiva graminosa	Medio
		8,9	Poaceae, <i>Empetrum</i>	Estepa subarbustiva graminosa	Temprano
	COCU (Horta <i>et al.</i> 2019)	1,2,3,4,5,6	Asteraceae, <i>Mulinum</i> , <i>Schinus</i> , <i>Colliguaja</i> , Poaceae	Estepa arbustiva con hierbas	Tardío
LAGO SAN MARTÍN	B1Oq (Bamonte <i>et al.</i> 2013)	1,2,3,4,5	Asteraceae subf. Asteroideae, Poaceae, Caryophyllaceae, Rubiaceae, Monocotyledoneae, <i>Mulinum</i>	Estepa graminosa - arbustiva	Tardío
		6,7,8,9,10,11,1 2,13,14,15	Asteraceae subf. Asteroideae, Poaceae, <i>Mulinum</i> , <i>Nassauvia</i> , <i>Ephedra</i> , Chenopodioideae	Estepa arbustiva - subarbustiva	Medio a tardío
	CPD (Bamonte <i>et al.</i> 2013)	1,2,3,4	Asteraceae subf. Asteroideae, Poaceae, Cyperaceae, <i>Mulinum</i> ,	Estepa arbustiva	Medio a tardío
		5,6,7,8,9,10	Asteraceae subf. Asteroideae, Poaceae, Cyperaceae, Caryophyllaceae, Rubiaceae	Estepa graminosa	Temprano a medio

Tabla 2. Sitios arqueológicos (CMN1, COCU, B1Oq y CPD) y los principales tipos polínicos con los que se realizó la reconstrucción paleoambiental para el Holoceno.

Con el objetivo de analizar si las muestras actuales a escala regional y local se asocian con las muestras fósiles de los sitios arqueológicos se aplicó un análisis de correspondencia destendenciado (DCA). Todas las variables polínicas que excedían el 1% en las muestras polínicas actuales y fósiles fueron utilizadas para los análisis. El tipo polínico *Rumex* fue excluido ya que está relacionado con impacto antrópico. Además, por presentar porcentajes menores al 1 % los siguientes tipos polínicos fueron excluidos en los sitios arqueológicos analizados, en la cueva CMN1: Iridaceae, *Gillia* y *Lathyrus*, en COCU: Liliaceae, *Osmorhiza* y *Oenothera*, en B1Oq: Lamiaceae, Apiaceae, Onagraceae y Geraniaceae y en el caso de CPD: *Misodendrum* y Campanulaceae.



## Resultados

### *Representación polínica actual: escala regional y local*

En las figuras 2 y 3 se muestran los porcentajes polínicos de las muestras de superficie que se utilizaron para caracterizar la vegetación actual a escala regional y local.

#### Lago Pueyrredón: escala regional

Los conjuntos polínicos reflejan las diferentes unidades de vegetación a lo largo del gradiente de precipitación oeste-este.

Estepa subarbusciva (E. SA): está caracterizada por Asteraceae subf. Asteroideae (5 % - 35 %), Chenopodioideae (5 % - 35 %) y *Nassauvia* (15 % - 25 %) acompañado por *Schinus*, *Ephedra*, *Chuquiraga* y hierbas como Poaceae los cuales presentan valores entre 25 % y 35 % (Figura 2a).

Estepa arbustiva (EA): representada por altos valores de *Mulinum* y Asteraceae subf. Asteroideae (20 % - 70 % y 25 % - 60 % respectivamente) acompañado de bajos valores de arbustos tales como *Schinus*, *Colliguaja* y *Berberis* y subarbuscivos como *Azorella*. Entre las hierbas, Poaceae (5 % - 13 %) y Caryophyllaceae (1 % - 10 %) presentan valores similares que la unidad anterior.

Comunidad ecotonal Bosque-estepa arbustiva (BOSQ/EA): está caracterizada principalmente por *Nothofagus* (34 % - 40 %), *Podocarpus* (5 % - 25 %), *Mulinum* (10 % - 25 %) y Asteraceae subf. Asteroideae (15 % - 30 %). Entre las hierbas Poaceae (7 % - 22 %) y Caryophyllaceae (5 % - 10 %) son las más representativas.

#### Lago Pueyrredón: Escala local

Los conjuntos polínicos se subdividen en tres comunidades vegetales:

Comunidad estepa arbustiva de *Mulinum* y Asteraceae: está caracterizada por altos porcentajes de *Mulinum* (30 % - 80 %) junto con Asteraceae subf. Asteroideae (10 % - 50 %). Los arbustos acompañantes son *Colliguaja*, *Schinus* y Ericaceae. Entre las hierbas más representativas están Poaceae (5 % - 15 %) y Caryophyllaceae (2 % - 7 %) y *Acaena* (1 % - 5 %). Los subarbuscivos están representados por *Nassauvia* (1 %) y Chenopodioideae (1 % - 2 %) en bajos porcentajes.

Comunidad de estepa arbustiva de *Mulinum*, Asteraceae y *Berberis*: Los mayores porcentajes polínicos en esta comunidad están caracterizados por Asteraceae subf. Asteroideae (20%-80%) y *Mulinum* (5 % - 70 %). *Berberis* está presente en casi todas las muestras con valores muy bajos (1 % - 2 %). Otros arbustos acompañantes son *Schinus* (2 %) y *Colliguaja* (5 %) en una muestra. Poaceae está presente con valores que oscilan entre 5 % - 15 % junto con otras hierbas como Caryophyllaceae (2 %) y *Acaena* (1 % - 2 %). Los subarbuscivos como *Nassauvia*, Chenopodioideae y *Ephedra* están presentes en mínimas proporciones (1 % - 3 %) o están ausentes.

Comunidad estepa arbustiva de *Mulinum* con *elementos subarbuscivos*: está caracterizado por moderados valores de *Mulinum* (7-22 %) y Asteraceae subf. Asteroideae (11 % y 30 %). Los subarbuscivos como *Nassauvia*, Chenopodioideae y *Ephedra* están presentes con valores de (1 % - 4 %). Las hierbas están representadas por Poaceae (5 % - 20 %) y Caryophyllaceae (2 % - 7 %).

Lago Pueyrredón

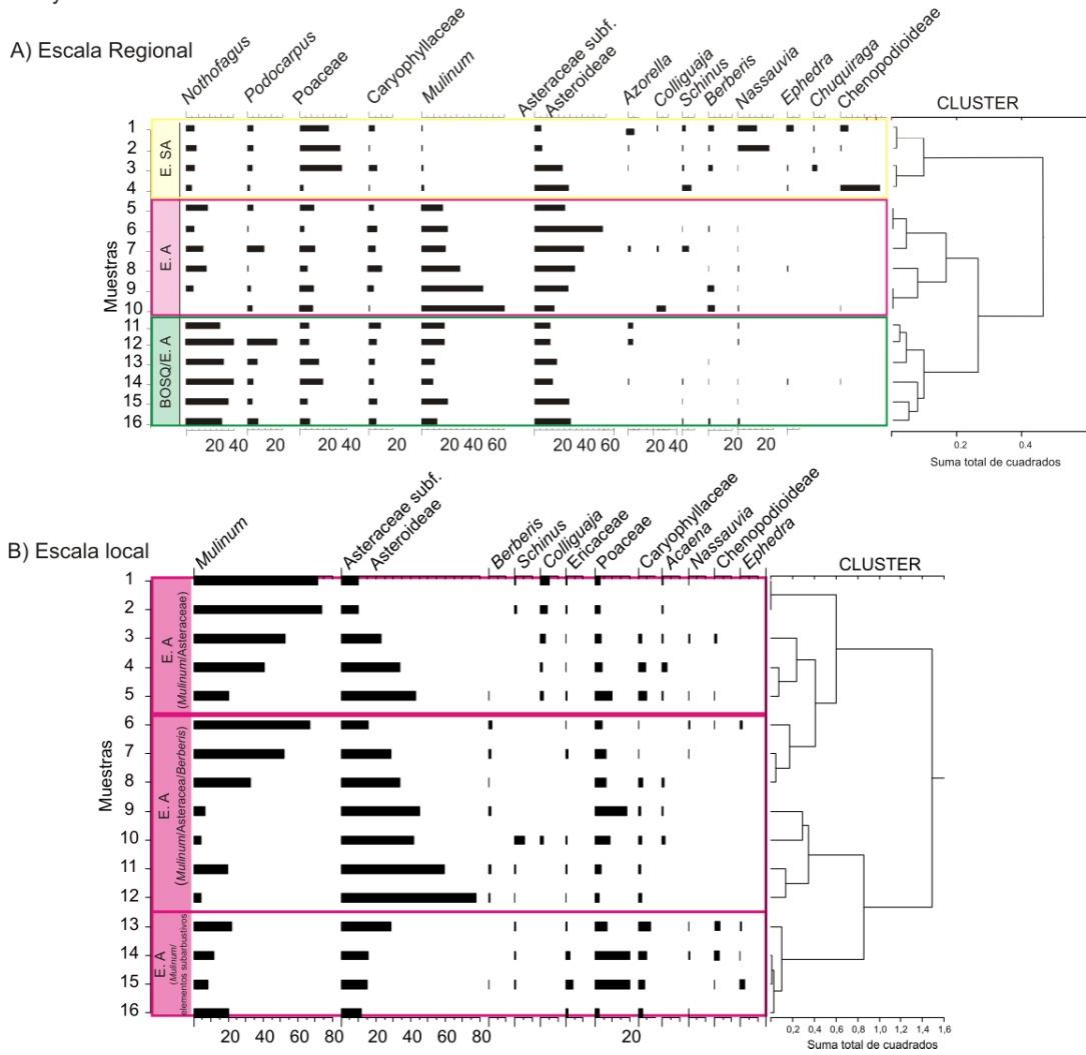


Figura 2. Diagramas polínicos en porcentajes de las principales variables utilizadas para representar la vegetación del área de Lago Pueyrredón a escala regional (A) y local (B).

Lago San Martín: escala regional

A partir del análisis polínico de muestras actuales del sudoeste de Santa Cruz realizados en Bamonte (2012); Bamonte y Mancini (2009, 2011); Mancini (1998, 2002) y Mancini *et al.* (2002) se reflejó la relación con las diferentes unidades de vegetación que se desarrollan a lo largo del gradiente de precipitación oeste-este entre los 47 y 50° S. En este trabajo las muestras que se utilizaron fueron ubicadas en un gradiente oeste-este y mediante un agrupamiento se identificaron las distintas unidades de vegetación: Bosque (BOSQ): caracterizado por altos porcentajes de *Nothofagus* entre 40 % y 95 %. Entre los arbustos se destaca *Asteraceae* subf. *Asteroideae* varía entre (5 % - 35%). El estrato herbáceo está representado por *Poaceae* con el 3 5%. *Caryophyllaceae* (2 %) presenta el mayor porcentaje alcanzando el 20% en la muestra más cercana a la estepa (siguiente unidad).

Estepa arbustiva de *Mulinum* (EA): está caracterizada principalmente por *Mulinum* con valores entre (15 % - 45 %), los valores de los arbustos acompañantes varían entre (10 %- 20 %) para Asteraceae subf. Asteroideae y menores al 5 % para Ericaceae. Los valores de Poaceae se incrementan entre (15 % - 40 %); *Acaena* menores al 10% y Caryophyllaceae alrededor del 10 %. Los porcentajes de *Nothofagus* disminuyen a valores menores al 20 %.

Estepa Graminosa (EG): está dominada por 75 % de Poaceae. Entre los arbustos, Asteraceae subf. Asteroideae presenta valores hasta el 15 %. *Mulinum* alcanza el 15 % en la muestra más occidental de esta unidad. Entre las hierbas Caryophyllaceae alcanza el 11 % y *Acaena* el 10 % en una muestra.

Estepa Arbustiva (EA): esta unidad es representada por valores altos de Asteraceae subf. Asteroideae que varían entre (24 % - 66 %) asociado a otros arbustos tales como *Adesmia* con 20 % y *Mulinum* con valores alrededor del 7 %. Entre las hierbas, Caryophyllaceae es la más representativa con valores del 7 %.

Estepa Sub-arbustiva (E. SA): está caracterizada por *Nassauvia* alrededor del 30 %, *Ephedra* hasta el 20 % y Chenopodioideae entre (30 % - 40 %), mientras que los valores de Poaceae se encuentran entre el (5 % - 50 %) y los valores de Asteraceae subf. Asteroideae representan el 30 %.

Lago San Martín: escala local

A partir del ordenamiento estadístico realizado, se determinó que las muestras correspondientes a escala local representan las siguientes unidades de vegetación.

Bosque (BOSQ): este grupo está conformado por muestras pertenecientes al bosque que se desarrolla en el extremo sudoeste del lago. *Nothofagus* presenta valores entre (73 % - 84 %). Respecto a los arbustos *Mulinum* presenta valores cercanos al 2 % y Asteraceae subf. Asteroideae entre (11 % - 25 %). Entre las hierbas Poaceae presenta valores entre el (11 % - 39 %) y Caryophyllaceae de 4 %.

Estepa Graminosa del oeste (E. G oeste): las muestras que componen este grupo corresponden a las estepas que se desarrollan en los márgenes sur, este y noreste del lago. *Nothofagus* presenta valores entre (4 % - 50 %). Los valores de *Mulinum* varían entre (1 % - 48 %); mientras que los valores de Asteraceae subf. Asteroideae entre (9 % - 70 %). Ericaceae presenta valores menores al 5% y tanto *Nassauvia* como Chenopodioideae menores al 1 %. Entre las hierbas Poaceae varía entre (4 % - 57 %) y Caryophyllaceae entre el (1 % - 35 %).

Estepa Subarbustiva (E. SA): este grupo está representado por muestras del sudeste del lago. *Nothofagus* varía entre 13 % y 20 %. Asteraceae subf. Asteroideae varía entre (2 % - 30 %). *Mulinum* se observa en una sola muestra con valores del 14 %, mientras que Ericaceae presenta valores menores al 1 %. *Nassauvia* varía entre (6 % - 25 %), *Ephedra* alcanza el 20 % y Chenopodioideae presenta valores entre el (11 % - 1 %).



	<i>LP Regional</i>	<i>LP Local</i>
<i>Wilk Lambda</i>	0.000	0.002
<i>Nivel de significancia</i>	0.000	0.016
	<i>LSM Regional</i>	<i>LSM Local</i>
<i>Wilk Lambda</i>	0.000	0.001
<i>Nivel de significancia</i>	0.000	0.000

Tabla 3a. Se indica los resultados de los análisis discriminantes (Wilk Lambda y nivel de significancia) realizados a escala regional y local para cada área de estudio. Valor p 0.05 significancia estadística

<i>LP Regional</i>	<i>Función</i>	<i>Autovalor</i>	<i>% de varianza</i>	<i>% acumulado</i>	<i>R canónico</i>
	1	1348,2	98,9	98,9	1,00
	2	15,63	1,1	100	0,969
<i>LP Local</i>	<i>Función</i>	<i>Autovalor</i>	<i>% de varianza</i>	<i>% acumulado</i>	<i>R canónico</i>
	1	73,339	92,3	92,3	0,993
	2	6,101	7,7	100	0,927
<i>LSM Regional</i>	<i>Función</i>	<i>Autovalor</i>	<i>% de varianza</i>	<i>% acumulado</i>	<i>R canónico</i>
	1	37,47	56,5	56,5	0,987
	2	20,83	31,4	88	0,77
<i>LSM Local</i>	<i>Función</i>	<i>Autovalor</i>	<i>% de varianza</i>	<i>% acumulado</i>	<i>R canónico</i>
	1	456,88	98,0	98,0	0,999
	2	9,24	2,0	100	0,950

Tabla 3b. Se expresan los valores de los autovalores, porcentajes de varianza y correlación canónica a escala regional y local para cada área de estudio.

El análisis a escala regional para el área del Lago Pueyrredón indica que la primera y segunda función discriminante fueron significativas estadísticamente (R canónico: 1.000 y 0.969) explicando el 98.9 % y 1.1 % de la varianza total. Las variables que más contribuyeron al poder de discriminación fueron *Colliguaja*, *Asteraceae*, *Poaceae*, *Podocarpus*, *Mulinum* y *Nothofagus*. A escala local los valores del R canónico fueron 0.993 y 0.927 respecto a la primera y segunda función discriminante explicando el 92.3 % y el 7.7 % de la varianza total. *Acaena*, *Mulinum*, *Schinus*, *Chenopodioideae* y *Poaceae* fueron las variables con mayor discriminación entre grupos (Tabla 3b).

Respecto a los análisis discriminantes para el área del Lago San Martín, a escala regional el R canónico presentó valores de 0.987 y 0.977 respecto a la primera y segunda función discriminante explicando el 56.5 % y el 31.4 % de la varianza total. Las variables que discriminaron en mayor medida los grupos fueron *Acaena*, *Santalaceae*, *Polemoniaceae*, *Ericaceae*, *Mulinum*, *Apiaceae* y *Poaceae*. Mientras que a escala local la primera y segunda función discriminante (R canónico: 0.999 y 0.950) explica el 98 % y 2 % de la varianza total. *Nassauvia*, *Cyperaceae*, *Asteraceae*, *Poaceae* y *Ephedra* contribuyeron significativamente a discriminar entre grupos (Tabla 3b).

Los análisis discriminantes realizados para las áreas Lago Pueyrredón y San Martín han diferenciado los grupos a escala local y regional (Figura 4). Sólo en el análisis discriminante del Lago San Martín a escala regional se observa un leve solapamiento de dos muestras de superficie, una correspondiente al grupo estepa gramínea y la otra del grupo estepa arbustiva que se juntan con el grupo estepa subarbustiva. En particular para esta situación, la muestra correspondiente a la estepa gramínea presenta altos porcentajes de *Nassauvia* comparado con las otras muestras del grupo. De la misma manera, la otra muestra del grupo estepa arbustiva solapada con la estepa subarbustiva presenta altos valores de *Chenopodioideae* lo que puede explicar los solapamientos mencionados anteriormente (Figura 3a).

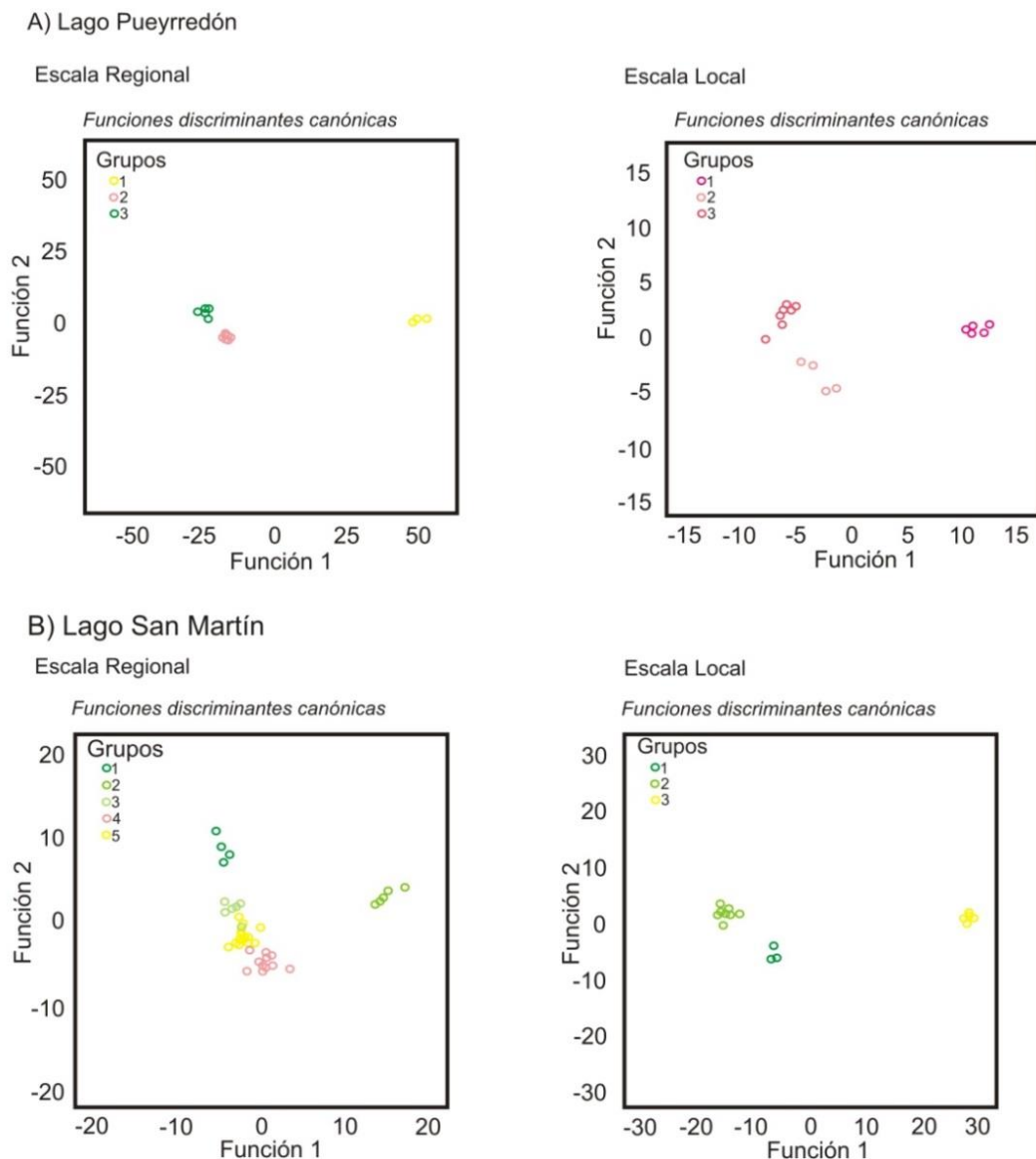


Figura 4. Análisis discriminante (AD) aplicado a muestras polínicas de superficie a escala local y regional para las áreas del Lago Pueyrredón y Lago San Martín. Los puntos de colores indican las agrupaciones de los grupos definidos para el análisis.

*Relación entre la representación espacial de los conjuntos polínicos actuales y fósiles*

Los DCA realizados indican que las muestras polínicas de los sitios CMN1 y CPD se asocian con las muestras actuales a escala regional y mesoescala respectivamente mientras que las muestras polínicas de los sitios COCU y B1Oq lo hacen a escala local.

Las muestras fósiles del sitio CMN1 se agrupan principalmente con las muestras pertenecientes al bosque y a la estepa arbustiva a escala regional (Figura 5a). Los dos primeros ejes explican el 28,98 % y 20,07 % de la varianza total. Respecto a la correspondencia entre las muestras fósiles CMN1 y las de superficie a escala local (Figura 5b), se observa que no hubo una asociación evidente. Los dos primeros ejes explican el 43,33 % y 26,84 % de la varianza total.

En el DCA realizado entre las muestras fósiles del sitio COCU y las muestras actuales a escala regional (Figura 5c), la varianza total explicada por los dos primeros ejes es de 27,68 % y 22,60 % y no hay una clara correspondencia entre las muestras analizadas. En adición, diferentes muestras fósiles se asocian con algunas muestras de cada grupo. Al contrario, el análisis de correspondencia entre las muestras fósiles del sitio COCU y las muestras de sedimento superficial a escala local (Figura 5d) muestran una clara asociación con las estepas arbustivas presentes en el área. Para este análisis la varianza total explicada por los dos primeros ejes fue del 50,79 % y 22,79 %.

Para el área del Lago San Martín el DCA realizado entre las muestras fósiles de B1Oq y las muestras de sedimento superficial a escala regional (Figura 5e) no indica una clara correspondencia. La varianza total explicada por los dos primeros ejes es de 27,24 % y 21,50 %. El análisis de correspondencia realizado entre B1Oq y las muestras actuales a escala local (Figura 5f), señalan una evidente asociación entre las muestras fósiles y las muestras de la estepa gramínea del oeste ubicadas sobre el lado izquierdo e inferior de los ejes 1 y 2 respectivamente. En este análisis la varianza total explicada fue de 32,46 % y 18,43 % respectivamente. No hay asociación con las muestras de bosque ni con la estepa subarbustiva.

Respecto al DCA realizado entre las muestras fósiles de la secuencia arqueológica CPD y las muestras polínicas actuales a escala regional (Figura 5g), no es clara la correspondencia sino que diferentes muestras fósiles se agrupan con distintas unidades de vegetación (estepa arbustiva, estepa arbustiva de *Mulinum* y estepa subarbustiva). Los dos primeros ejes en este análisis explican el 22,55 % y 19,65 % de la varianza total. Por otro lado, tampoco hay correspondencia entre las muestras fósiles CPD y las muestras de superficie a escala local (Figura 5h). La varianza total explicada por los dos primeros ejes fue de 23,14 % y 16,88 % respectivamente.



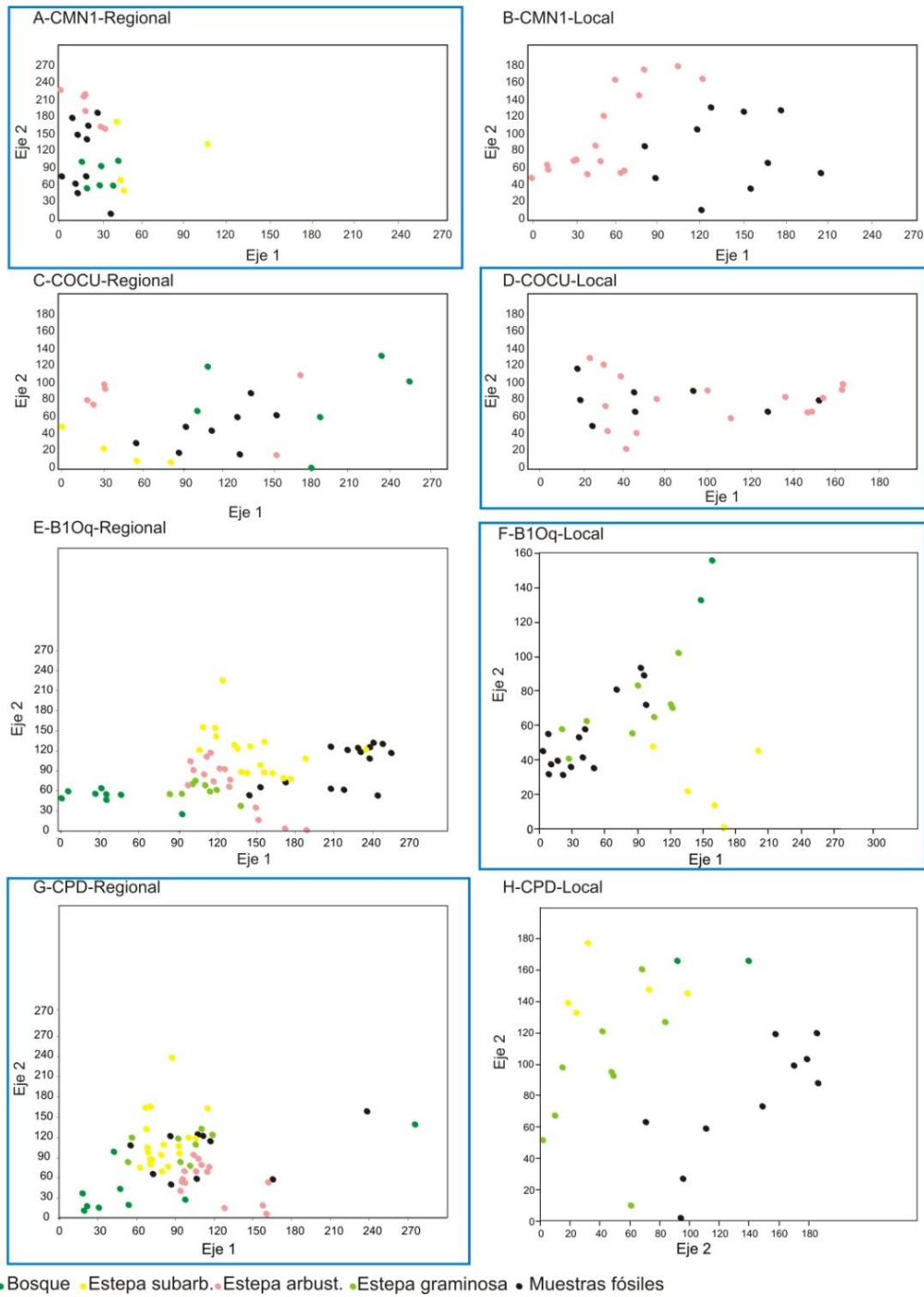


Figura 5. Análisis de correspondencia destendenciado (DCA) realizado entre: A-Muestras actuales del Lago Pueyrredón a escala regional y la secuencia fósil CMN1; B- Muestras actuales del Lago Pueyrredón a escala local y la secuencia fósil CMN1; C - Muestras actuales del Lago Pueyrredón a escala regional y la secuencia fósil COCU; D- Muestras actuales del Lago Pueyrredón a escala local y la secuencia fósil COCU; E- Muestras actuales del Lago San Martín a escala regional y la secuencia fósil B1Oq; F- Muestras actuales del Lago San Martín a escala local y la secuencia fósil B1Oq; G- Muestras actuales del Lago San Martín a escala regional y la secuencia fósil CPD; H- Muestras actuales del Lago San Martín a escala local y la secuencia fósil CPD. Los gráficos enmarcados en azul indican los análisis que mostraron la mejor correspondencia entre los datos.

## Discusión

### *Representación polínica actual: escala regional y local*

Los resultados presentados en este estudio evidencian la importancia de estudiar la representatividad espacial del modelo polínico para luego inferir condiciones paleoambientales del pasado. Los conjuntos polínicos analizados han brindado importante información sobre las diferentes unidades de vegetación presentes en las áreas de estudio. Los análisis de agrupamiento y discriminante documentaron la relación espacial y cualitativa entre el polen actual y la vegetación. Todos los grupos definidos para representar las unidades de vegetación a escala regional o comunidades vegetales a escala local han sido claramente diferenciados en las áreas estudiadas (Figuras 2, 3 y 4; Tabla 3).

A nivel regional las muestras polínicas permitieron reflejar los cambios en la vegetación a lo largo del gradiente de precipitación oeste-este presente en Santa Cruz y evidenciaron la heterogeneidad de las comunidades vegetales con un claro incremento de la aridez hacia el este.

Respecto al área del Lago Pueyrredón, las variables polínicas que más discriminaron la separación entre los grupos a escala regional (*Colliguaja*, Asteraceae, Poaceae, *Podocarpus*, *Mulinum* y *Nothofagus*) se encuentran altamente caracterizadas en la vegetación (Asteraceae, *Mulinum*, Poaceae y *Colliguaja*) y/o representan tipos polínicos de larga distancia con dispersión anemófila (*Podocarpus* y *Nothofagus*). Respecto a las variables que discriminaron en mayor proporción la separación de los grupos a escala local (*Acaena*, *Mulinum*, *Schinus*, Chenopodioideae y Poaceae) reflejan a aquellos tipos polínicos cuya vegetación se encuentra muy representada en el área. Polínicamente esta unidad se ve dominada por Asteraceae subf. Asteroideae, *Mulinum* y *Berberis*. El tipo polínico Chenopodioideae es un componente importante de la comunidad arbustiva de *Mulinum* con elementos subarbustivos. Esta comunidad está constituida por arbustos como *Mulinum spinosum* asociados a otros como *Atriplex lampa* (Chenopodioideae) y *Nardophyllum* sp. (Asteraceae subf. Asteroideae) y gramíneas del género *Stipa* como *Stipa speciosa*, *S. humilis*, *S. chrysophylla* y *S. ibari* (Poaceae).

En el caso del área del Lago San Martín, las variables polínicas que más aportaron para diferenciar los grupos a escala regional fueron Ericaceae, *Mulinum*, *Acaena*, Poaceae y Santalaceae. El peso estadístico de estos tipos polínicos para discriminar grupos del AD es explicado por su importante proporción en la vegetación del área. En los sectores de la estepa arbustiva de *Mulinum*, se observan asociaciones polínicas dominadas por arbustos como *Mulinum* y Ericaceae y hierbas tales como Caryophyllaceae y *Acaena*. *Cerastium arvense* (Caryophyllaceae) y *Acaena pinnatifida* y *A. ovalifolia* son especies características de estas zonas de estepas cercanas al bosque. Entre los arbustos, *Mulinum spinosum* es otra especie característica así como *Gaultheria* spp. (Ericaceae). Las asociaciones polínicas representantes de las estepas gramínea y arbustiva, son las que presentan las

mayores similitudes debido a que comparten taxones, aunque en distintas proporciones, principalmente Poaceae y Asteraceae subf. Asteroideae. El tipo polínico Santalaceae (*Myoschilos* sp.) representa una especie parásita asociada a la unidad de Bosque, en el extremo sudoeste del lago, y que se caracteriza por ser un bosque discontinuo de árboles viejos de *Nothofagus pumilio*. Si bien es un tipo polínico raro de encontrar por su escasa representación en el espectro polínico, el alto número de muestras seleccionadas para el área favoreció su presencia.

A escala local, las variables que discriminaron en mayor medida los grupos fueron *Nassauvia*, Cyperaceae, Asteraceae, Poaceae y *Ephedra*. Estos tipos polínicos pueden asociarse a la estepa gramínea, que caracteriza al este del San Martín, asociado con elementos de la estepa subarborescente. Bordeando al lago por sus extremos sur y este (muestras 5, 6, 8, y 10, Figura 4b) se desarrolla una estepa gramínea del oeste. Esta estepa está dominada por *Festuca pallens* acompañada por *Festuca argentina*. Entre las gramíneas del área encontramos *Poa ligularis*, *Stipa chrysophylla* y *Festuca pyrogea*. *Senecio filaginoides* es uno de los arbustos más abundantes. En el extremo sudeste del lago, entre el San Martín y el Tar (muestras 12, 13, 14, 15 y 16, Figura 3b), la estepa subarborescente es caracterizada por *Nassauvia glomerulosa* y *Ephedra frustillata* asociadas a coirones de *Festuca pallens*, *Stipa* sp. y *Poa* sp.

#### *Relación entre la representación espacial de los conjuntos polínicos actuales y fósiles*

Los análisis de correspondencia descendidos entre las muestras fósiles de cada sitio arqueológico y las respectivas muestras actuales a escala regional y local han permitido explicar la relación entre los conjuntos polínicos. No todos los análisis realizados han mostrado relación directa en las asociaciones polínicas, lo cual nos permite discutir con esta metodología estadística qué representación espacial tienen los sitios arqueológicos que posteriormente se utilizan en las reconstrucciones paleoambientales. Nuestros resultados muestran que los sitios arqueológicos CMN1 y CPD estarían reflejando una señal regional/mesoescala de la vegetación mientras que los sitios arqueológicos COCU y B1Oq indicarían una señal local (ver gráficos enmarcados en azul en la Figura 5).

En el caso de CMN1, las muestras fósiles se agruparon con muestras de bosque y de la estepa arbustiva y subarborescente (Figura 5a), lo cual coincide con las reconstrucciones hechas para el sitio arqueológico (Horta *et al.* 2016). El Holoceno temprano se caracterizó por una estepa gramínea con elementos subarborescentes y un posterior cambio de la vegetación en el Holoceno medio hacia una estepa arbustiva. Posteriormente se establece la comunidad arbustiva de *Mulinum* presente en la actualidad (Horta *et al.* 2016). Por el contrario, el análisis de DCA de CMN1 con las muestras actuales a escala local no muestra asociación, sólo algunas muestras fósiles se encuentran cercanas espacialmente con muestras actuales. En este caso, los tres grupos de muestras actuales representan diferentes comunidades de la estepa arbustiva presente hoy en día en el área. Las muestras actuales parecen formar un solo grupo espacialmente. Esto se debe a que las leves diferencias entre

los grupos es producto de variaciones en las proporciones de tipos polínicos compartidos. Sin embargo, todos los grupos a escala local forman parte de la estepa arbustiva definida a escala regional. Por esta razón, los cambios en la vegetación inferidos desde el registro fósil de CMN1 no son evidenciados por las muestras locales dado que sólo representan a la estepa arbustiva (Figura 5b).

El sitio arqueológico COCU representa temporalmente los últimos 1500 años, los registros polínicos indican para este periodo el desarrollo de una estepa arbustiva principalmente de *Mulinum* similar a la presente hoy en el área (Horta *et al.* 2019). De acuerdo con esto, resulta claro explicar la poca asociación de las muestras fósiles con las muestras polínicas actuales a escala regional. Como puede observarse en la Figura 5c, no hay una asociación evidente de las muestras fósiles con ningún grupo actual. No resulta sencillo explicar la disposición de las muestras de este análisis, de acuerdo a las inferencias paleoambientales esperaríamos que las muestras fósiles se asocien un poco más con las muestras de la estepa arbustiva; sin embargo, algunas se asocian con la estepa subarbustiva y con el bosque. Por el contrario, el análisis de correspondencia destendenciado entre las muestras fósiles COCU y las muestras actuales a escala local explica mejor la asociación de las mismas y es coherente con las inferencias paleoambientales, dado que todas las muestras locales representan a la estepa arbustiva (Figura 5d).

Para los sitios del área del Lago San Martín, el análisis de correspondencia destendenciado entre B1Oq y las muestras actuales a escala regional no muestran una clara asociación (Figura 5e). Sólo unas pocas muestras fósiles se asocian con muestras arbustivas y subarbustivas. Por el contrario, sí hay asociación entre las muestras fósiles y las muestras actuales a escala local (Figura 5f). Todas las muestras fósiles exhiben una clara asociación con las muestras actuales que representan a la estepa gramínea. Si se consideran las inferencias ambientales postuladas para el sitio, el mismo representa el Holoceno tardío (Bamonte *et al.* 2013) cuya vegetación estaba representada por una estepa gramínea similar a la actual según lo inferido a partir de las secuencias continuas (Bamonte y Mancini 2011; Bamonte *et al.* 2015).

El sitio arqueológico CPD se asocia mejor con las muestras actuales a escala regional (Figura 5g) que con las muestras actuales a escala local (Figura 5h). De acuerdo con la reconstrucción se evidencia el desarrollo de una estepa gramínea asociado a condiciones de mayor humedad. Si bien las muestras fósiles de CPD se asocian con las muestras subarbustivas y con muestras de la estepa gramínea también algunas muestras se acercan espacialmente con muestras actuales de la estepa arbustiva (Figura 5g). De acuerdo a la Figura 5h, queda claro que no hay asociación entre las muestras fósiles y las muestras actuales a escala local. En base a estos resultados y a las inferencias consideradas, podemos sugerir que el sitio arqueológico CPD presentaría una señal polínica a mesoescala más que a escala regional y que no indica una señal polínica local.

*Contexto paleoambiental inferido de depósitos polínicos de diferentes sitios arqueológicos en Santa Cruz (47°-50°)*

Numerosos estudios arqueológicos y antropológicos han discutido cómo el modo de vida de las poblaciones estuvo determinado por las características ambientales y la disponibilidad de recursos (Baker 1962; Dincauze 2000; Morales 2009, entre otros). En el extremo sur de Patagonia, se han postulado importantes cambios ambientales asociados a la dinámica poblacional durante la transición Pleistoceno-Holoceno y el Holoceno (Borrero 2008; Civalero y Franco 2003; Mancini 2009; Masiokas *et al.* 2009, entre otros). En este sentido, los estudios paleoambientales ofrecen una valiosa información sobre las decisiones tomadas por las poblaciones.

En particular para Santa Cruz, los primeros estudios palinológicos en secuencias arqueológicas fueron realizados por Mancini (1998, 2002); Mancini y Trivi de Mandri (1994); Mancini *et al.* (2002); Trivi de Mandri *et al.* (1994) y permitieron reconstruir la historia de la vegetación y contextualizar las diferentes ocupaciones humanas en el paisaje.

En esta parte del trabajo se ejemplifica cómo la utilización de registros polínicos, ha permitido reconstruir los principales cambios de la vegetación durante el Holoceno en Patagonia. Para esto, se integró la información de los sitios arqueológicos (CMN1, COCU, B1Oq, CPD) con la información disponible de otros sitios arqueológicos ubicados a lo largo del gradiente oeste-este de precipitación para la Provincia de Santa Cruz. Los sitios utilizados para esta síntesis fueron: 1- Chorrillo Malo 2; 2- El Sosiego 4; 3- Cerro Verlika; 4- Charles Fuhr 2; 5- Área Parque Nacional Perito Moreno (CCP7, CCP5, ADO, ADG; 6-CPD, B1Oq; 7- CMN1, CMN2, COCU; 8- Alero Cárdenas; 9- La Gruta 1; 10- La Martita; 11- La María; 12- Los Toldos; 13- Piedra Museo; 14- Cabo Vírgenes y Cueva Cóndor. Además se utilizaron depósitos continuos en las áreas de los Lagos San Martín y Argentino que complementaron la información paleoambiental (Figura 6).

Para el Holoceno temprano, la información paleoambiental en el sudoeste de Santa Cruz, a los 50°S (sitio 1) indica un bosque abierto de *Nothofagus* asociado a gramíneas. Estas inferencias coinciden con la reconstrucción ambiental realizada desde la secuencia continua Cerro Frías para el mismo periodo y latitud (Mancini 2009). Hacia el noroeste (48°S) los sitios del Parque Nacional Perito Moreno (sitio 5) postulan el desarrollo de una estepa graminosa asociada con condiciones de mayor humedad que las actuales. Hacia el este (49°S) la secuencia continua *Mallín La Tercera* brinda información similar. Alrededor de los 8500 años cal AP, la información paleoambiental a los 47°S (sitio 7) indica que la vegetación estuvo representada por una estepa graminosa asociada a subarbustos. Los sitios arqueológicos ubicados en la Meseta Patagónica (sitios 9, 10, 11, 12, 13) evidencian la presencia de una comunidad graminosa con algunos arbustos medianos con anterioridad a 8996 años cal BP que fue reemplazada por una estepa graminosa-arbustiva. Los cambios detectados en estos registros polínicos de secuencias

arqueológicas y depósitos continuos reflejan la variabilidad climática regional vinculada a la posición e intensidad de los vientos del oeste y consecuentemente al desarrollo de la vegetación respecto a la disponibilidad de humedad (Figura 6a).

Para el Holoceno medio, en el sudoeste a los 50°S (sitios 1, 2) se infiere un cambio en la vegetación con un incremento de gramíneas asociadas a arbustos. La secuencia continua *Cerro Frías* ubicada en la misma área indica el desarrollo de un bosque denso de *Nothofagus* asociado a mayor disponibilidad hídrica, así como lo registrado en otros sitios cordilleranos (Mancini 2009; Markgraf *et al.* 2003; Moreno *et al.* 2009; Villa-Martínez y Moreno 2007; Wille y Schäbitz 2009; entre otros). A los 49° S (sitio 6), se desarrolló una estepa arbustiva asociada a menor disponibilidad de humedad. En adición, la inferencia ambiental del sitio 5 sugiere una mayor heterogeneidad de las especies vegetales reflejando una situación ecotonal entre el bosque y la estepa arbustiva, con un aumento de la temperatura de verano y mayor estacionalidad. Hacia el noroeste a los 47°S, se señala un cambio en la vegetación con el incremento de taxones arbustivos, hierbas y *Nothofagus* lo cual puede asociarse a una mayor heterogeneidad en el ambiente (sitio 7). Los sitios de la meseta Patagónica (sitios 8, 10, 11, 12) indican comunidades asociadas al semidesierto patagónico con arbustos y estepas arbustivas más al este, alternando climáticamente con periodos más húmedos y más secos. Estas inferencias paleoambientales son coincidentes con la intensificación que se registra de los vientos del oeste a los 50°S con una mayor influencia en la zona andina asociada a altos valores de precipitación y condiciones semiáridas en la región extra-andina (Mancini *et al.* 2005). En este sentido, la mayor disponibilidad de humedad en la zona cordillerana posibilitó el desarrollo de bosques, mientras que hacia el este, por efecto de la subsidencia, las condiciones de déficit hídrico se incrementaron dando lugar a comunidades xéricas (Sottile *et al.* 2012) (Figura 6B).

Para el Holoceno tardío, en el sudoeste (50°S), se indica un bosque abierto con el incremento de tipos polínicos arbustivos (sitio 1 y secuencia continua Cerro Frías). Una situación particular se evidencia para el área en el sitio arqueológico de altura (sitio 3) con un cambio de la vegetación gramínea asociada a arbustos bajos hacia el establecimiento de la vegetación sub-andina. Las inferencias realizadas del sitio arqueológico (sitio 2) indican una estepa arbustiva. Para el noroeste (48°S, sitio 5) se infiere el desarrollo del bosque discontinuo asociado a precipitaciones. Mientras que hacia el este (sitio 6) a los 49°S, se desarrolló una estepa gramínea asociada con altos valores de humedad. Condiciones más húmedas también se postulan para los 47° S (sitio 7) con el establecimiento de una estepa arbustiva similar a la actual. Los sitios de la Meseta Patagónica (sitios 8, 10, 11, 12) señalan condiciones semiáridas similares a las actuales con cambios internos en la composición y la fisonomía en función del aumento de la temperatura y la posición de los vientos del oeste. En el extremo sudeste (sitio 14), se indican condiciones de humedad representado en vegetación por una estepa gramínea. La amplitud estacional de las derivas latitudinales de los vientos del oeste y la distribución actual de la vegetación se establece durante este período en el sur de Patagonia (Grimm *et al.* 2001; Mancini *et al.* 2005) (Figura 6c).

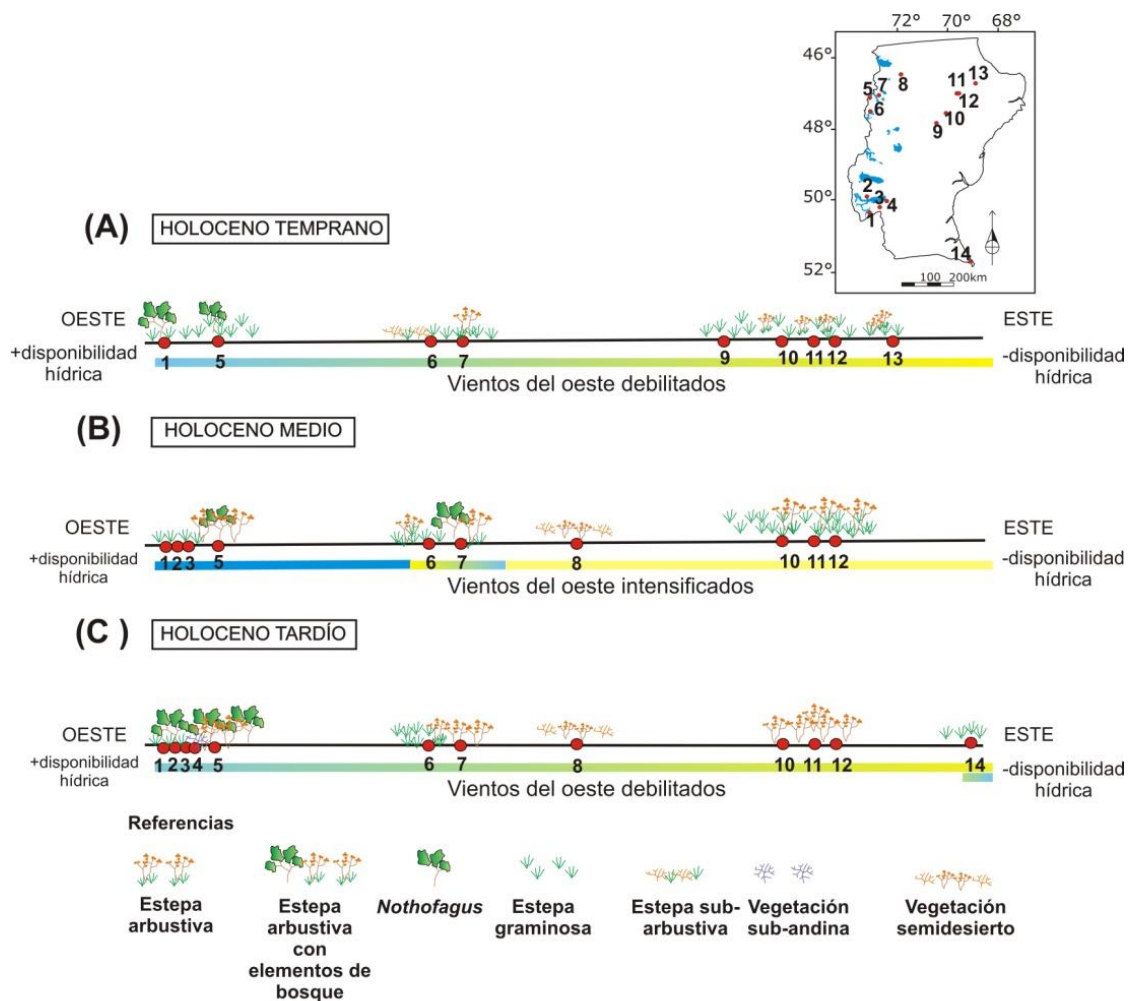


Figura 6. Modelo esquemático de la reconstrucción paleoambiental para Santa Cruz durante el Holoceno, inferida de la información palinológica de los siguientes sitios arqueológicos. 1- Chorrillo Malo 2 (Mancini 2002); 2- El Sosiego 4 (Mancini 2002), 3- Cerro Verlika (Mancini 2002); 4- Charles Fuhr 2 (Mancini 1998); 5- Área Parque Nacional Perito Moreno (CCP7, CCP5, ADO, ADG, Mancini *et al.* 2002, Mancini 2007); 6- Área Lago San Martín (CPD, B1Oq, Bamonte *et al.* 2013); 7- Área Lago Pueyrredón (CMN1, CMN2, COCU, Horta *et al.* 2016, 2019); 8- Alero Cárdenas (Mancini y Trivi de Mandri 1994); 9- La Gruta 1 (Mancini *et al.* 2013; Brook *et al.* 2013); 10- La Martita (Mancini 1998); 11- La María (de Porras 2010, de Porras *et al.* 2011); 12- Los Toldos (de Porras 2010, de Porras *et al.* 2011; Prieto *et al.* 2018); 13- Piedra Museo (Borromei 2003, Mancini *et al.* 2013); 14- Cabo Vírgenes y Cueva Cóndor (Mancini 2007, Mancini y Graham 2014). Las áreas de los lagos San Martín y Argentino presentan depósitos continuos que complementaron la información paleoambiental (Bamonte y Mancini 2011, Bamonte *et al.* 2015, Mancini 2009). En el mapa de Santa Cruz se representan con el punto rojo la ubicación geográfica de cada sitio arqueológico utilizado.

Las reconstrucciones paleoecológicas provenientes de sitios arqueológicos se complementaron con la información obtenida a partir de secuencias continuas, en áreas donde estos tipos de depósitos están disponibles. Esto permitió generar un marco ambiental regional en el cual contextualizar a los grupos cazadores-recolectores que habitaron la región. Ariztegui *et al.* (2010) han postulado que la interacción humanos-ambiente fue mucho mayor en áreas climáticamente sensible y cercana a cuencas hidrológicas. Particularmente, en el NO de Santa Cruz (Lago Burmeister, PNP) la



ocupación humana se remonta a *ca.* 10.000 años AP. Debido a su altitud -900 a 1000 m.s.n.m.- esta zona representa uno de los ambientes con uno de los climas más rigurosos de la provincia, sin embargo, ofrece una variedad de ecozonas entre el bosque cordillerano, la estepa y las fuentes de agua dulce (Aschero *et al.* 2009). Hacia el este, el Lago Cardiel ubicado en la Meseta Central de Santa Cruz ha sido ampliamente estudiado por su abundante registro arqueológico. La combinación de estudios geomorfológicos, geofísicos, sedimentarios y arqueológicos han propuesto que los cambios hidrológicos ocurridos principalmente durante la desglaciación y el Holoceno temprano, pueden haber sido los causantes principales de la ocupación tardía en el área (Ariztegui *et al.* 2010; Galloway *et al.* 1998; Gilli *et al.* 2005; Goñi *et al.* 2004, 2005). Sin embargo, en sitios de la Meseta Central como La Gruta 1 se indica el uso humano del área entre los 13.000 y 12.000 años cal AP (Mancini *et al.* 2013). La comparación con registros arqueológicos en el área del Lago Argentino y del Parque Nacional Perito Moreno muestran que la ocupación humana transcurrió durante todo el Holoceno (Aschero *et al.* 2005) así como en sitios de otras áreas de Patagonia (por ej. Belardi *et al.* 2010).

#### *Alcance de los datos polínicos en las reconstrucciones paleoambientales y límites interpretativos*

Los análisis estadísticos realizados en este trabajo han complementado los análisis polínicos para los sitios de estudio. En primer lugar, nos ha permitido entender con más precisión el modelo polínico actual que luego es utilizado en las reconstrucciones paleoambientales. Este trabajo es un primer aporte a las consideraciones que deben tenerse en cuenta para los trabajos paleoambientales. En este sentido, es necesario conocer además, las particularidades de las áreas de estudio, la vegetación circundante y su geomorfología para reflejar con mayor fidelidad los estudios polínicos. Además, comprender qué representan los tipos polínicos en las asociaciones actuales respecto a su producción y dispersión. Por ejemplo, *Berberis* se encuentra subrepresentado en los conjuntos polínicos del área del Lago Pueyrredón, debido a que este taxón tiene dispersión entomófila (ver Figura 2b). Sin embargo en vegetación es uno de los representantes principales de la estepa arbustiva junto con *Mulinum*. En este sentido, debe considerarse que su presencia en el registro fósil está indicando que es un tipo polínico importante cuando se realizan las inferencias ambientales. Un caso particular representa *Colliguaja*, esta especie se encuentra asociada a bordes de camino y/o zonas con algún tipo de disturbio (observaciones de campo). En el conjunto polínico actual a escala local se encuentra mucho más representada que a escala regional. Su presencia en el registro fósil puede dar información sobre condiciones ambientales particulares a microescala que favorecieron su establecimiento. Los tipos polínicos anemófilos que representan el Bosque Subantártico también deben considerarse con atención. Las áreas que consideramos en este trabajo se encuentran a diferentes distancias de esta unidad de vegetación, y estos tipos polínicos son considerados en la interpretación polínica como componentes de larga distancia. Sin embargo, su dispersión de tipo anemófila genera que se encuentren presentes en altas proporciones en los registros actuales y fósiles. En este sentido debe considerarse,

qué proporciones representan y con cuáles otros tipos polínicos están asociados cuando se caracteriza a esta unidad en el conjunto polínico actual como Bosque Subantártico. Por otro lado, analizar qué representación tienen estos tipos de larga distancia en otras unidades de vegetación. En el registro fósil del sitio CMN1, por ejemplo, *Nothofagus* se encuentra altamente representado. Sin embargo, esto se debe a la orientación y topografía de esta cueva que atrapa estos tipos polínicos en el sedimento y como consecuencia aparece sobrerrepresentado en el registro fósil (Horta *et al.* 2016).

Como se mencionó en la introducción del trabajo, es importante considerar que los sitios arqueológicos pueden representar, en ciertos casos, ventanas temporales de la historia de la vegetación. Así, debe considerarse que algunas reconstrucciones paleoambientales presentan un recorte de la información. Por lo tanto, la comparación con secuencias continuas podría complementar estos hiatos temporales. Sin embargo, debe considerarse que, no siempre las secuencias continuas como lagos, mallines, turberas, están disponibles en el ambiente para ser utilizados como registros fósiles. En particular en Santa Cruz, las áreas ubicadas hacia el oeste presentan buena disponibilidad de estos depósitos, al contrario, hacia el este en las áreas de la Meseta Patagónica estos registros son escasos y las secuencias arqueológicas son una fuente importante de información como se evidencia en la reconstrucción paleoambiental hecha en este trabajo (Figura 6).

Por último, debemos analizar qué representación espacial muestran los registros fósiles. Una herramienta que ayuda a la comprensión de este punto es analizar con algún método estadístico cómo se disponen espacialmente las muestras polínicas fósiles respecto al modelo actual. En este trabajo por ejemplo, se ha mostrado que dos de los sitios arqueológicos utilizados representan una señal polínica regional/mesoescala y los otros dos sitios indican una señal local de la vegetación. Las escalas de análisis que representen cada uno determinará el enfoque en el cual se discutirán los datos fósiles y el tipo de inferencias que se pueden realizar. Por ejemplo, en el sitio B1Oq, Bamonte *et al.* (2013) discuten que el registro fósil refleja variaciones locales de la vegetación, principalmente de aquella asociada a las laderas rocosas que la rodean. En cambio, el análisis de la secuencia de la CPD, brindó información a mesoescala similar a la obtenida de la secuencia Mallín La Tercera y Mallín Paisano Desconocido (Bamonte y Mancini 2011; Bamonte *et al.* 2015). Situaciones similares en las escalas espaciales de análisis brindan los sitios arqueológicos COCU y CMN1 respectivamente, para el área del Lago Pueyrredón.

## Conclusiones

En este estudio se evidenció la importancia de estudiar la representatividad espacial del modelo polínico actual para luego inferir condiciones paleoambientales del pasado. Los conjuntos polínicos analizados han brindado importante información sobre las diferentes unidades de vegetación presentes en las áreas de estudio. Mediante un análisis discriminante fue posible diferenciar con significancia estadística las unidades de vegetación a escala local y regional para ambas áreas.

El análisis de correspondencia destendenciado entre las muestras fósiles de cada sitio arqueológico y las respectivas muestras actuales a escala local o regional ha permitido explicar la relación entre los conjuntos polínicos actuales y fósiles. Nuestros resultados indican que los sitios CMN1 y CPD se asocian con las muestras actuales de sedimento a escala regional mientras que los sitios COCU y B1Oq lo hacen a escala local.

En este trabajo concluimos que los análisis estadísticos son una herramienta más que complementa nuestros análisis. En adición, es necesario conocer las particularidades de las áreas de estudios, la vegetación circundante, su geomorfología, y la representación espacial de los registros actuales y fósiles para reflejar con mayor fidelidad los estudios polínicos. Además, es importante considerar que los sitios arqueológicos pueden representar en ciertos casos ventanas temporales de la información ambiental. Por lo cual, complementar estos estudios con secuencias continuas (siempre que las mismas estén disponibles en el ambiente) podría robustecer las interpretaciones paleoambientales en el cual se desarrollaron las poblaciones cazadoras-recolectoras.

*Agradecimientos:* Las investigaciones realizadas en este trabajo fueron llevadas a cabo con los siguientes subsidios: PIP 11220150100414CO, UNMDP-EXA 738/15, 836/17, PICT 1722. A los grupos de trabajo del Dr. Juan Bautista Belardi, Dra. Silvana Espinosa, Dr. Carlos Aschero, Dra. Teresa Civalero, Dr. Luis Horta por proveernos las muestras para estos análisis. A los evaluadores de este manuscrito por sus valorables sugerencias que permitieron mejorar sustancialmente este trabajo.

## **Bibliografía**

- Adam, D.P. y Mehringer, Jr. P.J.  
1975. Modern pollen surface samples: an analysis of subsamples. *Journal of Research of the U.S. Geological Survey* 3 (6): 733-736.
- Ariztegui, D., Gilli, A., Anselmetti, F.S, Goñi, R.A., Belardi J.B. y Espinosa, S.  
2010. Lake-level changes in central Patagonia (Argentina): crossing environmental thresholds for Lateglacial and Holocene human occupation. *Journal of Quaternary Science* 25 (7): 1092-1099.
- Aschero, C.A, Goñi, R.A., Civalero, M.T., Molinari, R.L., Espinosa, S.L., Guraieb, A.G. y Bellelli, C.I.  
2005. Holocenic Park: arqueología del parque Nacional Perito Moreno (PNPM). *Anales de la Administración de Parques Nacionales* 17: 1-64.
- Aschero, C., Bozzuto, D., Civalero, T., De Nigris, M., di Vruno, A., Dolce, V., Fernández, N., González, L. y Limbrunner, P.  
2009. El registro arqueológico de la costa noroeste del Lago Pueyrredón-Cochrane (Santa Cruz, Argentina). En: *Arqueología de Patagonia: una mirada desde el último confín*. M. Salemme, F. Santiago, M. Alvarez, E. Piana, M. Vazquez & M.E. Mansur (Eds). pp 919-926. Ushuaia. Editorial: Utopías.

Aschero, C., Bozzuto, D., Civalero, T. De Nigris, M., Fernández, N., Maveroff, N., Sacchi, M. 2019. Se nos viene la noche. El volcán Hudson y su influencia en el NO de Santa Cruz: Integrando perspectivas arqueológicas. *Arqueología de la Patagonia: el pasado en las arenas*. pp.239-249. J. Gómez Otero, A. Svoboda y A. Banegas (Eds.). Puerto Madryn, Instituto de Diversidad y Evolución Austral.

Bamonte, F. P.

2012. Cambios paleoecológicos y su posible relación con las ocupaciones humanas durante el Holoceno en el SO de Santa Cruz, Argentina. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata.

Bamonte, F.P. y Mancini, M.V.

2009. Características ambientales del ecotono Bosque-Estepa durante el Holoceno medio (Santa Cruz, Argentina). En: *Arqueología de Patagonia: una mirada desde el último confin.* M Salemme, F. Santiago, M. Alvarez, E. Piana, M. Vazquez, M.E. Mansur (Eds.), pp. 881-892. Ushuaia: Editorial Utopías.

Bamonte, F.P. y Mancini, M.V.

2011. Palaeoenvironmental changes since Pleistocene-Holocene transition: pollen analysis from a wetland in Southwestern Patagonia (Argentina). *Review of Paleobotany and Palynology* 165 (1-2): 103-110.

Bamonte, F.P., Mancini, M.V., Belardi, J.B. y Espinosa, S.

2013. Inferencias paleoambientales a partir del análisis polínico de sitios arqueológicos del área del lago San Martín (Santa Cruz, Argentina). *Magallania* 41(1): 205-220.

Bamonte, F.P., Mancini, M.V., Sottile, G.D., Marcos, M.A. y Gogorza, C.

2015. Vegetation dynamics from Lago San Martín area (Southwest Patagonia, Argentina) during the last 6500 cal BP. *Vegetation History and Archaeobotany* 24: 267-277.

Bamonte, F.P y Marcos, M.A.

2019. Reconstrucción de paleoambientes a partir del registro polínico de secuencias arqueológicas en el oeste de Santa Cruz: análisis de escalas y la relación con las ocupaciones humanas. *Arqueología de la Patagonia: el pasado en las arenas*. pp: 505-516. J. Gómez Otero, A. Svoboda y A. Banegas (Eds.). Puerto Madryn, Instituto de Diversidad y Evolución Austral. ISBN 978-987-46578-1-7

Baker, P.

1962. The application of ecological theory to anthropology. *American Anthropologist* 64: 15-22.

Belardi, J.B. y P. Campán

2009. Resultados arqueológicos en el campo de Bloques 2, Sureste del Lago San Martín (Provincia de Santa Cruz). En M. Salemme, F. Santiago, M. Alvarez, E. Piana, M. Vazquez y M. E. Mansur (eds.), *Arqueología de Patagonia: una mirada desde el último confin.* Ushuaia, Editorial Utopías.

Belardi, J.B., Espinosa, S., Carvallo Marina, F., Barrientos, G., Goñi, R., Súnico, A., Bourlot, T., Pallo, C., Tessone, A., García Guraieb, S., Re, A., Campán, P.

2010. Las cuencas de los Lagos Tar y San Martín (Santa Cruz, Argentina) y la dinámica del poblamiento humano del sur de Patagonia: integración de los primeros resultados. *Magallania* 38 (2), 137-159.

Bennet, K.D. y Willis, K.J.

2001. Pollen. En: *Tracking Environmental Changes Using Lake Sediments. Terrestrial, Algal and Siliceous Indicators* J.P. Smol, H.J.B. y Birks, W.M. (Eds.), pp. 5-32. Last Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Borrero, L.A.

1989-1990. Evolución cultural divergente en la Patagonia Austral. *Anales del Instituto de la Patagonia* 19: 133-140.

2008. Early occupations in the Southern Cone. En H. Silverman, W. Labell, (Eds.), *Handbook of South American Archaeology*, pp. 59-77. Springer.

Borromei, A.

2003. Palynology at Piedra Museo locality, Santa Cruz Province, Argentina. En: L. Miotti, M. Salemme y N. Flegenheimer (Eds.), *Where the south winds blow. Ancient evidence of Paleo South Americans* pp. 113-120. Center for the study of the First Americans (CSFA), Texas A y M University Press.

Brook, G. Mancini, M.V., Franco, N., Bamonte, F.P. y Ambrústolo, P.

2013. An examination of possible relationships between paleoenvironmental conditions during the Pleistocene-Holocene transition and human occupation of southern Patagonia (Argentina) east of the Andes, between 46° and 52° S. *Quaternary International* 305: 104-118.

Cabrera, A.L.

1976. *Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería (2da. ed.) Tomo II*. Buenos Aires: Acme.

Civalero, M.T. y Franco, N.V.

2003. Early human occupations in Western Santa Cruz Province, Southernmost South America. *Quaternary International* 109-110: 77-86.

De Nigris, M., Figuerero Torres, M.J., Guráieb, A.G. and Mengoni Goñalons G.

2004. Nuevos fechados radiocarbónicos de la localidad de Cerro de los Indios 1 (Santa Cruz) y su proyección areal. En: T. Civalero, P. Fernández y G. Guráieb (comps.). *Contra Viento y Marea. Arqueología de Patagonia*. Pp 537-544. Buenos Aires, Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano-Sociedad Argentina de Antropología.

de Porras, M.E.

2010. Dinámica de la vegetación de la Meseta Central de Santa Cruz durante los últimos 11.000 años: forzantes bióticos y abióticos. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata.

- de Porras, M.E., Mancini, M.V. y Prieto, A.R.  
2009. Vegetation changes and human occupation in the Patagonian steppe, Argentina, during the late Holocene. *Vegetation History and Archaeobotany* 18 (3): 235-244.
- Dincauze, D.  
2000. *Environmental Archaeology. Principles and Practice*. University Press, Cambridge.
- Espinosa, S.L., J.B. Belardi, G. Barrientos y M. Carballo  
2013. Poblamiento e intensidad de uso del espacio en la cuenca del Lago San Martín (Patagonia argentina): nuevos datos desde la margen norte. *Comechingonia* 17 (1): 105-121
- Faegri, K. y Iversen, J.  
1989. *Textbook of Pollen Analysis*, 4<sup>th</sup>ed 314 pp. New York: John Wiley and Sons.
- Galloway R.W., Markgraf V., y Bradbury J.P.  
1988. Dating shorelines of lakes in Patagonia, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 1: 195-198.
- Gilli, A., Ariztegui, D., Anselmetti, F. S., Mckenzie, J. A., MarkgraF, V., Hajdas, I. y Mc Culloch, R.  
2005. Mid-Holocene strengthening of the Southern Westerlies in South America- Sedimentological evidences from Lago Cardiel, Argentina (49° S). *Global and Planetary Change* 49: 75-93.
- Goñi R.A., Belardi J.B., Espinosa S. y Savanti F.  
2004. Más vale tarde que nunca: cronología de las ocupaciones cazadoras-recolectoras en la cuenca del lago Cardiel (Santa Cruz, Argentina). En: *Contra Viento y Marea*. Civalero T, Fernández P, Guraieb G (Eds). *Arqueología de Patagonia*, Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano pp 237-247. Buenos Aires.
- Goñi R.A., Espinosa S., Belardi J.B., Molinari R., Savanti F., Aragone A., Cassiodoro G., Lublin G. y Rindel D.  
2005. Poblamiento de la estepa patagónica: cuenca de los lagos Cardiel y Strobel. En: *Actas del XIII CNAA*, Vol. 4: 1-18. Córdoba, Argentina
- Gray, J.  
1965. Extraction technique. En: *Handbook of Palynological Techniques*. Kummel, B.G. & Raup, D.M. (Eds), pp 471-587. W.H. Freeman, San Francisco, CA.
- Grimm, E.  
2004. *Tilia y TGView 2.0.2. Software*. Illinois State Museum. Research and Collection Center. Springfield, USA.

- Grimm, E., Lozano-García, S., Behling, H. y Markgraf, V.  
2001. Holocene vegetation and climate variability in the Americas. En: *Interhemispheric Climate Linkages* V. Markgraf. (Ed). Pp. 325-365. Academic Press. San Diego.
- Heusser, C.J.  
1971. *Pollen and spores of Chile*. Tucson: University of Arizona.
- Horta, L.R., Marcos, M.A., Bozzuto, D.L., Mancini, M.V. y Sacchi, M.  
2016. Paleogeographic and paleoenvironmental variations in the area of the Pueyrredón, Posadas and Salitroso lakes, Santa Cruz Province, Argentina, during the Holocene and its relationship with occupational dynamics. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 449:541-552.
- Horta, L.R, Marcos, M.A., Sacchi, M. Bozzuto, D.L., Georgieff, S. M., Mancini, M.V. y Civalero M. T.  
2019. Paleogeographic and paleoenvironmental evolution in northwestern Santa Cruz (Argentina), and its influence on human occupation dynamics during the late Pleistocene-early Holocene. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 516: 44-53.
- Jobbágy, E.G., Paruelo, J.M. y León R.J.C.  
1996. Vegetation heterogeneity and diversity in flat and mountain landscapes of Patagonia. *Journal of Vegetation Science* 7: 599- 608.
- León, R.J.C., Bran, D., Collantes, M., Paruelo, J.M. y Soriano A.  
1998. Grandes unidades de vegetación de la Patagonia extra andina. *Ecología Austral*, 8, 125-144.
- López Sáez, J. A., P. López García y Burjachs F.  
2003. "Arqueopalinología: Síntesis crítica". *Polen* 12: 5-35.
- Mancini, M.V.  
1998. Vegetational changes during Holocene in the Extra-Andean Patagonia, Santa Cruz Province, Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 138 (1-4): 207-219.
- Mancini, M.V.  
2002. Vegetation and climate during the Holocene in Southwest Patagonia, Argentina. *Review of Paleobotany and Palynology* 122: 101-115.
- Mancini, M. V.  
2007. Cambios paleoambientales en el ecotono bosque-estepa: análisis polínico del sitio Cerro Casa de Piedra 7, Santa Cruz (Argentina). En: *Arqueología de Fuego-Patagonia. Levantando piedras, desenterrando huesos... y develando arcanos*. F. Morello, M. Martinic, A. Prieto, y G. Bahamonde (Eds.), pp. 89-93. Punta Arenas: Ediciones CEQUA.



Mancini, M.V.

2009. Holocene vegetation and climate changes from a peat pollen record of the forest-steppe ecotone, Southwest of Patagonia (Argentina). *Quaternary Science Reviews* 28:1490-1497.

Mancini, M.V. y Graham, M.

2014. Registros polínicos de depósitos del Holoceno en el sudeste de Patagonia, Argentina: su aplicación en la reconstrucción paleoambiental. *Ameghiniana* 51(3): 194-208.

Mancini, M. V. y Trivi de Mandri, M.E.

1994. Vegetación en el alero Río Pinturas: análisis polínico del Alero Cárdenas. En C.J. Gradin y A.M. Aguerre (Eds.), *Contribución a la arqueología del río Pinturas. Provincia de Santa Cruz* pp. 48-62.

Mancini, M. V., Paez, M. M. y Prieto, A. R.

2002. Cambios paleoambientales durante los últimos 7000 <sup>14</sup>C años en el ecotono bosque-estepa, 47°- 48° S, Santa Cruz, Argentina. *Ameghiniana* 39 (2): 151-162.

Mancini, M.V., Paez, M.M., Prieto, A.R., Stutz, S., Tonello, M. y Vilanova, I.

2005. Mid Holocene climatic variability reconstruction from pollen records (32°-52° S, Argentina). *Quaternary International* 132: 47-59.

Mancini, M. V., Bamonte, F. P. y Sottile, G. D.

2012. Paleoecología y ocupaciones humanas durante el Holoceno en el área cordillerana y Patagonia extra-andina entre los 49° S y 51° S, Santa Cruz (Argentina). En: *Bosques, montañas y cazadores: biogeografía en Patagonia Meridional*. L. A. Borrero y K. Borrazzo (Eds.), pp. 37-60. Buenos Aires: CONICET-IMHICIHU.

Mancini, M.V., de Porras, M.E., Bamonte, F.P.

2012. Southernmost South America Steppes: vegetation and its modern pollen-assemblages representation". En: Nova Science Publishers, Hauppauge, NY, USA (Ed.), *Steppe Ecosystems: Dynamics, Land Use and Conservation*. I.S.B.N: 978-1-61122-765-9.

Mancini, M.V., Franco, N.V. y Brook, G.A.

2013. Palaeoenvironmental and early human occupation of southernmost South America (South Patagonia, Argentina). *Quaternary International* 299: 13-22.

Mancini M. V., Bamonte F. P., Marcos M. A. Sottile, G. D. y Echeverría M. E.

2018. Análisis y métodos paleoecológicos para la reconstrucción de comunidades de bosque y estepas de Patagonia, Argentina. En: A.R. Prieto (Ed.), *Metodologías y estrategias del análisis palinológico del Cuaternario tardío*. Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina 18 (2): 77-101.

Marcos, M.A., Bamonte, F.P, y Mancini, M.V.

2017. Tafonomía polínica en sitios arqueológicos y su relación con los efectos ambientales y el uso del sitios por los pobladores cazadores-recolectores. *Décimas Jornadas de Arqueología de la Patagonia*. Puerto Madryn, Argentina.

- Marcos, M.A., Bamonte, F.P., Mancini, M.V. y Echeverría, M. E.  
2019. Tafonomía polínica en sitios arqueológicos: relación con los factores ambientales y con el uso de los sitios por los grupos cazadores-recolectores. pp 529-542. *Arqueología de la Patagonia: el pasado en las arenas*. J. Gómez Otero, A. Svoboda y A. Banegas (Eds.). Puerto Madryn, Instituto de Diversidad y Evolución Austral. ISBN 978-987-46578-1-7
- Markgraf, V. y D'Antoni, H.L.  
1978. *Pollen flora of Argentina*. Tucson: University of Arizona.
- Markgraf, V., Bradbury, P., Schwalb, A., Burns, S., Stern, C. H., Arizategui, D. y Maidana, N.  
2003. Holocene palaeoclimates of southern Patagonia: limnological and environmental history of Lago Cardiel, Argentina. *The Holocene*13: 581-591.
- Masiokas, M. H., Luckman, B. H., Villalba, R., Delgado, S., Skavarca, P. y Ripalta, A.  
2009. Little Ice Age fluctuations of small glaciers in the Monte Fitz Roy and Lago del Desierto areas, south Patagonian Andes, Argentina, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*281: 351-362.
- Morales, M. Barberena, R., Belardi, J.B., Borrero, L., Cortegoso, V., Durán, V., Guerci, A., Goñi, R., Gil, A., Neme, G., Yacobaccio, H. y Zárate, M.  
2009. Reviewing human-environment interactions in arid regions of southern South America during the past 3000 years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 281: 283-295.
- Moreno, P. I., François, J. P., Villa-Martínez, R. P. y Moy, C. M.  
2009. Millennial-scale variability in Southern Hemisphere westerly wind activity over the last 5000 years in SW Patagonia. *Quaternary Science Reviews*28:25-38.
- Movía, C., Soriano, A. y León, R.  
1987. La vegetación de la Cuenca del Río Santa Cruz (provincia de Santa Cruz, Argentina). *Darwiniana*28: 9-78.
- Oliva, G., González, I, Rial, P.  
2001. El ambiente de Patagonia Austral. En: *Ganadería sustentable en la Patagonia Austral*. INTA. Borrelli, p. Oliva, G. (Eds). Reg. Pat. Sur pp 17-80.
- Paruelo, J. M., Beltrán, A., Jobbágy, E., Sala, O. y Golluscio, R.  
1998. The climate of Patagonia: general patterns and controls on biotic processes. *Ecología Austral*8: 85-101.
- Prieto A. R., Mancini M.V., De Porrás M.E., Bamonte F. P. y Marcos M. A.  
2018. Arqueopalinología: una revisión del análisis polínico en el contexto de sitios arqueológicos de sociedades de cazadores-recolectores de la Argentina (32°-52° S). En: *Metodologías y estrategias del análisis palinológico del Cuaternario tardío*. A.R. Prieto (Ed.), *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina* 18 (2): 54-76.

Roig, F.A.

1998. La vegetación de la Patagonia. En: *Flora de la Patagonia* Correa, M. (Ed.), pp 48-155. Buenos Aires: INTA.

Seppä, H.

2007. Principles of Pollen Analysis. En: *Encyclopedia of Quaternary Sciences*. Elias, S. (Ed.), Elsevier, Amsterdam, 3, 2487-2497.

Sottile, G.D., Bamonte, F.P., Mancini, M.V. y Bianchi, M.M.

2012. Insights into Holocene vegetation and climate changes at the Southeastern side of the Andes: *Nothofagus* Forest and Patagonian Steppe fire records. *The Holocene* 22 (11):1309-1322.

Tessone, A., García Guraieb, S., Re, A, Campán, P.

2010. Las cuencas de los Lagos Tar y San Martín (Santa Cruz, Argentina) y la dinámica del poblamiento humano del sur de Patagonia: integración de los primeros resultados. *Magallania* 38 (2): 137-159.

Trivi de Mandri, M. E., Burry, L. S. y Lombardo, M. C.

1994. Estudio palinológico preliminar del Alero Charcamata. En C.J. Gradin, y A. M. Aguerre (Eds.), *Contribución a la arqueología del río Pinturas. Provincia de Santa Cruz* (pp. 193-201). Concepción del Uruguay: Búsqueda de Ayllu.

Villa-Martínez, R. P. y Moreno, P. I.

2007. Pollen evidence for variatins in the southern margin of the westerly winds in SW Patagonia over the last 12,600 years. *Quaternary Research*68: 400-409.

Wille, M. y Schäbitz, F.

2009. Late-glacial and Holocene climate dynamics at the steppe/forest ecotone in southernmost Patagonia, Argentina: the pollen record from a fen near brazo Sur, Lago Argentino. *Vegetation History and Archaeobotany* 18: 225-234.